

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Beni Culturali. Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e della Musica

Corso di Dottorato di Ricerca in: Storia, Critica e Conservazione dei Beni Culturali

Curriculum: archeologico-scientifico

CICLO XXXII

Titolo:

MALTE, CALCESTRUZZI E INTONACI DIPINTI IN AQUILEIA ROMANA.

UN APPROCCIO ARCHEOMETRICO NELLO STUDIO DI MISCELE LEGANTI IMPIEGATE NELL'EDILIZIA ANTICA

Coordinatore: Ch.ma Prof.ssa Federica Toniolo

Supervisore: Ch.mo Prof. Jacopo Bonetto

Co-Supervisore: Ch.ma Prof.ssa Monica Salvadori

Co-Supervisore: Dott. Michele Secco

Dottorando: Simone Dilaria

Abstract

Nella presente tesi di dottorato sono riportati i risultati di un'ampia ricerca incentrata sull'indagine delle caratteristiche e delle proprietà dei materiali cementizi impiegati ad Aquileia (Friuli Venezia Giulia, Italia settentrionale) dall'età romana all'inizio del Medioevo (II secolo a.C. - VI secolo d.C.).

Più di 270 campioni sono stati prelevati da strutture ed edifici distribuiti in tutta la città antica. Le attività di campionamento hanno riguardato soprattutto i siti interessati da annuali attività di indagine archeologica, condotte e seguite dalle Università di Padova, Venezia Ca' Foscari, Verona e Udine. Questo già ampio nucleo di dati è stato arricchito con un'altra serie di campioni raccolti da frammenti di intonaci conservati nei depositi del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia e nei laboratori delle singole Università.

La caratterizzazione dei materiali è stata ottenuta attraverso un approccio multi-analitico che comprende soprattutto la microscopia ottica (OM), la diffrazione di polvere di raggi X (XRPD) e la microscopia elettronica a scansione (SEM-EDS). In situazioni particolari sono state inoltre impiegate altre tecniche archeometriche (XRF; spettroscopia Raman).

I dati analitici sono stati rigorosamente posti in relazione con le cronologie e la funzione delle strutture e degli elementi decorativi da cui sono stati prelevati i campioni. I risultati ottenuti risultano particolarmente interessanti: si è potuta osservare un'alta specializzazione delle ricette preparatorie in relazione alla funzione di malte e calcestruzzi; anche la cronologia di produzione sembra avere un ruolo importante nella composizione dei composti cementizi.

Un campionamento così ampio ha fornito spunti preziosi per la comprensione dei rapporti tra le diverse maestranze artigiane coinvolte in attività di costruzione e di decorazione delle fabbriche architettoniche antiche nel sito di Aquileia. Le conclusioni di sintesi sono tali da risultare assolutamente innovative rispetto a quanto conosciuto finora.

Abstact

In the present PhD thesis are reported the results of an extensive research focused on the investigation of characteristics and properties of mortar-based materials employed in Aquileia (Friuli Venezia Giulia, Northern Italy) from Roman to Early Medieval Age (II century BC – VI century AD).

More than 270 samples have been collected from structures and buildings spread all over of the town. The sampling activities were particularly intensive in sites currently involved in annual excavation activities, leaded by the Universities of Padova, Venice Ca' Foscari, Verona and Udine. This dataset was implemented with another series of samples collected from wall-painting fragments conserved in the deposits of the Archaeological Museum of Aquileia and in laboratories of the Universities.

Material characterization was achieved throughout a multi-analytical approach comprising optical microscopy (OM), X-Ray powder diffraction (XRPD) and Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive microanalysis (SEM-EDS). In particular situations, other analytical techniques have been also employed (XRF; Raman spectroscopy).

Analytical data have been strictly crosschecked in relation with the chronology and function of the structure and decorations mortars have been collected from. The results obtained provide intriguing outcomes: it has been observed a high specialization of mixing recipes in relation to the function of mortars and concretes; also chronology of production appears to have an important role in the composition of mortar-based compounds.

Such an extensive sampling has provided valuable insights for the deciphering of the relations among crafts and artisans in ancient construction and decorative activities in the site of Aquileia. The conclusions obtained result extremely innovative in comparison with past studies.

SOMMARIO

INTRODUZIONE……1

PARTE I

I. AQUILEIA. INQUADRAMENTO STORICO……7

1. Le fasi preromane……7
2. La fondazione romana e le fasi repubblicane……8
3. L'età alto imperiale……10
4. L'età medio imperiale……10
5. L'età tardo imperiale…… 11
6. L'età alto medievale. Tra Ostrogoti, Bizantini e Longobardi……12

II. AQUILEIA. CONTESTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO……15

1. Aquileia. Inquadramento geografico……15
2. La bassa pianura friulana tra Tagliamento e Isonzo in età romana……16
3. La rete idrografica di Aquileia in età romana……18

Dalla fondazione all'età alto imperiale (18); Età medio imperiale e tardoantica e altomedievale (23)

4. Risorse naturali, materie prime e loro impiego nell'edilizia aquileiese……23

PARTE II

III. LE MISCELE LEGANTI. TERMINOLOGIA, TIPI E COMPONENTI……29

1. Le miscele leganti……29

Definizione (29); Usi nella storia (29)

2. Elementi costituenti……30

Leganti (30); Acqua (33); Aggregati (33); Additivi (36)

3. Principali fenomeni di interazione legante/aggregato nelle miscele leganti……37
4. Le principali tipologie di miscele leganti in epoca antica……38

*Malte (39); Calcestruzzi (40); Strutture cementizie (*Opus caementicium*) (41)*

IV. APPROCCI ANALITICI NELLO STUDIO DELLE MISCELE LEGANTI: STORIA DEGLI STUDI……43

1. Studi e ricerche sulle miscele leganti di età romana: profilo storiografico……43

Premessa. La descrizione di miscele leganti in ambito archeologico (43); Lo studio delle miscele leganti dal XVIII al XX secolo (44); L'approccio analitico, indirizzi di ricerca del XX secolo (46); Lo studio delle miscele leganti oggi e gli attuali orientamenti di ricerca (48)

2. Archeometria delle miscele leganti in Cisalpina……51

3. Considerazioni di sintesi……57

V. METODOLOGIA DI INDAGINE……59

1. L'impostazione e il contesto della ricerca……59

2. Campionamento e descrizione macroscopica……60

3. Indagini archeometriche……61

Microscopia ottica al microscopio polarizzatore (61); Microscopia ottica confocale (66); Diffrazione delle polveri (XRPD) (66); Microscopia elettronica a scansione (SEM-EDS) (67); Spettroscopia micro-RAMAN (69); Fluorescienza a Raggi X (XRF) (69)

4. Analisi Statistiche……69

VI. ANALISI DI CAMPIONI DI MISCELE LEGANTI PRELEVATI DA STRUTTURE *IN SITU*……71

1. Le mura…… 73

Inquadramento topografico e storia delle ricerche (73); Le quattro cinte urbiche aquileiesi (74); tecniche edilizie e materiali da costruzione (77); Campionamento (81); Risultati delle analisi archeometriche (84); Contestualizzazione archeologica dei dati analitici e analisi delle fasi di cantiere (97).

2. Il teatro……109

Inquadramento topografico e storia delle ricerche (109); Articolazione planimetrica e fasi edilizie (110); Tecniche edilizie e materiali da costruzione (111); Campionamento (113); Risultati delle analisi archeometriche (114); Contestualizzazione archeologica dei dati analitici e analisi delle fasi di cantiere (127).

3. L'anfiteatro……135

Inquadramento topografico e storia delle ricerche (135); Articolazione planimetrica e fasi edilizie (136); Tecniche edilizie e materiali da costruzione (138); Campionamento (141); Risultati delle analisi archeometriche (144); Contestualizzazione archeologica dei dati analitici e analisi delle fasi di cantiere (151).

4. Le Grandi Terme Costantiniane……159

Inquadramento topografico e storia delle ricerche (159); Articolazione planimetrica e fasi edilizie (160); Tecniche edilizie e materiali da costruzione (163); Campionamento (167); Risultati delle analisi archeometriche (169); Contestualizzazione archeologica dei dati analitici e analisi delle fasi di cantiere (191).

5. *Insula* della Casa delle Bestie ferite……199

Inquadramento topografico e storia delle ricerche (199); Articolazione planimetrica e fasi edilizie (200); Tecniche edilizie e materiali da costruzione (208); Campionamento (214); Risultati delle analisi archeometriche (218); Contestualizzazione archeologica dei dati analitici e analisi delle fasi di cantiere (239).

6. La *Domus* di Tito Macro……247

Inquadramento topografico e storia delle ricerche (247); Articolazione planimetrica e fasi edilizie (248); Tecniche edilizie e materiali da costruzione (251); Campionamento (253); Risultati delle

analisi archeometriche (256); Contestualizzazione archeologica dei dati analitici e analisi delle fasi di cantiere (274).

7. Area produttivo-artigianale presso la sponda orientale del porto fluviale……285

Inquadramento topografico e storia delle ricerche (285); Articolazione planimetrica e fasi edilizie (285); Tecniche edilizie e materiali da costruzione (288); Campionamento (289); Risultati delle analisi archeometriche (292); Contestualizzazione archeologica dei dati analitici e analisi delle fasi di cantiere (300).

VII. ANALISI DI CAMPIONI DI MISCELE LEGANTI DA CONTESTI SECONDARI E DI RIPORTO……305

1. Intonaci parietali……307

Storia delle ricerche sulla pittura parietale aquileiese (307); Contesti di provenienza e campionamento (309); Risultati delle analisi archeometriche (321); Contestualizzazione dei frammenti di intonaco con i contesti di provenienza (342)

PARTE III

VIII. Sintesi. L'uso delle miscele leganti in Aquileia tra II sec. a.C. e VI sec. d.C.……351

1. Materie prime e bacini di approvvigionamento……353

Leganti (353); Acqua (360); Aggregati (365); Additivi (382); Caementa *(383)*

2. Le tipologie di miscele leganti impiegate ad Aquileia……389

Malte (389); Calcestruzzi (404); Appendice. Apparati grafici e tabelle di sintesi (408)

3. Gli impieghi delle miscele leganti in ambito strutturale, decorativo e di rivestimento ……411

Fondazioni strutturali e platee di fondazione (411); Strutture murarie (416); Strutture di copertura in opus caementicium *(422); Infrastrutture idrauliche (424); Preparazioni pavimentali (439); Rivestimenti e piani pavimentali (441); Intonaci e rivestimenti parietali (442); Altro (448)*

IX. Considerazioni conclusive……449

1. Premessa……449

2. l'uso di miscele leganti nel quadro storico di Aquileia……451

L'età repubblicana (II – I sec. a.C.) (451); L'età alto imperiale (I sec. d.C. – prima metà II sec. d.C.) (460); L'età medio imperiale (seconda metà II sec. d.C. – III sec. d.C.) (464); L'età tardo imperiale (IV – V sec. d.C.) (465); L'età alto medievale (VI sec. d.C.) (471)

BIBLIOGRAFIA……475

TAVOLE DEI CAMPIONAMENTI……511

INTRODUZIONE

L'elaborato di tesi "Malte, calcestruzzi e intonaci dipinti in Aquileia romana. Un approccio archeometrico nello studio di miscele leganti impiegate nell'edilizia antica" nasce da un progetto di ricerca particolarmente innovativo sotto il profilo dell'impostazione metodologica. L'obiettivo di studio è stato indirizzato alla definizione delle caratteristiche composizionali e delle proprietà fisiche di differenti materiali cementizi impiegati in età romana ed alto medievale (II sec. a.C. – VI sec. d.C.) in uno dei siti archeologici più noti del nord Italia. La ricerca è eminentemente sperimentale ed è stata condotta mediante l'analisi, con differenti tecniche archeometriche, di campioni archeologici di malte e calcestruzzi prelevati direttamente da strutture e manufatti (murature, preparazioni pavimentali, infrastrutture idrauliche ecc.) del sito. Essa si pone quindi a cavallo tra archeologia e archeometria, materia collaterale alla prima che si occupa dello studio scientifico con analisi di laboratorio dei materiali di cui i beni di interesse storico, archeologico, artistico e architettonico sono costituiti.

Il progetto si inserisce in un filone di studi abbastanza inconsueto nella sua applicazione ai beni culturali, ma che, soprattutto in ambito archeologico, sta trovando, in anni recenti e recentissimi, sempre più larga diffusione, alla luce delle potenzialità informative in termini storico-economici e tecnico-produttivi che l'analisi dei composti cementizi antichi può fornire.

Una premessa è però d'obbligo per motivare l'interesse di ricerca in questi materiali; un lavoro di analisi di questo tipo si inserisce in tematiche strettamente connesse all'"archeologia dell'edilizia" o "archeologia dell'architettura", ma non dobbiamo dimenticare come, oltre all'ambito costruttivo, malte e calcestruzzi fossero materiali costituenti i supporti e preparazioni di rivestimenti, in particolar modo pavimentali (mosaici, pavimenti in tarsie marmoree) e parietali (decorazioni dipinte), tradizionalmente esaminati più per l'innegabile valore artistico che per ciò quanto concerne l'aspetto tecnico-realizzativo.

Effettivamente, nell'analisi di un manufatto artistico di questo tipo, le miscele di supporto ne costituiscono l'elemento più "povero". A chiunque è noto come questi composti non siano altro che miscele prodotte con calce, sabbia ed acqua che devono essere messe in opera quando ancora malleabili altrimenti, col passare del tempo, solidificano, diventando inutilizzabili. Quest'ultimo è però sicuramente uno degli aspetti più importanti da tenere in considerazione: non esiste altro artefatto in archeologia che ci permetta di risalire esattamente al momento di costruzione di un elemento architettonico che non siano le malte e i calcestruzzi. Non a caso possono essere definiti "i più in *situ* tra i materiali in *situ*". Ciò consente quindi di trarre conclusioni tecniche, economiche e commerciali di estremo dettaglio, talvolta in maniera ancor più precisa di quanto non sia possibile fare analizzando edifici e strutture antiche nel loro complesso. Pensiamo solo al grosso problema del reimpiego, diffusissimo in epoca tardoantica e medievale. Nell'analisi di una muratura costituita da elementi di reimpiego risulta particolarmente complesso ricostruire i commerci e gli spostamenti dei materiali che ne costituiscono l'ossatura, in quanto arduo è risalire a quando, da chi e per quale funzione quel materiale venne utilizzato in origine.

Soprattutto per gli ultimi casi evidenziati, è solo grazie all'analisi dei materiali cementizi che si possono ottenere sostanziali informazioni su quali fossero le aree di approvvigionamento delle materie prime e quali fossero i saperi tecnici delle maestranze operanti nel cantiere, aspetti di certo non irrilevanti per una corretta ricostruzione storico-economica e tecnico-produttiva.

CONTESTO DI INDAGINE

Alla luce di quanto detto e appurato il potenziale informativo offerto dall'analisi di materiali cementizi, la ricerca è stata focalizzata sul centro romano e tardoantico di Aquileia per una serie di ragioni di seguito esposte. Innanzitutto, l'Università di Padova può vantare una solida tradizione di studi nel sito in questione. Studi che hanno permesso di renderlo uno dei contesti archeologici meglio conosciuti in Italia per ciò che concerne aspetti urbanistici, artistici e tecnico-costruttivi. Da una parte, il lavoro di C. Previato[1] sulle tecniche edilizie della città antica e, dall'altra, gli studi di sintesi promossi nell'ambito dei progetti TESS[2] e TECT[3], incentrati sull'analisi sistematica di tecniche musive e decorazioni pittoriche, hanno permesso di fornire un solido background storico-archeologico su cui fondare la ricerca. Il presente progetto di dottorato ha trovato, inoltre, un momento estremamente fertile per essere attuato grazie alle innumerevoli iniziative promosse dagli enti coinvolti in attività di ricerca e tutela della città antica. Sono gli anni in cui si sono moltiplicate le indagini di scavo stratigrafico, condotte in particolar modo dalle Università di Padova, Verona, Venezia-Ca' Foscari, Udine e Trieste. A queste si devono aggiungere i diversi interventi di restauro e valorizzazione, promossi dalla Soprintendenza e dalle fondazioni locali, di aree e contesti già noti. Il lavoro che è stato qui condotto non è quindi finalizzato esclusivamente alla sola ricerca personale di chi scrive, ma è stato plasmato anche sulla base delle domande ed obiettivi di ricerca specifici scaturiti dal dialogo con i responsabili dei diversi progetti di scavo e restauro. I risultati preliminari della ricerca sono già stati presentati in sedi convegnistiche e pubblicati in opere monografiche o in riviste scientifiche di diverso indirizzo[4].

La stessa natura sperimentale della ricerca ha limitato le aree di indagine ai soli contesti archeologici ancora visibili e in corso di scavo, sui quali si potesse intervenire direttamente con attività di campionamento. Come si vedrà quindi, le aree di indagine non coprono tutti i quartieri della città; soprattutto i quartieri centrali di Aquileia romana, su cui insiste la città moderna, non sono stati inclusi nello studio[5]. Inoltre, dagli ambiti di indagine sono state escluse anche le aree archeologiche della città antica restaurate e valorizzate, quali il Foro e i Fondi CAL, in quanto in questi contesti tutte le evidenze strutturali sono state, negli anni passati, oggetto di restauri con moderne malte cementizie che hanno consolidato, a fini conservativi, i giunti murari e i manufatti antichi esposti al degrado, rendendone pertanto impossibile il campionamento.

IMPOSTAZIONE METODOLOGICA

L'impostazione metodologica del progetto è un altro aspetto di assoluta importanza che è stato attentamente soppesato e ponderato. Come anticipato, la ricerca è stata condotta in maniera eminentemente sperimentale ma, pur avvalendosi del supporto offerto dalle tecniche archeometriche, non ha mai mancato di seguire l'obiettivo che resta e rimane legato all'analisi storica. Non è un fatto insolito che, soprattutto in pubblicazioni degli anni passati, l'integrazione tra il dato analitico e quello archeologico non risultasse adeguato; da un lato troppo spesso le pubblicazioni dei risultati di analisi su malte antiche in riviste di carattere scientifico-archeometrico forniscono un dato estremamente tecnico che, se non adeguatamente calato nella

[1] PREVIATO 2015. A cui si affiancano le importanti ricerche di J. Bonetto soprattutto in relazione alle mura urbiche. Cfr. in particolare BONETTO 2004; BONETTO 2009; BONETTO 2015; BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016; BONETTO, PREVIATO 2018.

[2] Con un particolare riferimento al volume, recentemente edito, *Pavimenti romani di Aquileia* 2017, a cura di F. Ghedini, M. Bueno, M. Novello e F. Rinaldi.

[3] Sul progetto si fa qui riferimento al progetto TECT, avviato da M. Salvadori e D. Scagliarini, a cui si rimanda in *TECT 1* e *TECT 2*.

[4] Circa le pubblicazioni preliminari sul tema cfr. DILARIA *et alii* 2016; SECCO *et alii* 2018; SALVADORI, DILARIA, SEBASTIANI 2017; DILARIA, SBROLLI 2018; DILARIA, SECCO 2018; SEBASTIANI *et alii* 2019; DILARIA, SECCO, BONETTO, ARTIOLI 2019.

[5] Cfr. Cap. VI, *introduzione*.

realtà storico-archeologica del contesto, tende a rimanere un puro esercizio di stile, dove l'elemento archeologico fornisce solo il materiale, quasi lo sfondo, su cui poter applicare e sperimentare differenti metodologie di indagine. Di contro, talvolta la troppa superficialità con cui viene preso il dato archeometrico, o il limitato approfondimento nello studio analitico di un campione, sia esso una malta o un altro materiale antico, spinge a discussioni di natura tecnica, economica o commerciale che in alcune pubblicazioni di carattere più marcatamente archeologico non risultano provate adeguatamente sulla base dei risultati scientifici.

Quello che si è cercato di fare in questo elaborato di tesi è stato tentare di esaminare i materiali cementizi quanto più in stretta relazione possibile col contesto di provenienza; seppur i risultati delle analisi archemetriche costituiscano l'ossatura e la base stessa su cui si fonda la ricerca, il dato analitico è sempre stato trattato e discusso al fine di risultare significativo per una riflessione di natura storico-archeologica o tecnico-produttiva più ampia.

METODI ANALITICI E RISULTATI OTTENUTI

Dal punto di vista dei metodi analitici, nell'analisi dei campioni di malte e calcestruzzi sono state applicate diverse tecniche archeometriche, quali la microscopia ottica di sezioni sottili, le analisi mineralogiche in diffrazione delle polveri e le indagini SEM-EDS, nonché, in maniera più limitata, anche altri metodi di indagine su cui si tratterà in dettaglio oltre[6].

Considerando come l'analisi petrografica in microscopia ottica sia risultata la metodologia che forniva i risultati più utili in tempi sostanzialmente brevi e a costi ridotti, questa tecnica è stata applicata per l'analisi di tutti i campioni in esame, mentre le altre metodologie sono state impiegate solo su una selezione di questi.

Tuttavia, i campioni analizzati alla conclusione della ricerca erano oltre 270. Si è quindi dovuto trovare un metodo per confrontare i dati desunti dalle diverse analisi, in particolar modo petrografiche, in maniera oggettiva. Ci si è quindi avvalsi dell'applicazione di metodi statistici multivariati per il trattamento del datatset analitico. Un aspetto innovativo della ricerca è stato quello di parametrizzare, tramite l'uso di appositi softwares, i dati derivati da osservazioni qualitative o semi quantitative, al fine di sottoporli a test statistici. L'applicazione della *principal component analysis* (PCA) ha permesso di operare un trattamento efficace dei dati petrografici, mineralogici e chimici, che sono stati analizzati in tutte le loro sfaccettature sotto diversi tagli. Tramite grafici e diagrammi di sintesi, i risultati analitici, trattati statisticamente, sono stati agevolmente visualizzati e discussi, di volta in volta, nei capitoli dell'elaborato finale[7].

Le conclusioni di sintesi sono state di estremo interesse per approfondire lo stato delle nostre conoscenze su Aquileia in età romana, tardoantica ed altomedievale. Senza entrare nel dettaglio dei singoli aspetti, si è osservato come tramite l'analisi dei composti cementizi in un arco cronologico di oltre otto secoli si possano ottenere importanti indizi utili a migliorare lo stato delle nostre conoscenze sui commerci e la circolazione di maestranze e saperi costruttivi nella città antica. Se in età repubblicana ed alto-imperiale si vedono ancora formule di sperimentazione, è durante l'età alto imperiale che si raggiunse il massimo grado di standardizzazione delle tecniche preparatorie delle miscele leganti, che si richiamano fortemente ai precetti vitruviani, seppur con differenze: non essendo attestata la presenza di pozzolane, se non in un numero limitatissimo di casi, venivano sperimentate tecniche particolari per la produzione di miscele idrauliche. È questo il caso delle mura repubblicane, realizzate in un terreno acquitrinoso, nelle cui fondazioni venne gettato un calcestruzzo idraulico estremamente tenace e che poteva far presa anche in acqua, prodotto grazie all'uso di una calce naturale idraulica ottenuta da calcinazione di calcari selciferi. Questa tecnica, non riportata nella

[6] Le indagini petrografiche, mineralogiche e chimiche tramite SEM-EDS sono state condotte presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova sotto la supervisione del Dott. Michele Secco. Per ulteriori dettagli su metodologia e strumentazione cfr. Cap. V. Cfr. Cap. V, §3.

[7] Per questi aspetti cfr. nello specifico Cap. V, §4.

letteratura antica, sembra essere frutto di sperimentazioni locali contaminate da tradizioni allogene ma totalmente estranee alle pratiche vitruviane di stampo centro-italico[8].

Si è inoltre osservato come questi i materiali cementizi idraulici fossero utilizzati esclusivamente laddove necessario, per la realizzazione di miscele performanti che infatti trovano applicazione soprattutto nelle gettate fondazionali e nella realizzazione di rivestimenti di apparati per la conservazione dell'acqua[9].

Con l'età tardo antica, in perfetta coincidenza con una fase di crisi che visse la città soprattutto a partire dalla seconda metà del IV sec. d.C., si osserva invece un generale declino nelle tecniche preparatorie di composti cementizi, chiaramente percepibile nelle sommarie modalità esecutive di intonaci e preparazioni di mosaici pavimentali. Tuttavia, la committenza giocava in questo periodo un ruolo di assoluto rilievo nel determinare la qualità delle opere. Si è osservato come nelle Terme imperiali, fatte edificare dall'imperatore Costantino nella prima metà del IV sec. d.C., le materie prime e le tecniche preparatorie adottate nella produzione di miscele leganti fossero ottime e per nulla inferiori in termini qualitativi rispetto a quanto documentato nelle epoche precedenti. Alcuni materiali da costruzione con particolari proprietà fisico-meccaniche, quali le ceneri piroclastiche e lave vulcaniche porose usate con funzione di alleggerimento delle volte, vennero addirittura importati dall'area campana mentre i rivestimenti delle cisterne per l'acqua erano costituiti da malte di cocciopesto idraulico di pregevole fattura[10].

Infine, con l'età alto medievale, il massiccio impiego, nelle malte, di conchiglie intere e in frammenti, dimostra la sostanziale modificazione nelle aree di approvvigionamento delle sabbie d'aggregato, non più cavate dai vicini corsi fluviali ma ora probabilmente recuperate direttamente dalle spiagge delle zone costiere[11]. Ciò si integra pienamente col panorama storico di VI sec. d.C., quando la città di Aquileia, ormai ristretta a piccola roccaforte bizantina, pur avendo perso il controllo dell'entroterra, manteneva ancora solide relazioni con la diocesi di Grado che, affacciandosi direttamente sulle aree costiere nord-adriatiche, manteneva un più stretto legame con l'Impero Romano d'Oriente.

[8] Cfr. Cap. IX, §2.1 e richiami *ivi* segnalati.
[9] Cfr. a riguardo Cap. VIII, §§3.1 e 3.4.
[10] Cap. IX, §2.4 e richiami *ivi* segnalati.
[11] Cap. IX, §2.5 e richiami *ivi* segnalati.

PARTE I

CAPITOLO I
AQUILEIA. INQUADRAMENTO STORICO

1 - LE FASI PREROMANE[1]

Il territorio attorno a dove sorse, in età romana, la città di Aquileia, vide l'istaurarsi della presenza umana stabile già dal Mesolitico. Le principali evidenze provengono dalla località di Belvedere, sita a sud di Aquileia, presso l'odierna laguna di Grado[2]. Al Bronzo Recente si data invece un importante insediamento cinto da palizzata, in località Cà Baredi, ad ovest dell'abitato urbano (fig. I.1).

Scavi nell'area a nord del foro urbico, presso il c.d. Essiccatoio, hanno messo in luce, a circa 3/3,50 m di profondità, testimonianze archeologiche di un abitato del Bronzo Finale (tra IX-VIII sec. a.C. e inizio VII sec. a.C.), che ebbe una seconda fase di vita nell'età del ferro (VI-V a.C.). In entrambe le fasi l'abitato fu costruito su grandi apprestamenti di bonifica, realizzati mediante tavole e assiti lignei fondati su pali di quercia. Il villaggio consisteva in capanne a pianta quadrata, con elevato ligneo e ramaglie, poi intonacato con limo e argilla. Le strutture dovevano avere degli impalcati i cui rivestimenti erano costituiti da stesure di limo, argilla e minuti frammenti ceramici; il focolare, al centro delle capanne, era invece di forma sub-circolare e scavato entro una fossa nel terreno.



Fig. I.1 - Aquileia, villaggio protostorico. Bonifica con pali verticali e travi orizzontali (da MASELLI SCOTTI, CRISMANI,, SENARDI, VENTURA 1999, cc. 337-338, fig. 4).

Gli abitanti dovevano certamente essere impegnati nell'attività della cerealicoltura, in quanto analisi botaniche hanno evidenziato la coltivazione di orzo e farro[3]. È comunque attestato anche l'allevamento di suini, caprini (pecora) e bovini, a cui si aggiungeva anche la caccia al cervo, cinghiale e a varie specie di volatili. La dieta prevedeva anche la raccolta e consumo di pesce e di molluschi, quali, in particolare, il murice.

Nei secoli successivi il territorio continuò ad essere frequentato; seppur non siano state rinvenute tracce degli insediamenti dell'età del ferro, sono state rinvenute, in attività di scavo e ricognizione, numerose forme ceramiche databili tra il IV e il II sec. a.C. L'insediamento dell'età del ferro doveva avere il ruolo di importante mercato di scambio tra le produzioni centro italiche e quelle di area balcanica, come attesta il rinvenimento di oggetti votivi, tra i quali numerosi

[1] In generale sulle fasi preromane di Aquileia si veda MASELLI SCOTTI 2009.
[2] MASELLI SCOTTI 2009, p. 5.
[3] MASELLI SCOTTI, ROTTOLI 2007.

bronzetti di produzione etrusco-italica, tanto da far pensare che il sito, dove in età romana sorse la città di Aquileia, potesse essere uno dei terminali della via dell'ambra protostorica[4].

2 - LA FONDAZIONE ROMANA E LE FASI REPUBBLICANE[5]

La fondazione Di Aquileia si data al 181 a.C., e si inserisce all'interno di un processo di conquista e controllo dei territori della Cisalpina avviato già nel III secolo a.C., che prevedeva la deduzione di colonie nei territori veneti e friulano, all'epoca aree di confine tra il mondo romano e quello celtico. Come ci informa lo storico Tito Livio, la deduzione della colonia a diritto latino avvenne come esito di una decisione presa dal Senato di Roma nel 183 a.C., scaturita da alcuni eventi occorsi negli anni addietro[6].

Già nel 186 a.C. infatti una tribù gallica di 12000 armati, probabilmente appartenenti alla popolazione dei Taurisci[7], irruppe attraverso le Alpi nei territori del Friuli orientale (*Galli Transalpini transgressi in Venetiam*)[8] con l'intento di fondare un *oppidum* nel territorio aquileiese[9]. Venne così organizzata una spedizione militare nel Friuli orientale al comando del console Marco Claudio Marcello che si concluse con la distruzione dell'*oppidum* e con la cacciata dei Galli da questi territori. La deduzione della colonia che seguì a questo evento, fu chiaramente motivata da aspetti militari mirati al controllo della regione, sottoposta a costanti pericoli causati dalla presenza delle tribù dei Carni e degli Istri, e al contempo, alla necessità di installare una "testa di ponte" verso l'Istria e la Dalmazia. La deduzione di Aquileia, che avrebbe avuto lo statuto di colonia a diritto latino[10], fu infatti attuata due anni dopo rispetto alla decisione del Senato del 183 a.C. a causa di una guerra condotta dal pretore Quinto Fabio Buteone, con gli Istri che impedivano l'insediarsi dei romani nei territori del Friuli orientale[11].

L'incarico fu assegnato dal Senato di Roma ad un triumvirato rappresentato da due ex consoli Publio Cornelio Scipione Nasica e Gaio Faminio, e da un ex Pretore, Luvio Manlio Acidino[12], come ricordano due iscrizioni, una datata agli ultimi decenni del II sec. a.C. (fig. I, 2) e la seconda forse alla fine del III e inizi del IV sec. d.C. Il prestigio sociale del triumvirato prescelto dal Senato di Roma dimostra quanta importanza e attenzione fosse rivolta alla fondazione di questa colonia.

Venne così dedotta una città il cui impianto urbano costituì una netta cesura rispetto al sistema insediativo sparso precedente, in quanto comportò la centuriazione del territorio e la regolarizzazione dell'area abitata, secondo il tradizionale sistema ortogonale generato dal cardine e decumano massimi[13]. Vennero trasferiti nella città circa 3000 fanti e relative famiglie, assieme ad un numero imprecisato di centurioni e cavalieri[14], per un totale stimato di 3200-3300 o 3300-3400 coloni[15], numero che ben presto ci si rese conto non sarebbe stato sufficiente per difendere la città e mantenere il controllo stabile sul territorio.

---

[4] MASELLI SCOTTI 2009, p. 6.

[5] In generale sulle fasi repubblicane e alto-medio imperiali di Aquileia si veda CHIABÀ 2009.

[6] Liv. XXXIX, 55, 5-6; XL, 34, 2-3.

[7] Sartori 1960, cc.12-14. Vi sono comunque diverse ipotesi circa la provenienza di questa tribù. Si veda a proposito BANDELLI 2003, p. 51, nota 13.

[8] Liv. XXXIX, 22, 6-7.

[9] Liv. XXXIX, 22, 6-7; XXXIX, 45, 6-7; XXXIX, 54, 2-13; XXXIX, 55, 1-6.

[10] Come informa Livio (XXXIX, 55, 5) il Senato fu comunque parecchio indeciso sullo status giuridico di cui doveva godere la città al momento della fondazione, se a regime di colonia latina (Stato sovrano, alleato di Roma con ampia libertà amministrativa), o romana (parte integrante della Repubblica, composta da trecento famiglie a cui erano destinati lotti modesti di terreno). Sullo statuto della colonia cfr. BANDELLI 2003, pp. 58-61.

[11] LIV. XL, 26, 2-3.

[12] Per una prosopografia della terna triumvirale cfr. da ultimo BANDELLI 2003, pp. 60-61.

[13] Sull'assetto urbanistico della colonia al momento della deduzione cfr. GHIOTTO, FIORATTO 2015

[14] LIV., XL, 34, 2.

[15] Circa questi aspetti cfr. da ultimo GHIOTTO, FIORATTO 2015, e bibliografia *ivi* riportata.

I primi anni di vita della colonia non furono infatti pacifici. Nel 179 a.C. i Galli tornarono a chiedere forzatamente terre nell'agro aquileiese[16], in cambio della sottomissione al dominio romano; terre che non vennero loro mai concesse.

Scoppiò poi un nuovo conflitto con gli Istri contro i quali Roma inviò le legioni al comando del console Gaio Claudio Pulcro, che si stanziarono presso le foci del Timavo[17]. Le popolazioni riottose vennero successivamente sconfitti in una guerra che si risolse solo nel 177 a.C. [18] e che certamente gravò militarmente anche su quella popolazione della città di Aquileia mandata a combattere in *Histria*[19]. In tale contesto, i primi anni di vita della colonia furono particolarmente difficili e aggravati dalla poca volontà, da parte dei coloni, di vivere ad Aquileia, sia per l'ostilità di un territorio sempre sotto minaccia bellica, sia per il declassamento sociale cui furono oggetto. I cittadini ritennero quindi la città come *coloniam siam novam et infirmam necdum satis munitam* e dovettero richiedere, nel 171 a.C. e successivamente ancora nel 169 a.C., un *supplementum* di coloni al Senato romano[20]. In seguito a *senatusconslultum* furono inviate ad Aquileia altre 1500 famiglie[21], con una seconda deduzione seguita dal triumvirato composto da Tito Annio Lusco, Publio Decimo Subulo e Marco Cornelio Cetego[22].



Fig. I.2 – Aquileia. Iscrizione del triumviro *L. Manlius Acidinus* (da CHIABÀ 2009, p. 9, fig. 1).

In seguito, in un periodo compreso tra la fine del II sec. a.C. e il 42 a.C. Aquileia venne inserita nella provincia della Gallia Cisalpina[23], a sua volta strutturata in quattro *Regiones* (*Regio IX Liguria; Regio XI Transpadana; Regio VIII Aemilia; Regio X Venetia et Histria*), che includeva tutti i territori dell'ormai pacificata pianura Padana a sud delle Alpi e a nord del Po. Seppur fosse un centro tra i più importanti dalla *Regio X*, la città dovette aspettare quasi un secolo prima di ottenere la cittadinanza romana, che le venne concessa con la promulgazione della *Lex Iulia De Civitate* del 90 a.C.[24], in virtù della sua fedeltà a Roma durante gli episodi della guerra civile. Tra la fine del I sec. a.C. e l'inizio di quello successivo, Aquileia vide un periodo piuttosto florido, che comportò un totale rinnovamento politico e amministrativo della città[25]. Fu infatti la base militare di numerose imprese belliche dirette nel Norico e in Illiria, quale quella, condotta nel 129 a.C., da Gaio Sempronio Tuditano contro gli Istri[26].

Negli anni che seguirono Aquileia, divenne centro dove di frequente soggiornarono personaggi illustri della scena romana tra Gaio Giulio Cesare (tra il 58 a.C. ed il 49 a.C.), Ottaviano

[16] LIV. XL, 53, 5-6.
[17] LIV. XLI, 1, 2-4.
[18] LIV. XLI, 10, 10-11.
[19] LIV. XLI, 14, 6. cfr. a riguardo anche CHIABÀ 2009, p. 11 e nota 34.
[20] *Ibidem*, p. 11.
[21] LIV. XLIII, 17, 1.
[22] LIV. XLIII, 17,1. Sulla prosopografia di questo secondo triumvirato cfr. da ultimo BANDELLI 2003, pp. 64-67.
[23] Sulla discussa data di istituzione della provincia cfr. CASSOLA 1991, pp. 30-40; LAFFI 2001, pp. 209-235.
[24] GELL. IV, 4, 3.
[25] Cfr. LAFFI 1987, p. 47.
[26] Sull'impresa del Console nel 129 a.C. cfr. CHIABÀ 2009, p. 16, nota 64 e bibliografia ivi citata.

(35-34 a.C.)[27] e il futuro imperatore Tiberio (11 a.C.)[28], al fine di organizzare le spedizioni contro l'Illiria e la Pannonia[29].

Tra i decenni finali del I sec. a.C. e l'inizio del I sec. d.C., la città vide, anche in virtù dell'evergetismo imperiale[30], un notevole sviluppo urbanistico e di forte monumentalizzazione, come comprovato inoltre da diverse testimonianze archeologiche riferibili a questo periodo.

3 - L'ETÀ ALTO IMPERIALE

Nel corso del I secolo d.C. Aquileia visse un periodo florido, di pace e prosperità[31]: venne ad assumere, grazie alla sua posizione, il diretto controllo dei valichi orientali alla penisola italica, grazie al controllo di Illiria e Dalmazia conseguito alle guerre di Tiberio; ma trovandosi inoltre all'estremità settentrionale dell'Adriatico, assunse quindi anche un ruolo chiave nella rete di relazioni commerciali, prevalentemente marittime, che la videro imporsi come centro di smercio di derrate alimentari e manufatti di produzione africana ed orientale verso i territori a nord e ad est delle Alpi.

Durante la prima metà del II sec. d.C., la città continuò a vivere in un periodo di pace, con continui atti di evergetismo imperiale, quale quello di Traiano citato in un imponente frammento di architrave, dove viene ricordato come l'imperatore fece ricostruire dalle fondamenta un edificio pubblico[32].

4 - L'ETÀ MEDIO IMPERIALE

Durante gli anni della diarchia di Marco Aurelio e Lucio Vero (161-165 d.C), la città dovette far fronte invece alle invasioni di Quadi e Marcomanni, che arrivarono pure ad assediarla[33]; tuttavia, come attestato da Ammiano Marcellino[34], gli invasori vennero respinti in seguito ad uno scontro armato. Ancora, neanche un secolo dopo, nel 238 d.C., Aquileia fu nuovamente assediata dall'imperatore Massimo il Trace, dichiarato *hostispublicus,* nemico dello stato[35]. Gli aquileiesi, che alcuni anni prima avevano onorato l'imperatore definendolo *Aquileiensium restitutor et conditor* per i sui interventi di sistemazione di alcune vie pubbliche urbane[36]*,* furono costretti a difendere la città e tutta la penisola italiana. In occasione dell'assedio, descritto minuziosamente dallo storico Erodiano[37], le mura repubblicane di Aquileia vennero ristrutturate dai cittadini[38]. Dopo un lungo periodo di assedio, i cittadini aquileiesi riuscirono a

[27] SVET. *Aug*. 20.

[28] SVET. *Tib*. 7, 3.

[29] Numerose sono inoltre le attestazioni epigrafiche che confermano la presenza ad Aquileia degli imperatori giulio-claudi (cfr. BUCHI 2003, pp. 196-197). Sui soggiorni della famiglia imperiale ad Aquileia cfr. ROSSI 2003, pp. 169-170.

[30] Si ricorda infatti un frammento di architrave, attualmente reimpiegato a Torcello ma probabilmente proveniente da Aquileia dove si ricorda come Tiberio, ancora cesare, arricchì la città con la costruzione di templi, portici e giardini. Sull'attribuzione aquileiese del frammentocfr. CRESCI MARRONE 2001, p. 146 (p. 160, fig. 5, a-b). cfr. inoltre LAFFI 1987, p. 60.

[31] Nel 69 d.C. Aquileia divenne tuttavia quartier generale delle legioni durante le guerre scaturite dalla lotta di potere concatenata alla morte di Nerone nel cosiddetto "anno dei quattro imperatori". Diversi soldati delle legioni di Mesia e Pannonia trovarono infatti qui sepoltura (a riguardo cfr. BUCHI 2003, pp. 196-197).

[32] CIL, V 854; *InscrAq*, 437.

[33] Per un più dettagliato resoconto degli eventi storici di età medio-tardo imperiale nel territorio aquileiese cfr. CALDERINI 1930, pp. 61-76.

[34] AMM. XXIX, 6, 1.

[35] A riguardo cfr. STROBEL 2003, pp. 252-263.

[36] *InscrAq*, 2892 a, b; CIL, V 7989, 7990; *InscrAq*, 2893 a, b.

[37] HEROD. VIII, 3, 4; VIII, 4, 8.

[38] HEROD. VIII, 2, 4-5.

respingere Massimo il Trace, che venne poi ucciso dai suoi stessi soldati, e la città venne celebrata dalle fonti come salvatrice del territorio italico[39].

5 - L'ETÀ TARDO IMPERIALE[40]

Dall'inizio del IV sec d.C., con la riforma politico amministrativa voluta da Diocleziano, Aquileia tornò a vivere un periodo prospero, con funzioni paragonabili e complementari a quelle di Milano[41], tanto da essere celebrata da Ausonio come la nona città più importante dell'Impero[42]: divenne infatti capitale amministrativa e sede del governatore della nuova regione della *Venetia et Histria* mentre i commerci, prevalentemente con Africa e Oriente, si intensificarono ulteriormente. Questo periodo particolarmente florido è testimoniato da un nuovo massiccio intervento urbanistico, rappresentato dalla costruzione di nuove mura, degli *horrea*, di un circo e delle cosiddette "Grandi Terme"; la città fu inoltre sede di un palazzo imperiale (la cui localizzazione è ancora in discussione) e della nuova zecca imperiale[43]. Al IV sec. d.C. si data anche la creazione di un importante complesso vescovile nella zona meridionale della città, che andò a definirsi come nuovo centro gravitazionale aquileiese ed al contempo come polo di attrazione dell'edilizia residenziale di alto livello[44].

Tuttavia, la città, poco prima della metà del IV sec. d.C., fu nuovamente centro di scontri militari. Infatti, nell'ambito della lotta di potere contro l'usurpatore Massenzio, Costantino, nel 312 d.C., invase l'Italia settentrionale, sconfiggendo alcune città tra cui Susa e Torino. La caduta anche di Verona indusse Aquileia ad arrendersi alle truppe dell'imperatore d'Oriente e, con lei, anche gli altri centri della *Venetia et Histria.* La città, comunque, non solo fu risparmiata, ma ospitò in seguito Costantino per ben tre volte, come attestano dediche in suo onore[45].

Nel 340 d.C., durante gli scontri che coinvolsero Costantino II e Costante, figli di Costantino, alcune battaglie ebbero luogo nei pressi di Aquileia, senza tuttavia che la città venisse coinvolta militarmente in via diretta. Costante risultò poi vincitore, ma regnò per soli dieci anni quando venne ucciso da Magnenzio, un soldato di origine germanica. Nel 351 d.C. l'usurpatore occupò i territori dell'Italia e della Gallia, ma, una volta sconfitto in battaglia dall'imperatore legittimo d'Oriente Costanzo, si dovette rifugiare ad Aquileia, che elesse a sua capitale. L'anno successivo, sotto la minaccia di Costanzo, ormai prossimo alla città, Magnenzio si suicidò[46].

Ancora nel 361 d.C. la città fu assediata da Giuliano l'Apostata, nipote di Costanzo, a cui dovette infine arrendersi, come riportato da una lunga descrizione degli eventi di Ammiano Marcellino[47].

Infine, nel 388 d.C., l'usurpatore al trono Magno Massimo si rifugiò ad Aquileia, ma venne ben presto sconfitto da Teodosio. Alla morte di Magno Massimo l'impero fu spartito tra Valentiniano II, che ottenne L'Italia e la Gallia, e Teodosio, a cui venne data la prefettura d'Oriente, l'Illirico e l'Africa. Tuttavia, appena nel 392 d.C., Valentiniano II veniva ucciso da Abrogaste, *magister militum* di origine franca, il quale nominò Eugenio, emerito professore di retorica, imperatore. Teodosio fu costretto a intervenire contro il nuovo usurpatore nel 394 d.C. e grazie all'aiuto di un'armata di Visigoti guidati da Alarico, ottenne la vittoria contro Eugenio

[39] HEROD. VIII, 3, 4; IX.

[40] A riguardo cfr. MARANO 2009.

[41] La capitale imperiale fu infatti trasferita in questo periodo da Roma a Milano. A proposito cfr. CRACCO RUGGINI 1990.

[42] AUS. XI, 9, 4.

[43] MARANO 2009, pp. 23-24.

[44] TIUSSI 2009, p. 81.

[45] Una prima rinvenuta presso il circo (CIL, V 8269) mentre altre due ricordano il restauro delle "Grandi Terme" (RIESS 2001, pp. 273-275).

[46] MARANO 2009, p. 25 e bibliografia ivi riportata.

[47] AMM. XXI, 11-12.

presso il fiume Frigido, attuale Vipacco, uno degli affluenti dell'Isonzo. Successivamente un'epigrafe celebrativa ricorda come Teodosio si rifugiò nella vicina Aquileia[48].

In questo periodo tardo antico, seppur afflitta da costanti e ripetuti episodi bellici, Aquileia divenne una città di massima importanza nello scacchiere mediterraneo, tale da spingere Ausonio a celebrarla come una delle nove principali città dell'Impero romano del suo tempo, non solo per la prosperità economica ma pure per l'imponenza delle difese militari[49].

L'inizio del declino politico ed amministrativo della città avvenne nel 402 d.C. quando l'imperatore Onorio spostò la capitale dell'impero d'Occidente da Milano a Ravenna. Il baricentro politico allora si assestò sull'asse del Po, mentre la posizione di Aquileia si fece via via più marginale[50].

In questi anni, le lotte per la successione al comando dell'impero d'Occidente videro contrapporsi Giovanni, eletto imperatore dalla corte di Ravenna, e Gallia Placidia, sorellastra di Onorio, che cercava di far salire al trono suo figlio Valentiniano III. L'allora imperatore d'Oriente Teodosio II, dopo un primo riconoscimento di Giovanni, decise di concedere l'appoggio a Galla Placidia ed a suo figlio. Questi marciarono con un esercito al comando del *magister militum* Aspar dalle coste dalmate verso l'Italia, conquistarono Aquileia nel 424 d.C. e, successivamente, presero anche Ravenna sconfiggendo l'usurpatore Giovanni. Questi fu poi condotto ad Aquileia, e dopo esser stato costretto ad esibirsi su un asino nel circo della città, Giovanni fu prima umiliato per poi venir decapitato[51]. Valentiniano III fu l'ultimo imperatore a soggiornare in Aquileia, che solo un trentennio più tardi subì il saccheggio di Attila. Gli Unni al suo comando irruppero nella *Venetia* nel 425 d.C.[52], come ricordato dal cronista Prospero d'Aquitania, e, dopo tre mesi di assedio, conquistarono Aquileia il 18 luglio[53], saccheggiandola e distruggendone gli edifici principali.

6 - L'ETÀ ALTO MEDIEVALE. TRA OSTROGOTI, BIZANTINI E LONGOBARDI

La conquista unna di Aquileia non determinò nella realtà dei fatti la totale distruzione della città che di certo continuò a vivere, seppur fortemente ridimensionata, soprattutto dal punto di vista politico-amministrativo, tornando inoltre ad essere un centro di frontiera, soggetta a frequenti incursioni, quali quella di Antemio prima e di Giulio Nepote poi. Tuttavia, Aquileia non ebbe alcun rilievo particolare negli avvenimenti dell'epoca, tanto che, pure nel 493 d.C., la città rimase marginale negli scontri che videro la caduta di Ravenna e l'uccisione di Odoacre da parte del re ostrogoto Teodorico[54].

Il periodo di declino continuò durante la dominazione ostrogota dell'Italia (489-535 d.C.) ed è ravvisabile nel trasferimento del *caput provinciae* a *Forum Iulii* (Cividale del Friuli), che, come ricordato da Paolo Diacono[55], venne considerata *civitas vel castrum* in questo periodo, divenendo infatti la prima sede ducale del regno longobardo in Italia sotto il re Alboino[56].

Tuttavia, seppur in misura molto contenuta, la città continuò ad essere centro, anche durante il VI secolo d.C., di un limitato benessere, come dimostrano alcuni rifacimenti musivi del tessellato cosiddetto del "Buon Pastore", rinvenuto nell'area del fondo Cossar[57] ed in alcuni

[48] MARANO 2009, p. 26.
[49] AUS., *Ordo urbium nobiliorum*, 9, 64-72.
[50] MARANO, p. 30.
[51] PROC., *Vand*, I, 3, 9.
[52] PROSP. *Chron*. P. 1367.
[53] Data riportata nei fasti consolari ravennati.
[54] MARANO 2009, pp. 28-29.
[55] PAULUS, *HL*, II, 9.
[56] Tuttavia, indagini archeologiche recenti non sembrerebbero dimostrate per Cividale del Friuli un particolare fervore edilizio in questo periodo, seppur sia innegabile un notevole sviluppo del centro tra V e VI secolo d.C. (cfr. VITRI, VILLA, BORZACCONI 2006, pp. 102-105).
[57] BERTACCHI 1980a, pp. 262-264.

restauri di pavimenti musivi delle Grandi Terme[58]. Dalla necropoli sviluppatasi attorno alla chiesa di Monastero provengono inoltre fibule, fibbie e una croce d'oro[59].

al momento dello scoppio della cosiddetta crisi Tre Capitoli, i vescovi di Aquileia si schierarono contro le teorie monofisite sostenute dall'imperatore bizantino Giustiniano, sostenuto dalle formulazioni dei teologi orientali Teodoro di Mopsuestia, Iba di Edessa e Teodereto di Ciro[60].

Con la riconquista bizantina dei territori del nord Italia, in seguito alla guerra "greco-gotica" (535-553 d.C.), l'importanza che venne riconosciuta nella diocesi di Aquileia risulta come mai evidente nell'imponente costruzione della nuova cinta muraria a salienti triangolari di chiara ascendenza bizantina[61] posta a difesa della basilica episcopale, realizzata sui resti del complesso teodoriano di IV sec. d.C. e attorno alla quale verrà a costituirsi il piccolo centro altomedievale[62]. La cinta muraria lasciò al di fuori tutta la porzione centro settentrionale della città romana compreso il foro e i quartieri settentrionali, che non dobbiamo però ritenere in stato di totale abbandono, come risulta da diverse testimonianze archeologiche riferibili a queste fasi[63].

Il quadro geopolitico così delineatosi non durò comunque a lungo. La fine definitiva di Aquileia si ebbe, pochi anni dopo, con la fuga del patriarca Paolo a Grado[64], in seguito alla calata incontrastata dei Longobardi in Italia avviata nel 568 d.C. Abbiamo ancora sporadiche attestazioni archeologiche riferibili all'età longobarda[65], ma risulta chiaro come Aquileia non riuscì più a riacquisire quella valenza politico-territoriale che ricopriva ancora in età tardo antica; anzi lo stato di abbandono in cui vergeva la città spinse un autore anonimo del IX secolo d.C. a piangerne la distruzione e le *cineres*[66].

[58] BERTACCHI 1980a, pp. 147-148; MASELLI SCOTTI, RUBINICH 2009, p. 110.
[59] POSSENTI 1970, p. 202.
[60] Sulla questione cfr. la sintesi di SOTINEL 2005.
[61] VILLA 2004, pp. 607-610. Cfr. Inoltre Cap. VI, §1.2.4.
[62] *Ibidem*.
[63] MARANO 2009, p. 32.
[64] PAULUS, *HL*, II, 10.
[65] VILLA 2004, pp. 619-621.
[66] *Versus de destructione Aquilegiae numquam restaurandae*, v. 16.

CAPITOLO II
AQUILEIA. CONTESTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

1 - AQUILEIA. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La città di Aquileia è situata nella regione italiana del Friuli Venezia Giulia, in provincia di Udine. Il centro attuale, poco densamente popolato, insiste prevalentemente sopra l'insediamento di epoca romana e si è sviluppato attorno al settore religioso tardoantico della città, rappresentato soprattutto dall'imponente basilica dell'XI secolo di Santa Maria Assunta.



Fig. II.1 - Aquileia nella pianura friulana (rielaborazione da FONTANA 2006).

Posta a circa 30 km dalla laguna di Grado, dal punto di vista geografico Aquileia è situata nella "bassa pianura friulana"[1], in un'area territoriale che vede ad est il gruppo montuoso del Carso, a nord le Alpi orientali, a sud il mare Adriatico e ad ovest la pianura padano-veneta (Fig. II.1). Il territorio, definito una "terra d'acque"[2], è infatti attraversato da numerosi corsi fluviali. Attualmente, il principale tra questi è, muovendosi da est, l'Isonzo, che nasce sulle Alpi Giulie ad ovest del monte Tricorno (Slovenia). Procedendo verso ovest si incontrano poi i fiumi Torre, Natisone e Cormor, fino al Tagliamento che sfocia a sud della laguna di Marano, presso Bibione.

Dalla fascia delle risorgive, che distingue il limite tra alta e bassa pianura friulana, nascono comunque ulteriori fiumi di risorgiva, di portata idrica ridotta, quali il fiume Aussa, il Terzo e lo Judrio e lo Stella.

[1] FONTANA 2006.
[2] FONTANA 2006, p. 25.

A nord, il limite del territorio aquileiese è costituito dai dossi fluviali derivati dalle divagazioni dell'Isonzo, Natisone e Torre mentre a sud da altri alti morfologici, ovvero le dune di Belvedere e San Marco[3].

La città antica sorse quindi su una piana alluvionale la cui genesi è molto complessa in quanto si trova al limite tra il megafan dell'Isonzo e del Torre e il conoide alluvionale del Natisone[4]; per quanto riguarda la pertinenza idrografico-sedimentaria della porzione della bassa pianura friulana su cui sorge Aquileia è infatti adeguato parlare di "area di commistione" tra i depositi alluvionali dei fiumi sopracitati[5].

2 - LA BASSA PIANURA FRIULANA TRA TAGLIAMENTO E ISONZO IN ETÀ ROMANA

In antico, il paesaggio geomorfologico della bassa pianura friulana doveva essere differente da quello attuale, in quanto i fiumi che la attraversano subirono diverse avulsioni e divagazioni d'alveo nel corso del tempo, con conseguenti fenomeni alluvionali che hanno profondamente mutato l'aspetto del territorio.

Diverse sono innanzitutto le divagazioni del fiume Isonzo dall'antichità fino ai giorni nostri, che non sono ancora state completamente chiarite[6].

L'ipotesi più accreditata prevede che il percorso attivo in età romana attraversasse le attuali località di S. Pier d'Isonzo, Ronchi dei Legionari e Staranzano (fig. II.2, percorso A). Questa teoria è rafforzata dal rinvenimento del "ponte", in loc. Ronchi dei Legionari, la cui costruzione risale alla prima epoca imperiale[7]. Inoltre, abbiamo testimonianza della presenza di un edificio di età romana (villa rustica) in questa località, la cui distruzione, risalente a inizio III sec. d.C., è probabilmente dovuta a divagazioni ed esondazioni del fiume Isonzo, che hanno determinato l'obliterazione delle pavimentazioni dell'edificio al di sotto di sedimenti limo-sabbiosi[8]. Da qui le tracce sono più labili: se due tracciati, testimoniati da dossi ghiaio-sabbiosi, sono ascrivibili ad un corso dell'Isonzo attivo fino l'800 a.C. (fig. II.2, percorsi A1, A2), per l'età romana è invece possibile supporre, sempre in base alla presenza di antichi dossi fluviali, un terzo possibile ramo occidentale del fiume, ad est di San Canziano d'Isonzo (fig. II.2, percorso B)[9]. Alcune ipotesi vedono infine sfociare il fiume presso la località di Bocca di Primero[10].

Successivamente, è attestata con certezza per l'età storica (dal periodo tardo antico-alto medievale) una forte divagazione del fiume ad occidente, verso l'attuale località di Fiumicello; si assiste invece ad un progressivo ritorno verso un corso isontino più orientale tra l'età rinascimentale e quella contemporanea[11].

Gli altri due principali fiumi che interessavano in antico la piana su cui sorse Aquileia sono il Torre e il Natisone. È comunemente ritenuto che questi due fiumi siano da associare a quelli menzionati in un passo pliniano che li vede confluire proprio nei pressi della città romana (*Natiso cum Turro praefluens Aquileiam coloniam*)[12]. Certo è che già dal 3000 a.C., fino all' 800 a.C., il fiume Torre dovesse scorrere ad est dell'attuale Cervignano del Friuli (fig. II.2, percorso Q)[13]. Non è invece ancora stata chiarita l'effettiva dipendenza antica del *Natiso cum Turro* con i fiumi sopracitati (cfr. *infra*), che attualmente confluiscono l'uno nell'altro a valle dei rilievi alpini, per

[3] La discussa origine di questi depositi, che secondo alcuni autori avevano origine eolica e rappresentavano un'antica riva costiera, è stata chiarita da G. Lenardon e R. Marocco che ne hanno dimostrato un'origine fluviale legata a paleo divagazioni isontine (cfr. LENARDON, MAROCCO 1994).

[4] Sulla diversa morfologia e genesi di megafan rispetto al conoide alluvionale cfr. FONTANA 2006, pp. 70-72.

[5] Termine adottato in MAROCCO 2009, pp. 75-76.

[6] MAROCCO 2009, 74-76.

[7] MAROCCO 2009, p. 74. In seguito ad uno scavo condotto nel 1829 si suppose che tale ponte dovesse essere lungo addirittura 340 m (cfr. COMEL 1954, pp. 97-98). Sul ponte inoltre cfr. ZANIER 2009.

[8] MAROCCO 2009, p. 74; MASELLI SCOTTI 2008.

[9] MAROCCO 2009, p. 74.

[10] BOTTAZZI, BUORA 1999, pp. 64-65.

[11] MAROCCO 2009, p. 75.

[12] PLIN. *N. H.*, 3, 18, 126.

[13] MAROCCO 2009, pp. 76-77.

poi immettersi nell'Isonzo a circa 6 km a nord da Villa Vicentina (UD). Nel suo corso più settentrionale il Torre presenta carattere torrentizio ed un letto ghiaioso molto ampio[14], mentre il Natisone scorre in un alveo molto più incassato, in un substrato non permeabile[15].

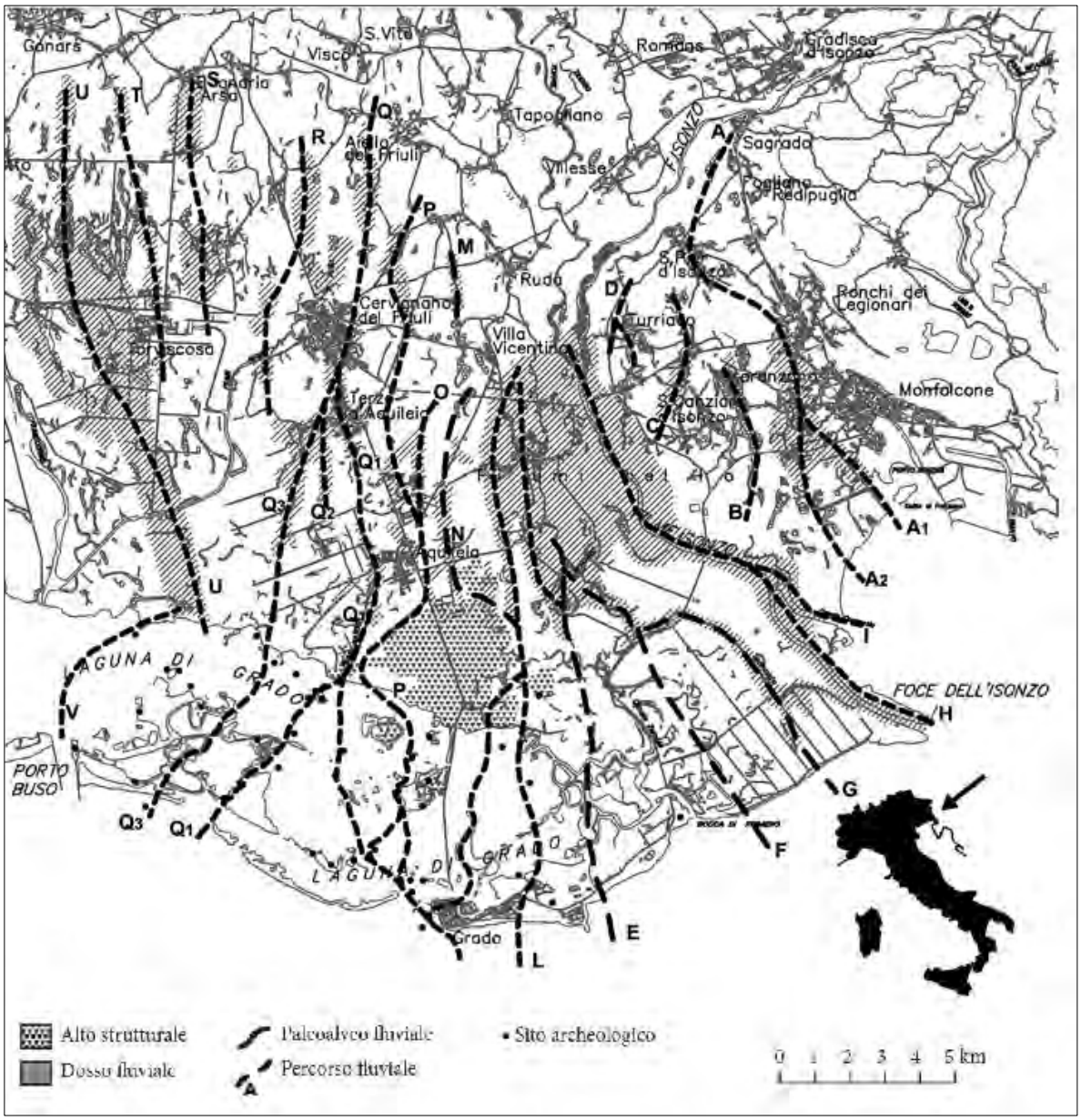


Fig. II.2 - Dossi, tracce di alvei sepolti e probabili direzione di deflusso dei fiumi Isonzo (A- I), Torre (O-R) e Cormor (T). I rimanenti percorsi fluviali sono relativi alle aree di commistione dei diversi fiumi (da MAROCCO 2009, p. 73, fig. 4).

Anche la linea di costa antica con il mare Adriatico non si presentava come è oggi. Se infatti per la laguna di Marano è possibile suppore un'epoca di formazione risalente all'età preistorica,

[14] FONTANA 2006, p. 26; VISINTINI 2016, pp. 74-75.
[15] VISINTINI 2016, pp. 76-77.

inquadrabile nel 3500 a.C. o addirittura mille anni prima, la creazione della laguna di Grado sarebbe sicuramente di età post romana[16]. Per quest'ultima è infatti probabile che l'apporto sedimentario di una foce dell'Isonzo, ad occidente rispetto a quella attuale, abbia contrastato i fenomeni di subsidenza ed ingressione marina per tutto il periodo preistorico e romano[17]. Certo è comunque che presso Grado fosse presente uno scalo marittimo connesso in un sistema di navigazione costiera endo-lagunare (riportate anche nell'*Itinerarium Antonini*) che metteva in connessione Ravenna con Altino ed Aquileia[18].

Sotto il profilo mineralogico-petrografico, i corsi dei fiumi sopracitati sono caratterizzati da depositi sabbio-ghiaiosi[19]. In particolare, i sedimenti più grossolani, quali ghiaie e ciottoli, sono costituiti essenzialmente da clasti carbonatici e marnoso-arenacei di diverso colore. In particolare, le ghiaie attuali dell'Isonzo sono "grigio-cilestine" con prevalenza della calcite sulla dolomite e con subordinati calcari del Dachstein (Alpi austriache nord-orientali). Abbondanti sono le selci (e calcari/dolomie selcifere) mentre scarsa è l'occorrenza di arenarie rosse e verdi. Fra i minerali pesanti poco rilevante è la picotite, mentre tra gli ultrastabili si distinguono le alte percentuali di zircone.

Le ghiaie del Natisone si caratterizzano per una predominanza di ciottoli marnoso-arenacei, con secondaria occorrenza di calcari, mentre quelle del Torre si distinguono per la prevalenza di calcari bianchi presso la sorgente, con presenza di clasti marnoso-arenacei nel corso inferiore, portati dall'immissione dell'affluente Cornappo. Fra i minerali pesanti si distinguono gli elevatissimi contenuti di picotite. La frazione sabbiosa di tutti i fiumi sopracitati è comunque rappresentata da alti valori di carbonati, con calcite che predomina sulla dolomite e subordinati valori di quarzo, selci e feldspati[20].

Le sabbie delle spiagge di Grado e Marano attuali sono inoltre del tutto comparabili, dal punto di vista minero-petrografico, con i sedimenti isontini ed hanno quindi una genesi fluviale[21].

3 - LA RETE IDROGRAFICA DI AQUILEIA IN ETÀ ROMANA

3.1 - DALLA FONDAZIONE ALL'ETÀ ALTO IMPERIALE

Come precedentemente esposto, il territorio su cui venne fondata Aquileia è sostanzialmente costituito da apporti sedimentari alluvionali dei fiumi che hanno, in passato, interessato la piana aquileiese, ovvero Isonzo, Torre e Natisone.

Per ciò che riguarda le zone esattamente contermini l'abitato urbano, si è dimostrato, in seguito alla campionatura per carotaggi condotti nell'ambito del progetto SARA (fig. II.3), come i depositi alluvionali in questione siano costituiti prevalentemente da peliti (limi e argille), sabbie e ghiaie (e loro categorie intermedie), depositatisi in ambiente ad idrodinamismo, nell'ordine, da basso ad elevato (*fining-upward*). A questi si devono aggiungere numerosi bacini torbosi

---

[16] ARNAUD-FASSETTA *et alii* 2003, p. 232; CARRE *et alii* 2003, pp. 300-302; CARRE 2004, p. 199; FONTANA 2006, p. 125; MASELLI SCOTTI 2009, p. 3. In epoca antica, fino l'età romana, vi era quindi terra emersa da Aquileia fino al mare Adriatico, come testimoniano i ritrovamenti archeologici nella laguna di Grado (MAROCCO 2009, pp. 77-82).

[17] FONTANA 2006, p. 121; BOTTAZZI, BUORA 1999, p. 66.

[18] cfr. ROSADA 1979; DORIGO 1994; ROUSSE 2006. Secondo alcuni autori tale sistema di navigazione dovrebbe essere entrato in attività sono in età Dioclezianea, tra 290 e 300 d.C. (DORIGO 1994, c. 96).

[19] Va segnalato comunque che i dati di seguito presentati sono riferibili all'assetto petrografico-mineralogico del trasporto attuale di questi fiumi, che può aver subito modificazioni, seppur minime, rispetto all'età antica.

[20] MAROCCO 2009, pp. 73-74; COMEL 1957, pp. 19-21, 180-181, 223. In particolare, sui sedimenti dell'Isonzo cfr. GAZZI, ZUFFA, GANDOLFI, PAGANELLI 1973, pp. 10-11 e fig. 7, p. 16. Per ciò che concerne le percentuali di minerali pesanti nei depositi dei diversi bacini fluviali cfr. LENARDON, MAROCCO 1994, p. 21 e tab. III, p. 20. L'elevato contenuto di picotite per le sabbie isontine rilevato in GAZZI, ZUFFA, GANDOLFI, PAGANELLI 1973, p. 11 non tiene probabilmente conto del contributo sostanziale conferito dalle sabbie del Natisone e Torre dopo la confluenza di questi nell'Isonzo. Su questo punto cfr. infatti LENARDON, MAROCCO 1994, p. 21.

[21] GAZZI, ZUFFA, GANDOLFI, PAGANELLI 1973, pp. 7, 13.

che indicano la presenza di antichi ambienti acquitrinosi e ricchi di vegetazione in decomposizione[22]. Vitruvio stesso riporta infatti come "*in paludibus moenia constituta*"[23]: al momento della deduzione della colonia, la situazione geomorfologica dell'area dove vennero fondate le mura urbiche doveva essere dunque particolarmente precaria sotto il profilo della stabilità idro-geologica. Ciò è stato inoltre confermato dal rinvenimento, sempre grazie ai carotaggi del progetto SARA, di ostracodi, crostacei e carapaci di molluschi sia alloctoni che autoctoni, tipici di ambienti salmastri dell'area mediterranea[24]. La presenza di stagni di acqua salmastra è dovuta a fenomeni di risalita del cuneo salino, connessi ad episodi di subsidenza e di innalzamento del livello marino[25].

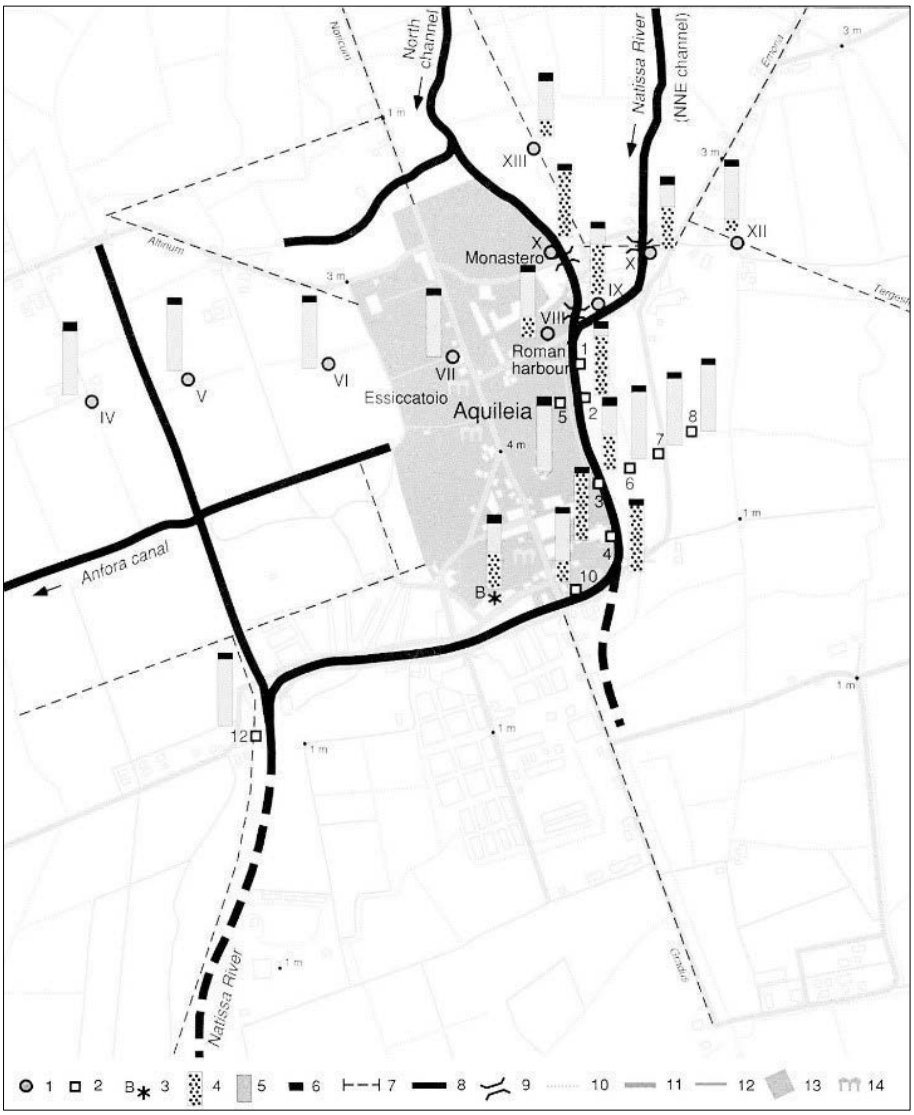


Fig. II.3 – Aquileia, disposizione dei carotaggi eseguiti in occasione del Progetto S.A.R.A. e del carotaggio Brünner. 1: Carotaggi S.A.R.A. (1994); 2: Carotaggi S.A.R.A. (1995); 3: Carotaggio Brünner; 4: Depositi di canale fluviale grossolani (ghiaia in matrice sabbiosa); 5: Depositi di piana alluvionale (sabbia, limo e/o argilla); 6: Materiale rimaneggiato; 8: Corso d'acqua di età romana; 9: Ponte attuale; 10: Scoline di drenaggio attuale; 11: Strada attuale principale; 12: Strada attuale secondaria; 13: Aquileia romana; 14: Resti romani (modificata da ARNAUD-FASSETTA *et alii* 2003).

Come ci informa invece Plinio[26], la città romana era delimitata, a nord, dalla confluenza di due corsi d'acqua, il *Natiso cum Turro*, dei quali il secondo aveva orientazione all'in-

[22] MASELLI SCOTTI, PARONUZZI, PUGLIESE 1999, p. 88-89; MASELLI SCOTTI 2009, p. 4; 2013, p. 88.
[23] VITR. 1, 4, 11-12.
[24] PUGLIESE, MASELLI SCOTTI, FRANCHINI 1999; MASELLI SCOTTI, PARONUZZI, PUGLIESE 1999, p. 89; MASELLI SCOTTI 2004, pp. 22-23; 2013, p. 88.
[25] PUGLIESE, MASELLI SCOTTI, FRANCHINI 1999, p. 409; ARNAUD-FASSETTA *et alii* 2003, p. 235.
[26] PLIN., *N. H.*, 3, 18, 126: *Natiso cum Turro, praefluentes Aquileiam coloniam*.

circa N/NO-S/SE e confluiva nel primo, che aveva orientazione sostanzialmente N-S, leggermente a nord-est rispetto al centro abitato romano (fig. II.2, percorso O)[27]. Non è ancora stato chiarito a quali corsi d'acqua moderni questi due fiumi facciano riferimento, seppure sia opinione diffusa individuarli rispettivamente negli attuali Natisone e Torre.

Da recenti ipotesi sembrerebbe tuttavia che il ramo più orientale, che bagnava il territorio aquileiese già dal periodo preistorico (3000 a.C., datazione radiocarbonica calibrata), non sia riferibile ad un paleoalveo del Natisone/Torre quanto piuttosto ad uno del fiume Isonzo[28]. Questo tratto doveva avere una consistente portata idrica: in occasione degli scavi Brusin degli anni '30, è stato infatti rinvenuto un ponte che attraversava il fiume impostato su quattro piloni, per una ampiezza complessiva di 40 m. Dimensioni certamente inferiori doveva averle il fiume che affluiva da N-O, testimoniate dalla luce di soli 10,3 m in una unica arcata di uno dei due ponti che lo attraversavano[29]. Secondo l'ipotesi di R. Marocco, questo secondo ramo è identificabile con un paleo alveo dell'attuale Torre[30], i cui dossi più occidentali (fig. II.2, percorso Q1-Q3) sono attribuibili a fasi precedenti all'occupazione romana. Alcuni di questi (fig. II.2, percorso Q3) sono infatti tagliati dalla realizzazione del Canale Anfora e sono inoltre sormontati dal tracciato della Via Annia[31].

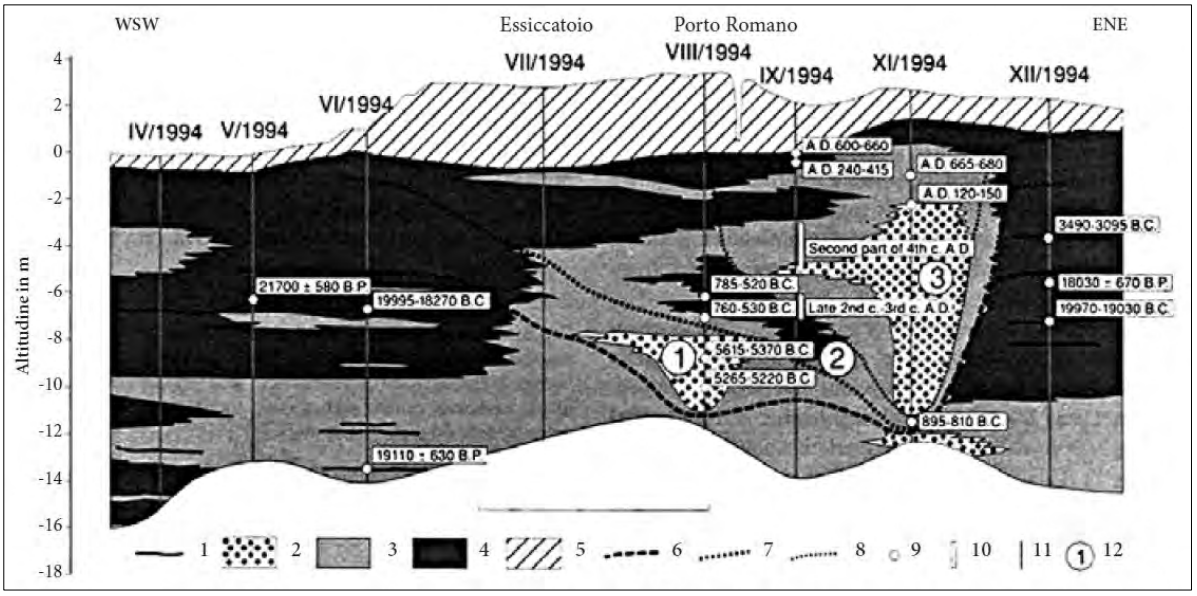


Fig. II.4 – Aquileia, sezione litostratigrafica WSW- ESE del centro antico (da MAROCCO 2009, fig. 5, p. 76). 1) torba; 2) ghiaia; 3) sabbia; 4) pelite; 5) materiale di riporto; 6) piana alluvionale dopo 18.000 anni a.C.; 7) piana alluvionale dopo 5000 anni a.C.; 8) piana a alluvionale dopo 800 anni a.C.; 9) paleo-canali.

Nel complesso, questi due fiumi dovevano aver costituito, tra IX sec. a.C. fino all'età imperiale, un ampio alveo, caratterizzato da depositi ghiaioso-sabbiosi, come si è appurato grazie ai carotaggi effettuati nell'ambito del progetto SARA, in particolare col sondaggio S9/1994 (fig. II.4 e fig. II.6)[32].

[27] ARNAUD-FASSETTA *et alii* 2003, pp. 235-238; SICHÉ *et alii* 2004; MASELLI SCOTTI 2013, pp. 89-91; MAROCCO 2009, p. 75. Attualmente il paleo alveo è occupato dal corso della Natissa, un fiume di risorgiva di modesta portata che, dall'età altomedievale (cfr. CARRE 2004, p. 202), occupò l'alveo del Natisone, impaludatosi probabilmente dall'età tardo antica.

[28] BONETTO 2004, p. 154, nota 13; MAROCCO 2009, p. 75.

[29] Sui ponti in questione cfr. BERTACCHI 2003, pp. 11-12; BRUSIN 1934, p. 25, fig. 17.

[30] MAROCCO 2009, pp. 76-77.

[31] MAROCCO 2009, p. 77.

[32] Sul sondaggio S9/1994: MASELLI SCOTTI, PARONUZZI, PUGLIESE 1999, pp. 87-90; PUGLIESE, MASELLI SCOTTI, FRANCHINI 1999, pp. 407-409; MAROCCO 2009, p. 75.

Ad ovest, non essendo presenti corsi fluviali naturali, la città venne delimitata da numerose canalizzazioni. Tra queste la principale era il cosiddetto "Canale Anfora", che fu realizzato artificialmente per scopi di bonifica e collegamento innanzitutto fluviale, in quanto, attraverso ulteriori canalizzazioni, era in connessione col *Natiso cum Turro*. In seconda battuta, il canale metteva direttamente in collegamento Aquileia con il mare, dato che andava a terminare direttamente nella Laguna di Marano, che era, a sua volta, direttamente connessa col Mar Adriatico[33]. Si deve a L. Bertacchi l'identificazione dell'Anfora con una di quelle *fossae* realizzate a fini di bonifica menzionate da Vitruvio[34], che dovevano essere state presenti, oltre che ad Aquileia, anche nei vicini centri di Altino e Ravenna. Il canale deve essere stato sicuramente realizzato contestualmente o in un momento di poco successivo alla fondazione della colonia[35], dato che segue il sistema centuriale romano nonché il tracciato della cinta repubblicana (M1)[36]. Recenti prospezioni ne hanno dimostrato la continuazione verso nord, con una chiara deviazione a gomito presso le mura repubblicane[37], che andava a collegarsi con un altro fossato,

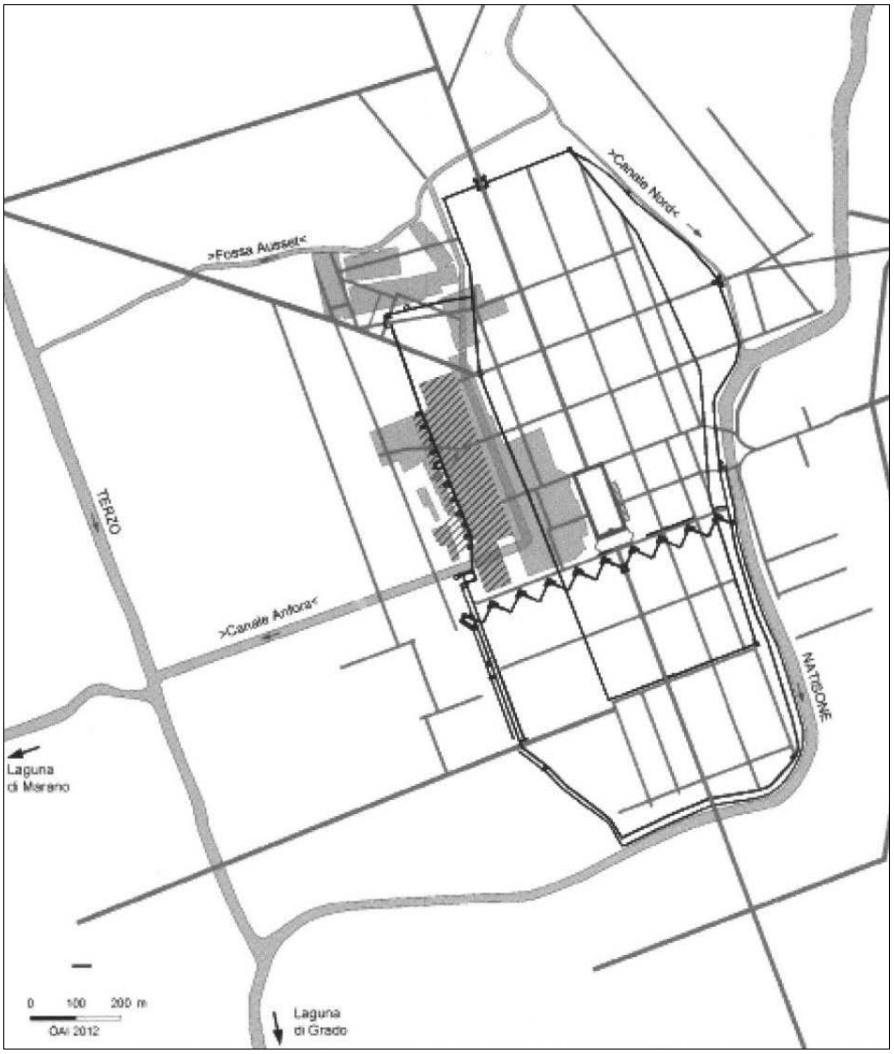


Fig. II.5 - Aquileia, pianta della città antica con il suo sistema di fiumi e canali ed il reticolato stradale (da GROH 2011, fig. 3, cc. 157-158).

[33] Sul Canale Anfora cfr. PREVIATO 2015, p. 25, nota 19 e bibliografia *ivi* riportata.

[34] VITR., I, 4, 11.

[35] STRAZZULLA 1989, pp. 218-220. L'ipotesi, recentemente avanzata in seguito allo scavo di un tratto mediano del canale (GADDI 2017), di una realizzazione avvenuta in età flavia o giulio claudia non è supportabile data l'estensione ridotta dell'area in cui si sono svolte le indagini (4 m² circa cfr. *ibidem*, p. 23). Inoltre, tra le ipotesi avanzate dagli autori (*ibidem*, pp. 33-34), non viene valutata la possibilità che l'assenza di consistenti materiali databile ad età anteriore al I sec. d.C. non sia da ascrivere ad un continuo dragaggio e scavo del canale che sarebbe stato oggetto di scarsa manutenzione solo dal I sec. d.C., momento in cui cominciano a depositarsi materiali sul fondo, non più rimossi.

[36] Sulle cinte murarie di Aquileia cfr. BONETTO 2004; 2009.

[37] Tale corso d'acqua è stato individuato grazie alle indagini geofisiche condotte dall'Istituto Archeologico Austriaco presso l'area del Circo (cfr. GROH 2011, cc. 161-162; GROH 2016, pp. 1-2).

corrente all'incirca in senso est-ovest, oggi ricalcato dal fosso Ausset. Quest'ultimo scorreva direttamente a nord della città romana ed era in collegamento, ad est, con il corso nord-orientale del *Natiso cum Turro* e ad ovest con il fiume di risorgiva Terzo (fig. II.5)[38].

A sud, infine, la città era ancora delimitata dalla prosecuzione sud-occidentale del *Natiso cum Turro*, il cui corso in questo punto fu chiaramente seguito dalla cinta medio imperiale (M2)[39] e tardo antica (M3). Tale brusca deviazione del tracciato fluviale sembra essere esito di una rettificazione antropica del fiume verso occidente realizzata in un periodo non meglio precisabile[40], ma che recenti rinvenimenti parrebbero collocarla prima del I sec. d.C.[41].

Nel complesso, Aquileia romana si configurò secondo un rettangolo allungato, orientato in senso N/NO – S/SE, che ad oriente segue, all'incirca, la conformazione imposta dai vincoli idrografici preesistenti, mentre ad occidente è delimitato dalle canalizzazioni antropiche, realizzate successivamente alla deduzione. La rete idroviaria Aquileiese si conformava quindi come un circuito chiuso in tutti i suoi lati che permetteva di circumnavigare la città attraverso l'intricato sistema di fiumi, canali e fossati di raccordo[42].

Dal punto di vista altimetrico, la città fu fondata in corrispondenza di una zona di alto morfologico rispetto al territorio circostante che fu, con tutta probabilità, determinante per la scelta insediativa al momento della deduzione dell'abitato romano. La zona più elevata, nella parte nord-orientale dell'abitato, sfrutta i paleo dossi fluviali del *Natiso cum Turro*/paleo Isonzo, mentre la porzione sud-occidentale doveva essere invece caratterizzata da un basso morfologico, che rese necessario l'apprestamento di importanti opere idrauliche, a fini di bonifica[43], quali il già citato Canale Anfora. La presenza di un settore così particolarmente depresso dal punto di vista altimetrico si deve al limitato deposito sedimentario delle alluvioni distali[44], che determinò la formazione di acquitrini, paludi e aree torbose, come ricordato dallo stesso toponimo della località "Marignane", sita ad ovest dell'abitato urbano[45].

Attualmente è tuttavia molto difficile proporre uno spaccato altimetrico preciso di come doveva essere la colonia di Aquileia al momento della fondazione, anche perché variazioni di quota nei diversi settori urbani potevano essere dovute non solo ad eventi naturali (alluvioni, subsidenza) ma pure ad attività antropiche: sono infatti documentate, per tutte le fasi storiche, attività di rialzo di piani pavimentali, legate ad episodi di costruzione o ricostruzione di edifici ed abitazioni[46]. Da quanto noto, se all'interno del circuito urbano, la zona centro orientale si attesta su quote di 3-4 m s.l.m.[47], la piana circostante, sia ad oriente che ad occidente, si presenta maggiormente depressa, con quote prossime a 0 m s.l.m. o addirittura poco al di sotto[48]. Tre le aree maggiormente depresse risultano comunque la zona del foro[49] (lo stilobate del portico est è collocato a 1,03 m s.l.m.)[50] e la zona dell'anfiteatro[51]. La quota dell'arena dell'anfiteatro si pone infatti ad appena 0,90 m s.l.m.[52].

---

[38] ROUSSE 2013, pp. 131-132; MASELLI SCOTTI 2013, p. 91; PREVIATO 2015, p. 25.

[39] Nel settore meridionale venne comunque mantenuto uno spazio tra la cinta muraria imperiale e la riva (cfr. BONETTO 2009, p. 88).

[40] CARRE 2004, p. 207.

[41] MASELLI SCOTTI 2013, p. 91.

[42] MAGGI, ORIOLO 2009, p. 167

[43] MASELLI SCOTTI 2013, p. 89; MASELLI SCOTTI 2014, pp. 321-322.

[44] ARNAUD-FASSETTA *et alii* 2003, p. 235.

[45] BONETTO 2004, pp. 158-160 e nota 32, p. 160.

[46] POLISCA 2016/2017, in particolare pp. 92-95.

[47] CENCIG, FRANCESCIN 2012, p. 9; ARNAUD-FASSETTA *et alii* 2003, p. 235.

[48] CENCIG, FRANCESCIN 2012, p. 9; MASELLI SCOTTI, PARONUZZI, PUGLIESE 1999, p. 81; BONETTO 2004, p. 160, nota 32.

[49] MASELLI SCOTTI 2013, p. 89; 2014, p. 321.

[50] POLISCA 2016/2017, p. 77.

[51] MASELLI SCOTTI 2013, p. 89; 2014, p. 321.

[52] POLISCA 2016/2017, p. 107.

3.2 - ETÀ MEDIO IMPERIALE, TARDOANTICA E ALTOMEDIEVALE

Con l'età medio imperiale il territorio Aquileiese subì profonde modificazioni sotto il profilo geomorfologico. In particolare, il corso del *Natiso cum Turro* andò incontro ad un progressivo impaludamento, con conseguente restrizione d'alveo e riduzione della portata idrica[53]. Ciò è in parte sicuramente dovuto all'opera di deviazione e avulsione fluviale voluta da Giuliano l'Apostata, in occasione dell'assedio di Aquileia condotto dall'imperatore d'Oriente nel 361 d.C.[54]. La presenza di intervalli torbosi nel carotaggio S9/1994, prossimo al corso del *Natiso cum Turro*, datati, in cronologia calibrata, tra 255-382 d.C. e 602-645 d.C., testimonierebbero infatti un progressivo impaludamento di questo tratto fluviale[55]. Ciò è inoltre confermato da dati archeologici: le torri della cinta imperiale (M2), denominate "TTT2", "TTT3" e "TTT4", costruite in appoggio al muro di cinta in un momento successivo all'assedio di Giuliano l'Apostata, sono costruite su strati di riporto che andarono a colmare il letto dell'antico fiume[56]. Inoltre, recenti scavi condotti in località Sandrigo presso la sponda orientale del porto fluviale di Aquileia, hanno dimostrato come in età tardoantica il fiume fosse certamente ridotto in portata idrica: in questo settore venne installata, dal IV sec. d.C., un'attività di lavorazione della canapa e di produzione della calce, come testimoniato da una calcara realizzata in parte direttamente al di sopra della rasatura dell'antica banchina di sponda orientale e in parte su livelli argillosi naturali in appoggio a quest'ultima, dimostrazione inequivocabile di come fosse già avvenuta, in questo periodo, la completa dismissione delle infrastrutture orientali del porto fluviale[57].

Anche nella zona occidentale della città sembra che alcune infrastrutture di bonifica vennero parzialmente dismesse in età medio-tardo imperiale. Il Canale Anfora, ad esempio, venne progressivamente disattivato in questo periodo, tramite ripetuti scarichi di materiali edilizi e macerie[58].

4 - RISORSE NATURALI, MATERIE PRIME E LORO IMPIEGO NELL'EDILIZIA AQUILEIESE

Il territorio circostante Aquileia offriva gran parte delle materie prime impiegate nell'edilizia antica.

L'argilla era facilmente reperibile nelle aree circostanti la città antica, dove infatti vennero ad impiantarsi diverse officine ceramiche e di laterizi, archeologicamente ben documentate[59]. Alcune fornaci si trovavano infatti poco fuori dalle mura urbiche, nelle località di Monastero, Fondo Fonzari e San Felice[60].

Ugualmente il legno era facilmente reperibile e largamente impiegato in virtù delle sue ottime qualità meccaniche, essendo un materiale con elevata resistenza a trazione e flessione. La flora del territorio aquileiese, tra l'età del ferro e quella romana, era caratterizzata dalla presenza di una foresta discontinua a quercia e carpino dominanti[61]. In particolare, il legno di quercia fu largamente impiegato nell'edilizia aquileiese, così come in tutte le aree di pianura dell'Italia Settentrionale[62]. Nelle aree golenali, con suoli a drenaggi minori, predominavano invece l'ontano, l'olmo e il frassino.

---

53 BOTTAZZI, BUORA 1999, p. 63; MAROCCO 2009, p. 75.

54 AMM. *Hist*. 21,12, 17: [...] *flumen laboribus avertitur magnis*.

55 MASELLI SCOTTI, PARONUZZI, PUGLIESE 1999, p. 89.

56 BONETTO 2004, pp. 185 e 189-190; CARRE 2004, p. 201; BONETTO 2009, pp. 89-90; GROH 2011, coll. 171-172. Sui restauri tardoimperiali delle mura Cfr. Cap. VI, §§ 1.2.2; 1.2.3.

57 COTTICA 2010; COTTICA *et alii* 2017, pp. 88, 93.

58 MASELLI SCOTTI 2014, p. 323.

59 FONTANA 2006, pp. 234-237; PREVIATO 2015, pp. 481-482.

60 PREVIATO 2015, p. 481 e nota 394.

61 L'analisi archeobotanica è condotta su campioni provenienti da livelli di età protostorica e romana nello scavo dell'Essiccatoio Nord (MASELLI SCOTTI, ROTTOLI 2007). cfr. inoltre MASELLI SCOTTI 2004, p. 23.

62 PREVIATO 2015, pp. 494-498 e bibliografia *ivi* citata.

Ghiaie, ciottoli e sabbie, impiegate nell'edilizia non solo come aggregato di miscele leganti, ma anche sciolte in stesure di preparazione pavimentale[63] o sottofondazione (c.d. sottofondazioni pluristratificate)[64], erano facilmente reperibili nei greti dei principali corsi fluviali che attraversavano la bassa pianura friulana. I depositi fluviali del *Natiso cum Turro*, individuati tramite i sondaggi geognostici del progetto SARA (in particolare col carotaggio S9/94) a quote comprese tra -12 e -2 m s.l.m., sono costituiti essenzialmente da sabbie e ghiaie petrograficamente e dimensionalmente del tutto compatibili con quelle impiegate ad Aquileia come aggregato nella produzione di malte di calce e calcestruzzi (fig. II.6, liv. 3 e fig. II.4)[65]. È possibile quindi supporre che parte delle ghiaie e sabbie impiegate in quest'ambito edilizio fossero reperibili *in loco*, direttamente lungo il fiume che scorreva in città o poco al di fuori le mura. Non è tuttavia da escludere che anche i depositi isontini costituissero un valido bacino di approvvigionamento di queste materie prime.

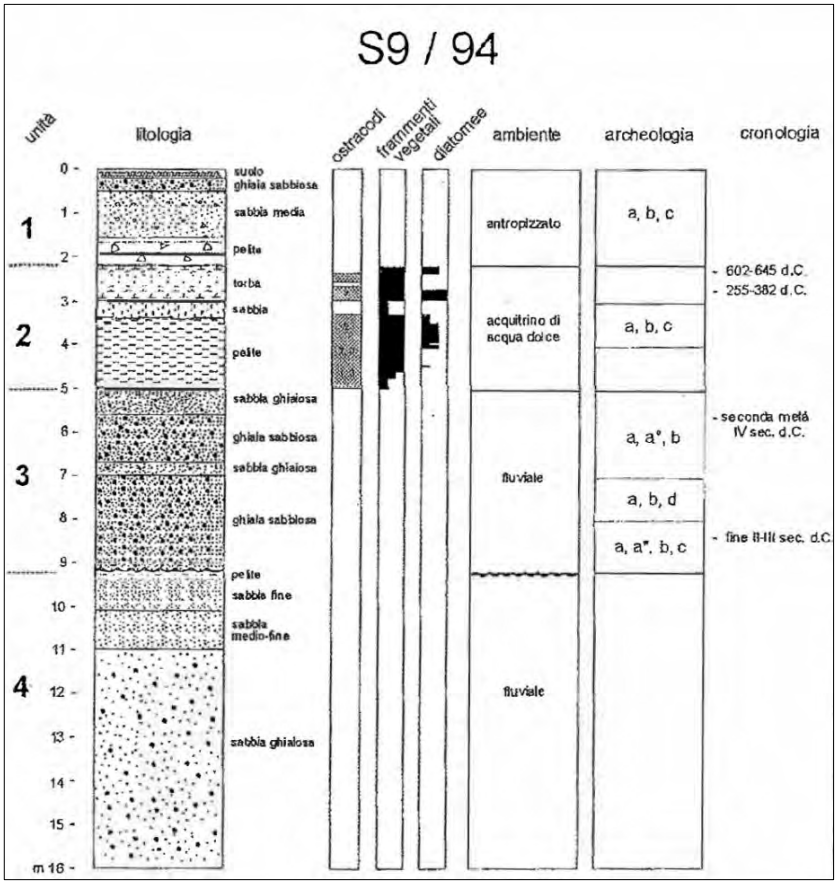


Fig. II.6 - Aquileia, caratteristiche sedimentologiche e paleontologiche della sequenza stratigrafica attraversata dal sondaggio S9/94, presso la confluenza dei *Natiso cum Turro* a NE del centro urbano (da MASELLI SCOTTI, PARONUZZI, PUGLIESE 1999, fig. 4, p. 85).

L'unico materiale impiegato nell'edilizia non reperibile *in loco* era, quindi, la pietra, tra cui va annoverato anche il marmo[66]. I più vicini bacini di approvvigionamento di pietra distano infatti circa una trentina di chilometri dal centro urbano aquileiese (fig. II.7)[67]. Si tratta delle cave del Carso triestino e del Carso goriziano da cui si estraevano calcari, frequentemente utilizzati come materiale edilizio, a scopo strutturale e decorativo, o altrimenti calcinati per la produzione calce da impiegare come legante nella preparazione di malte e calcestruzzi. Altri bacini, quali le cave dell'Istria e quelle del litorale triestino, erano inoltre facilmente raggiungibili per via ma-

[63] A riguardo cfr. DILARIA 2013/2014.

[64] PREVIATO 2012; BONETTO, PREVIATO 2013b; PREVIATO 2015, pp. 223-231.

[65] Sui bacini di approvvigionamento dei materiali costituenti le malte e calcestruzzi analizzati cfr inoltre Cap. VIII, §1.

[66] Con marmi si intende qui la definizione commerciale di pietra da taglio cristallina, compatta e lucidabile, generalmente costituita da rocce a prevalente costituzione carbonatica o silicatiche (serpentino).

[67] Approvvigionamento e impiego di materiali litici a fini edilizi ad Aquileia è il tema centrale della monografia a firma di C. Previato, dedicata ai sistemi costruttivi di Aquileia romana. Nello specifico su approvvigionamento e impiego della pietra cfr. PREVIATO 2015, pp. 411-457; BONETTO, PREVIATO 2013a.

rittima e vennero sfruttati per l'approvvigionamento di pietra soprattutto in un periodo precedente all'apertura delle cave di Aurisina e del Carso triestino, ovvero fino a quando questi territori non entrarono sotto il diretto controllo romano[68]. Altri studiosi ritengono invece che lo sfruttamento delle cave dell'Istria, così come di quelle del carso triestino e goriziano, sia iniziato dopo la spedizione contro gli Istri condotta da C. Sempronio Tuditano nel 129 a.C.[69].

Tuttavia, non essendo i calcari rocce particolarmente tenaci, in contesti aperti e soggetti alla forte usura (pavimentazioni di strade, basolati, ecc.), venivano spesso impiegati altri litotipi, quali le trachiti, che non erano presenti nel territorio friulano e pertanto dovevano essere importate dall'area veneta dei Monti Euganei[70].

Dalle Prealpi venete provenivano inoltre alcune altre pietre calcaree, quali la cosiddetta Scaglia Rossa. È questo un litotipo che, essendo facilmente tagliabile in lastre ed inoltre resistente all'usura ed agli agenti meteorici, veniva frequentemente impiegato come rivestimento pavimentale di spazi e corti scoperte[71].

Anche l'arenaria era usata in città come materiale da costruzione soprattutto nelle fasi di vita più antiche della colonia[72]. Tale pietra si poteva recuperare al margine meridionale dell'altopiano carsico, ovvero sulla fascia costiera del litorale tra Trieste e Pirano, caratterizzata da diffuse formazioni geologiche marnoso-arenacee (flysch).

Infine, il marmo era sempre importato[73]. Da quanto noto finora, l'impiego in città iniziò dalla seconda metà del I secolo a.C. quando questo materiale venne impiegato prevalentemente



Fig. II.7 – Mappa con indicazione dei bacini estrattivi di provenienza dei materiali lapidei utilizzati ad Aquileia (da PREVIATO 2015, fig. 265, p. 412).

per la statuaria o per decorazioni architettoniche, anche sotto forma di inserti nei rivestimenti pavimentali[74]. Le litologie principalmente attestate sono i marmi di Luni e quelli dell'area egea

[68] PREVIATO 2015, pp. 441-442. Cfr. inoltre considerazioni a Cap. IX, §§ 2.1 e 2.2.

[69] PREVIATO 2015, p. 442.

[70] Su approvvigionamento, impiego, e cronologia di utilizzo della trachite nella *X Regio* in età romana cfr. ZARA 2018. Cfr. inoltre GERMINARIO *et alii* 2018.

[71] PREVIATO 2015, pp. 442-446.

[72] PREVIATO 2015, pp. 449-450.

[73] Sul tema vedi ancora PREVIATO 2015, in particolare pp. 458-479.

[74] PREVIATO 2015, p. 479. Va comunque considerato che gran parte delle datazioni più antiche sono attribuite secondo criteri stilistici e non su base stratigrafica.

(Serpentino, Cipollino Verde, Verde Antico, Portasanta, Fior di Pesco, Rosso Antico, Pentelico), seguiti da quelli dell'Asia minore (Breccia corallina, Pavonazzetto, Proconnesio, Marmo Africano, Cipollino Rosso), dell'Africa (Giallo Antico, Rosso Antico, Granito Rosso d'Assuan). Sono invece raramente attestati i marmi provenienti dalla Gallia (Cipollino Mandolato, Bianco e Nero antico).

PARTE II

CAPITOLO III
LE MISCELE LEGANTI. TERMINOLOGIA, LESSICO E COMPONENTI

1 - LE MISCELE LEGANTI

1.1 - DEFINIZIONE

Con il termine "miscela legante" o "materiale cementizio" viene inteso un impasto di elementi inorganici e, talvolta, organici che, una volta mescolati con acqua, induriscono a contatto con l'aria (o talvolta anche in acqua), solidificandosi dopo un periodo di tempo variabile[1]. Le qualità fisiche (porosità, permeabilità ecc.) e meccaniche (resistenza a trazione, tenacità) di una malta sono quindi derivate dalle qualità intrinseche dei materiali utilizzati e delle diverse percentuali di questi nell'impasto.

La scelta di utilizzare il termine "miscela legante", in luogo del più comune termine di "malta" deriva dalla volontà di operare una distinzione tra due diversi tipi di miscele, in accordo con quanto riportato da R. Ginouvès e R. Martin nel "Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine". Gli autori operano una distinzione, a mio avviso condivisibile, tra malte e calcestruzzi (definiti appunto nell'insieme "miscele leganti" o "miscele essicanti") sulla base della dimensione degli elementi impiegati: le prime sono impasti in cui i clasti presenti non superano la dimensione di 5,0 mm; i secondi sono composti più grossolani, dove i clasti presenti superano, mediamente, la dimensione di 5,0 mm[2].

In questa sede verranno esposti i principali metodi di produzione delle miscele leganti impiegate in antico ed i rispettivi ambiti di applicazione.

1.2 - USI NELLA STORIA

I primi esempi di utilizzo di miscele leganti risalgono al 9000 a.C., quando composti a base calcica vennero impiegati in qualità di supporto di affreschi in alcuni edifici a Catal Huyuk in Asia Minore. Ancora nell'ambito della realizzazione di intonaci, in Egitto, dove il clima era secco e rare erano le precipitazioni piovose, vennero realizzate principalmente miscele a base di gesso. Le tecniche di cottura della calce e del gesso entrarono poi nella società minoica, e, da qui, vennero fatte proprie nelle culture greca ed etrusca.

Fu però con l'età romana che i materiali cementizi, principalmente quelli a base di calce, cominciarono dal III sec. a.C. o, più probabilmente, nel corso del II sec. a.C.[3], a venire sempre più largamente impiegati non solo con funzione di rivestimento, ma anche e soprattutto in ambito edilizio-costruttivo, per le preparazioni di pavimenti o nella realizzazione delle murature. Dalla fine del secondo sec. a.C., di pari passo con la conquista romana dei territori del Mediterraneo,

---

[1] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 50.

[2] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

[3] Nello Specifico sull'introduzione dell'*opus caementicium* nell'edilizia romana cfr. da ultimo MOGGETTA 2015.

l'impiego delle malte e dei calcestruzzi venne a diffondersi di pari passo con la deduzione di nuove colonie[4].

La tipologia delle miscele essiccanti può variare in base ai contesti di applicazione (miscele per allettamento, miscele di rivestimento, miscele pavimentali, miscele strutturali ecc.). Seppur non esistesse in antico alcuna rigida categorizzazione dei diversi composti, la dicotomia tra "miscela strutturale" e "miscela per rivestimento" doveva essere ben chiara ai costruttori antichi[5].

2 - ELEMENTI COSTITUENTI

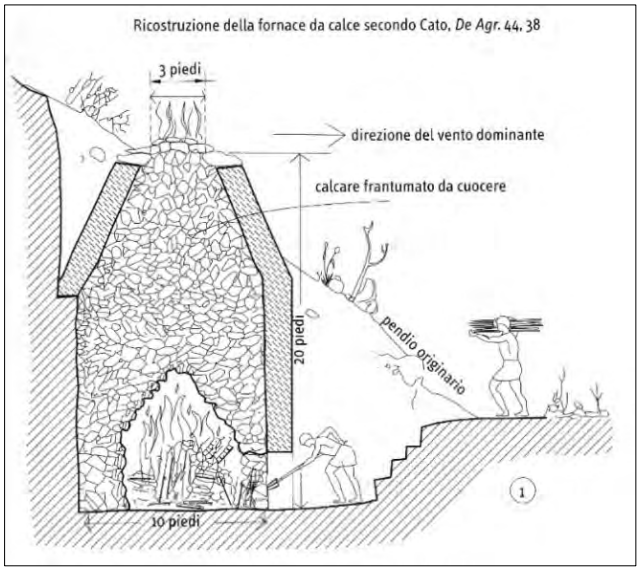


Fig. III.1 - Sezione di una calcara a fuoco intermittente sulla base del testo catoniano (da GIULIANI 2006, fig. 1, p. 211).

Secondo le norme moderne UNI 10924 standard[6], una miscela legante (sia essa una malta o un calcestruzzo) si può definire come un insieme di questi quattro elementi: a) legante; b) acqua; c) aggregati (eventuali); d) additivi (eventuali).

2.1 - LEGANTI

"I leganti sono materiali che, impastati con acqua, formano masse plastiche che induriscono per dar luogo ad un composto unico, dotato di compattezza, in grado di resistere alle sollecitazioni meccaniche e agli agenti atmosferici"[7]. Il principale legante usato nella storia è la calce, ma esistono anche altri tipi di leganti impiegati in antichità. Uno di questi è soprattutto l'argilla il cui impiego fu vastissimo in ogni ambito costruttivo.

2.1.1 - *La calce*

La calce**,** il legante più utilizzato in età romana, si ottiene dalla calcinazione a temperature di tra 800 e 900 °C di pietre calcaree. Il processo di cottura, sulla scorta di un famoso passo di Catone[8], avveniva in apposite fornaci che a causa delle lunghe operazioni di carico e scarico ed ai lunghi tempi di cottura delle rocce calcaree, avevano un funzionamento periodico (fig. III.1)[9].

[4] In generale sull'argomento cfr. CAGNANA 2000, p. 131; PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, pp. 19-22.

[5] Ad esempio, Vitruvio (*De arch*., II, 5, 1) ci informa che, a riguardo dei leganti da utilizzare negli impasti, era consigliato disporre di calci bianche e di qualità pregiata nelle opere strutturali, mentre calci di qualità inferiore si potevano utilizzare in tectoria cioè nei rivestimenti pavimentali e parietali. Cfr. nel dettaglio *infra*. Gli stessi consigli verranno poi ripresi nei compendi di Plinio (*N.H.,* XXXVI, 174) e successivamente da Cetio Faventino (IX).

[6] Le norme UNI sono emanate dall'Ente Nazionale Italiano di Unificazione che, dal 1997, ha sostituito le Commissioni di Lavoro Normativo, definite NorMaL, nella redazione delle norme nel campo della diagnostica sui Beni Culturali e nel definire la nomenclatura dei materiali utilizzati in tale settore.

[7] Per un'approfondita trattazione dei leganti impiegati in antico cfr. PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, pp. 27-61; COUTELAS 2010, pp. 15-18; 33-64; GIULIANI 2006, pp. 209-214

[8] CAT., *De agric.*, XXXVIII.

[9] BARAGLI 1998, p. 129. Si veda sull'argomento anche PETRELLA 2008, pp. 34 -36. Diversamente da quanto suggerito dalla Baragli (BARAGLI 1998, p. 129), le fornaci di calce a fuoco intermittente si distinguevano da quelle a fuoco

Catone sottolinea di privilegiare, nella scelta della pietra da calcina, quella contraddistinta da un colore quanto più bianco e meno macchiato possibile[10]. Sono queste le calci derivate da calcari puri (calci calciche), cioè quelli con alto contenuto di carbonato di calcio, costituito per lo più da calcite ($CaCO_3$), che in alcune formazioni può trovarsi in quantità pari o superiori al 95%[11]. Oltre ai calcari puri, potevano essere impiegate anche rocce di qualità leggermente inferiore, quali la dolomia, formate da carbonato di calcio e magnesio ($CaMg(CO_3)_2$)[12].

Se sottoposti a temperature di circa 900 °C, il carbonato di calcio ($CaCO_3$), o il carbonato di calcio e magnesio ($CaMg(CO_3)_2$), si trasformano rispettivamente in ossido di calcio (CaO), o in un'associazione di ossido di calcio e magnesio (CaO + MgO), liberando in aria anidride carbonica (CO_2), secondo la reazione che segue:

Carbonato di calcio

$$CaCO_3 + 900° \rightarrow CaO + CO_2$$

Carbonato di calcio e magnesio

$$CaMg(CO_3)_2 + 900° \rightarrow CaO + MgO + 2CO_2$$

Gli antichi non conoscevano la differenza tra i due processi chimici sopra esposti e definivano comunemente la calce prodotta come "calce viva"[13]. Dopo la cottura, la calce viva, ancora ad alte temperature (300 °C circa), veniva immersa in acqua dentro apposite vasche dove avveniva un'ulteriore reazione chimica che portava alla formazione di idrossido di calcio $Ca(OH_2)$, se la calce proveniva da calcari puri, o di idrossido di calcio e idrossido di magnesio $Ca(OH_2)$ + $Mg(OH)_2$ (brucite), qualora la calce utilizzata non provenisse da calcari puri. Si otteneva così la cosiddetta calce spenta (*calx macerata*) che, se tenuta in acqua, mantiene una consistenza fluida di colore biancastro.

Spegnimento della calce viva prodotta da carbonato di calcio puro

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH_2) + \text{calore}$$

Spegnimento della calce viva prodotta da un calcare magnesiaco o da una dolomia

$$CaO + MgO + 2H_2O = Ca(OH)_2 + Mg(OH)_2 + \text{calore}$$

Dopo la cottura la calce veniva lasciata a macerare per un certo periodo di tempo, e poteva poi essere utilizzata[14]. Una volta messa in opera, per fare presa con altri materiali, la calce deve essere mantenuta mescolata con acqua, ed è solo per mezzo della CO_2 atmosferica, che avviene quella reazione chimica tale da permettere la ricristallizzazione della calcite, con emissione di calore (fig. III.2). "In pratica si torna al calcare di partenza, tenacemente legato alle pietre o ai mattoni del muro", secondo la reazione[15]:

Presa della calce spenta da carbonato di calcio puro:

$$Ca(OH_2) + CO_2 = CaCO_3 + H_2O + \text{calore}$$

Presa della calce spenta da carb. di calcio e magnesio

$$Ca(OH)_2 + Mg(OH)_2 + 2CO_2 = CaCO_3 + MgCO_3 + 2H_2O + \text{calore}$$

---

continuo, non conosciute in antico, dove non avveniva alcuna interruzione nei processi di cottura della calce (PETRELLA 2008, p. 33).

[10] CAT., *De agr.*, XXXVIII, 2.

[11] Le calci dai calcari puri possono essere anche definite nella terminologia moderna *calci grasse*; le calci che presentano percentuali di magnesio e dolomia possono essere definite come *calci magre*. Una descrizione dettagliata dei rapporti chimici e delle modalità di produzione dei diversi tipi di calce è in PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, pp. 32-46.

[12] Inoltre, come attestato da Cetio Faventino, autore vissuto in età medio imperiale, era noto in antico che, oltre ai calcari, anche altre rocce fossero adatte al processo di calcinazione, quali l'*album*, il *tiburtinum*, il *columbinum fluviatile*, il *rubrum* e la *sfungia* (FAV., IX). Cfr. GRECO 2011, p. 100, nota 456. Non sono stati ancora condotti studi di dettaglio mirati all'identificazione nelle litologie attuali di questi materiali citati in antico.

[13] Il termine viene utilizzato già da VITRUVIO (*De arch*., VIII, 6, 8) e Plinio (*N. H.,* XXXI, 57; XXXVI, 181).

[14] Plinio ci informa che più l'impasto fosse stato a macerare nelle vasche, migliore era la calce spenta che se ne otteneva (PLIN., *N. H*., XXXVI, 176).

[15] BROGIOLO, CAGNANA 2012, p. 105.

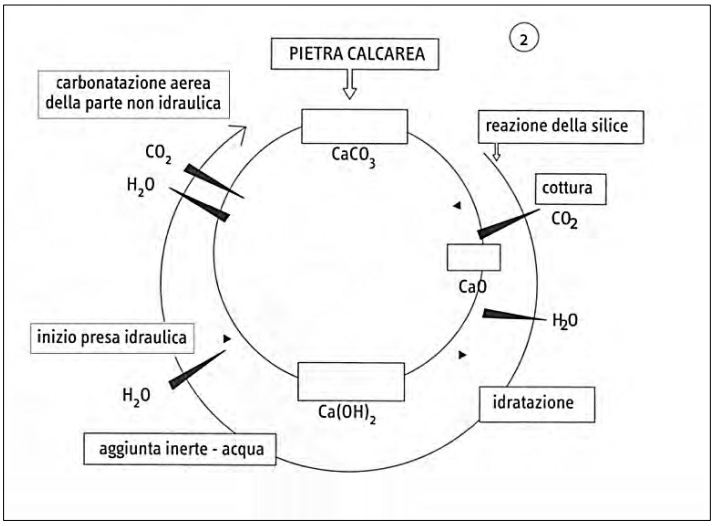


Fig. III.2 – Rappresentazione grafica del "ciclo della calce", dalla calcinazione pietra calcarea al processo di carbonatazione (da GIULIANI 2006, p. 211, fig. 2).

La calce prodotta con questo processo viene detta *aerea*, poiché fa presa solo a contatto con l'aria, ed è così definita per distinguerla da quella idraulica. Quest'ultima si ottiene tradizionalmente tramite calcinazione di rocce calcareo-marnose, ossia contenenti alte percentuali di argilla, che, una volta cotte ad elevatissime temperature (circa 1100 °C), formano calci con caratteristiche idrauliche che possono fare presa anche in ambiente in cui è presente acqua[16]. È quindi l'argilla stessa che fornisce le qualità idrauliche all'impasto, perciò la quantità di argilla presente nella roccia calcarea è direttamente proporzionale alla idraulicità della calce marnosa una volta cotta[17].

2.1.2 - *Il gesso*

Il gesso è una roccia sedimentaria di origine chimica, appartenente alla classe delle evaporiti e si trova, in natura, sotto forma di solfato di calcio biidrato ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) in formazioni originate in seguito all'evaporazione dell'acqua in bacini chiusi.

Legante molto utilizzato in regioni sud-occidentali del Mediterraneo quali l'area egea e l'Egitto[18], il gesso, essendo un materiale di facile cottura e facilmente reperibile, veniva lodato nelle fonti greche per la velocità con cui faceva presa[19].

La cottura a temperature abbastanza basse (130° C) permette infatti di ottenere un solfato di calcio semi-idratato ($Ca\ SO4 \cdot 0{,}5H_2O$), comunemente definito "gesso a presa rapida", per la particolare velocità con cui solidifica. Venne molto utilizzato nella preparazione degli intonaci parietali e per le rifiniture scultoree[20].

2.1.3 - *L'argilla*

Secondo la normativa in uso[21], anche l'argilla può essere considerata un debole legante, che venne spesso utilizzato per costruzioni povere[22]. Questo tipo di legante trovò larga diffusione nel mondo antico. È infatti un sedimento facilmente reperibile in natura ed estremamente fine (i granuli hanno diametri di dimensioni inferiori a 2 micrometri). Se idratata, l'argilla risulta piuttosto plastica ma quando fa presa diviene tenace, soprattutto se mescolata con una componente di calce.

[16] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 52.
[17] *ibidem*, p. 64.
[18] Sugli impieghi e produzione dei leganti gessosi nell'antichità cfr. SERSALE 2001; PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, pp. 46-51. Per una rassegna degli impieghi del gesso nella trattatistica latina cfr. GRECO 2011, *passim*.
[19] Teofrasto (*De lapid*., IX, 62-69), fornisce indicazioni sulla calcinazione del gesso, γυψος, in apposite fornaci.
[20] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 64.
[21] Norma UNI 10924, 2001.
[22] MENICALI 1992, pp. 103-107; CAGNANA 2000, pp. 125-126; PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 59; HOBBS, SIDDALL 2011, pp. 36-41

2.2 - ACQUA

L'acqua è l'elemento necessario per rendere possibile il processo chimico di carbonatazione della calce. Dalla quantità di acqua in una miscela essiccante dipendono la velocità di solidificazione, l'evaporazione e la fluidità di quest'ultima, così come influiscono la grandezza, la qualità e la porosità degli aggregati (ad esempio, aggregati molto porosi assorbono molta acqua e richiedono quindi un dosaggio maggiore di quest'ultima). È comunque, in genere, valida l'equazione "il volume d'acqua necessario all'impasto cresce con l'aumento della quantità di aggregato e con il grado di finezza del legante"[23].

Per l'impasto preparatorio di miscele leganti è consigliabile l'uso di acqua quanto più pura possibile che non contenga solfati, cloruri e nitrati, in quanto ne rallentano l'asciugatura, producono efflorescenze e diminuiscono la resistenza meccanica dopo la presa e l'indurimento[24]. Essendo fortemente salata, l'acqua di mare è inoltre vivamente sconsigliata per impastare una malta o un calcestruzzo, a causa della elevata presenza di cloruro di sodio che, essendo particolarmente igroscopico, lascia i manufatti umidi per lungo tempo con formazione di croste e cristallizzazioni bianche sulla superficie[25]. Recenti studi dimostrano però come l'utilizzo di acqua salmastra con contenuto di NaCl compreso tra 0,8 e 8% tot. possano migliorare le caratteristiche di alcuni composti, andando ad interagire inoltre con la componente calcica[26].

Infine, anche la temperatura atmosferica influisce sul tasso di evaporazione e quindi anche su quello di solidificazione della malta. Ad esempio, durante le stagioni umide la quantità di acqua necessaria è inferiore rispetto alla stagione calda, quando ne è richiesto un volume maggiore nella miscela per l'accelerata evaporazione[27].

2.3 - AGGREGATI

Come aggregati vengono considerati, per definizione[28], tutti quei materiali naturali o artificiali che, una volta impastati in una malta o un calcestruzzo, formano legami chimici con la componente legante e permettono di evitare, una volta che l'acqua è evaporata, la formazione di fratture nel composto. Gli aggregati possono essere distinti in: a) sabbie e ghiaie (marine, fluviali, di cava); b) frammenti di rocce; c) materiali antropici ridotti allo stato di frammenti o polvere (ceramiche, argille cotte, laterizi sminuzzati)[29] a cui di può aggiungere anche d) materiali inorganici di origine animale (bioclasti), quali le conchiglie.

Dalla consistenza, quantità e tipo di aggregato dipendono alcune caratteristiche fisiche (porosità, forma, dimensione, compattezza, durabilità, composizione, umidità) e meccaniche della malta (resistenza a compressione, resistenza a trazione, tenacità)[30].

Il più comune tra gli aggregati usati nell'antichità è la sabbia che può essere descritta come un materiale allo stato granulare costituita da rocce o singoli minerali di natura e genesi differente in base all'area territoriale[31].

Le sabbie e le ghiaie possono essere al loro interno suddivise in classi in base alla distribuzione granulometrico-dimensionale. Secondo la scala definita da W. Wentworth[32], con il termine *sabbie* si definiscono quegli elementi di granulometria compresa tra gli 0,063 mm ed i 4,00 mm, a loro volta sub-suddivise in sabbia grossa, sabbia media, sabbia fina, sabbia ultrafina; le

[23] MENICALI 1992, p. 103.
[24] GIULIANI 2006, p. 220; PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 101.
[25] MENICALI 1992, p. 127.
[26] KARIM, JAHANGIR, HOQUE 2017, p. 8.
[27] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 103.
[28] Norma UNI 10924, 2001.
[29] MENICALI 1992, pp. 131-132.
[30] Sugli aggregati cfr. PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, pp. 94-100.
[31] GIULIANI 2006, p. 214.
[32] WENTWORTH 1922.

sabbie si distinguono invece dai limi e argille in quanto questi hanno dimensione sempre inferiore ai 0,063 mm; con ghiaie sono infine definiti i frammenti rocciosi arrotondati di dimensione superiore ai 4,00 mm ed inferiori ai 200,00 mm (tab. III.1; fig. III.3).

Intervallo dimensionale (metrico)	**Classi granulometriche**
> 256 mm	Massi (Boulder)
256 - 64 mm	Ciottoli (Cobble)
64 - 4 mm	Ghiaia (Pebble)
4 - 2 mm	Ghiaia molto fine (Granule)
2 - 1 mm	Sabbia molto grossolana (Very coarse sand)
½–1 mm	Sabbia grossolana (Coarse sand)
¼–½ mm	Sabbia media (Medium sand)
125–250 µm	Sabbia fine (Fine sand grain)
62,5–125 µm	Sabbia molto fine (Very fine sand grain)
3,90625–62,5 µm	Limo (Silt)
< 3,90625 µm	Argilla (Clay particle)

Tab. III.1 - Tabella di riferimento granulometrico su base dimensionale dei sedimenti (rielaborata da WENTWORTH 1922, tab. 1, p. 381).

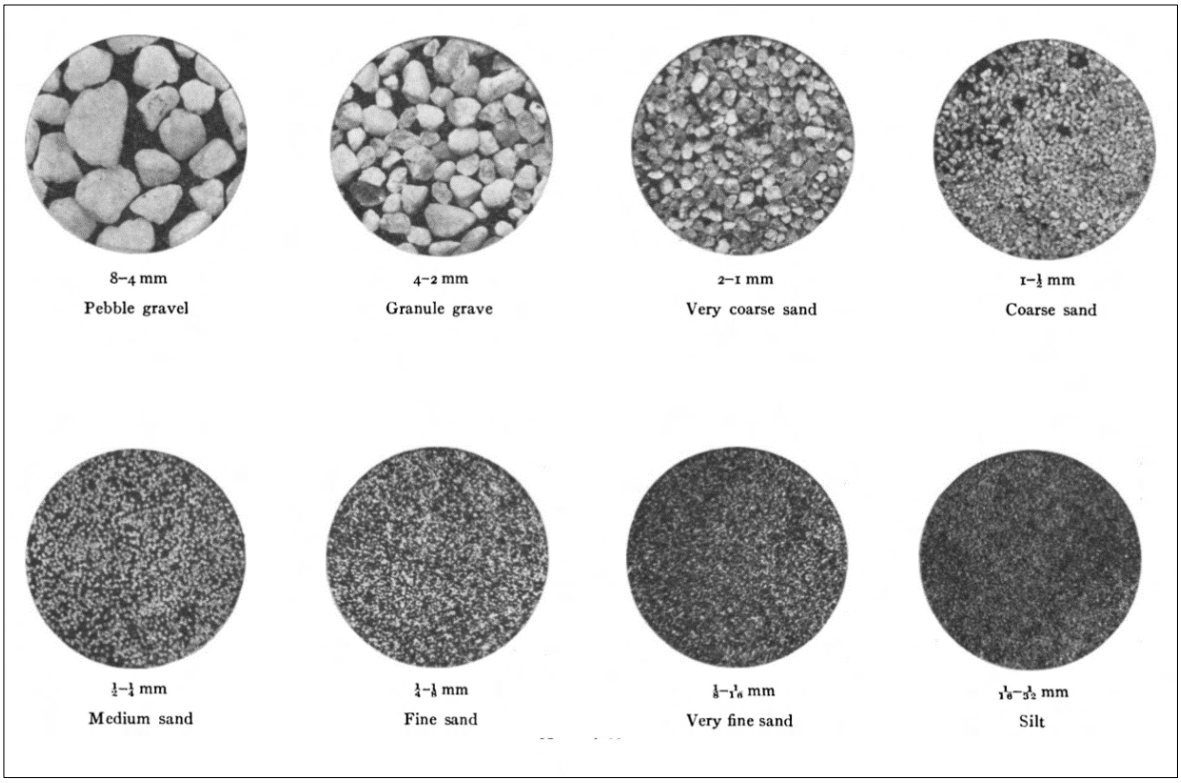


Fig. III.3 - Classificazione terminologica dei sedimenti su base dimensionale (da WENTWORTH 1922, fig. 3, p. 388).

Le classificazioni di un aggregato possono essere basate anche su qualità fisiche, morfologiche e meccaniche di quest'ultimo. Ad esempio, la forma è uno degli aspetti di distinzione principali, dato che forme sferoidali sono tipiche di sabbie marine e fluviali, mentre forme spigolose dei granuli sono spesso esito del processo di frammentazione o macinazione di rocce.

Non è detto, inoltre, che una malta buona debba impiegare un solo tipo di aggregato; è anzi dimostrato come la mistione di aggregati a granulometria differente permetta di riempire in maniera efficace i vuoti presenti nell'impasto, evitando quindi la formazione di fessurazioni durante la presa, e riduca la porosità della malta[33].

[33] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, pp. 94 - 95.

SPESSORE MALTA	% AGGREGATO
> cm 2,0	75-80%
cm 1-2	65-70%
mm 1-2	50%

Fig. III.4 - Rapporti consigliati tra legante/aggregato in base allo spessore della malta (da CAGNANA 2000, p. 129).

Le percentuali consigliate di sabbia da utilizzare all'interno di una miscela essiccante variano inoltre in base allo spessore della stesura prevista. Miscele per spessori ridotti dovrebbero presentare maggiori concentrazioni di calce rispetto a quelle per spessori maggiori (fig. III.4). Infatti, quanto maggiore è lo spessore di una stesura in malta o calcestruzzo, tanto più aumenta il ritiro in fase di presa e diviene fondamentale la presenza di aggregato, onde evitare crepe e fessurazioni[34].

Come era noto già in antico, alcuni aggregati, quali le ceneri vulcaniche piroclastiche o i frammenti fittili, andando ad interagire chimicamente con il legante, garantivano una maggior resistenza meccanica ai composti e fornivano un'ottima impermeabilizzazione, consentendone la presa anche in ambiente marino[35]. Tale caratteristica è dovuta alla presenza, in questi materiali, di silice (SiO_2) ed allumina (Al_2O_3) che, andando ad interagire con la calce spenta ($Ca(OH)_2$) durante il processo di presa, portavano alla formazione di silicati di calcio idrati (C-S-H), alluminati di calcio (C-A-H), silico-alluminati di calcio idrati (C-A-S-H) o solfo-alluminati/ferro-alluminati di calcio idrati (AFm)[36].

Il processo era ben noto agli antichi ed ha assunto, nella letteratura moderna, il nome di "reazione pozzolanica" in ragione della *pulvis puteolana*, una particolare polvere che, come tramandano Vitruvio e Plinio, prendeva il nome dal luogo da cui si cavava, la Baia campana di Pozzuoli ed era consigliata soprattutto per la realizzazione di calcestruzzi idraulici per i moli a mare (fig. III.5)[37].



Fig. III.5 - La pozzolana flegrea, di colore grigio (da LANCASTER 2005).

Tuttavia, oggi sappiamo che anche altre erano le ceneri vulcaniche con proprietà pozzolaniche note ed usate in antico. Tra queste vi erano le *harenae fossiciae***,** descritte da Vitruvio come delle sabbie di cava di colore rosso, nero, bruno chiaro e scuro che andavano preferite alle sabbie di provenienza fluviale o marina perché permettevano di ottenere composti particolarmente tenaci e duraturi. Queste particolari sabbie di cava sono state riconosciute tramite l'analisi filologica/geologica comparata nelle ceneri vulcaniche piroclastiche delle eruzioni plioceniche dei Colli Albani e comunemente definite come Pozzolane Rosse, Pozzolane Nere, e Pozzolanelle (fig. III.6)[38], che vennero largamente impiegate nella produzione di miscele leganti a Roma e non solo. Altri depositi piroclastici sicuramente cavati in antico e impiegati per la produzione di miscele leganti sono i depositi vulcanici delle eolie e dell'Isola di Pantelleria, le cui scorie erano usate per realizzare rivestimenti di cisterne a Cartagine già dall'età punica[39].

Oltre a queste, nella letteratura tecnico-ingegneristica e di stampo archeometrico vengono citate tutta un'altra serie di rocce o ceneri vulcaniche piroclastiche che presentavano caratteristiche pozzolaniche quali la Terra di Santorini e Trass di Renania[40]. Il Giuliani riporta inoltre come nel Sannio romano si usasse una graniglia fossile prelevata dai paleo laghi[41] che può essere

[34] CAGNANA 2000, p. 129.

[35] Sui processi di reazione pozzolanica vedi nel dettaglio §3.

[36] Cfr. nel dettaglio *infra*.

[37] VITR., *De arch.*, II, 6, 1-2; V, 12, 2; ulteriori chiari riferimenti alla *pulvis puteolana* sono in PLIN., *N. H*. XXXV, 166; VIRG., *Aen*., IX, 691-709; STRAB., *Geog*., V, 6, 4; ISID., *Etym*., XVI, 1, 8. Cfr. inoltre Cap. VI, §4.6 e Cap. VIII, §1.2.1.2.

[38] GIAVARINI 2005, pp. 106-109; JACKSON, KOSSO, MARRA, HAY 2006; JACKSON *et alii* 2007; D'AMBROSIO *et alii* 2015.

[39] SCHÖN, SCHÄFER, HEINRICHS, GERDES 2012; SCHÖN 2014, pp. 203-212.

[40] ARCOLAO 2001, p. 19, nota 25; MENICALI 1992, p. 147; IMBRIGHI 1992, p. 163.

[41] GIULIANI 2006, p. 216; sull'uso del tu

forse ricondotta alle diatomee altamente silicatiche. Tuttavia, sono ben poche le evidenze sperimentali dell'uso intenzionale di questi materiali nelle miscele leganti di età romana e precedente.



Fig. III.6 - Tipologie di pozzolane romane: A. Pozzolanella; B. Pozzolana Nera; C. Pozzolana Rossa (rielaborata da LANCASTER 2005).

Diversi documenti archeologici dimostrano invece come la cenere animale o vegetale, in virtù della natura altamente silicatica, fosse un materiale adatto alla produzione di miscele pozzolaniche e fosse stato diffusamente impiegato per il confezionamento di malte a carattere di rivestimento di cisterne e strutture idrauliche a Cartagine e, più in generale, nell'occidente mediterraneo nell'area di influenza punica, ma l'origine si deve ascrivere a conoscenze tecniche fenice di area levantina[42].

Si osserva da quanto presentato come, nel complesso, i materiali con proprietà pozzolaniche usati in antico siano numerosi ma anche molto diversi tra loro dal punto di vista della genesi, della composizione chimica, della struttura, della natura mineralogica e dell'origine geologica. Tali fattori precludono la possibilità di classificare in maniera semplice e agevole i materiali pozzolanici antichi, cosa ancora più difficile se si aggiungono poi quelli moderni (*fly ash*, *silica fume* ecc.)[43].

2.4 - ADDITIVI

"Per additivo si intende una sostanza aggiunta alla miscela costituente la malta, al fine di migliorarne le caratteristiche, la lavorabilità, le prestazioni"[44].

Gran parte ha origine organica vegetale (steppa, cenere, olii, resine) o animale (grasso animale). Alcune di queste proprietà erano conosciute sicuramente già in antico: dai trattatisti latini veniva consigliato l'utilizzo di fibre vegetali, quali la paglia (*palea*), crine, o la stoppa con funzione degrassante e di alleggerimento negli impasti[45]. Evidenze dell'uso di questi materiali provengono dai campioni analizzati in questo studio. Anche il carbone e, soprattutto, la cenere di origine animale o vegetale erano conosciuti in virtù del loro potere impermeabilizzante[46] e ne troviamo diffusa applicazione diffusa nell'ambito della produzione di malte di rivestimenti di strutture idrauliche nel Mediterraneo di ambito culturale fenicio-punico[47].

---

[42] Cfr. da ultimo LANCASTER 2019; pp. 35-38; SECCO *et alii* c.s.

[43] FURLAN, HOUST 1980, p. 29; MASSAZZA 2004, pp. 471-472; TEDESCHI 2010, pp. 45-46.

[44] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 104.

[45] Sull'uso di paglia e crine cfr. CAT., *De agr*. XIV, 3; 128; VITR., *De arch*., V, 10, 2-3; X, 15, 1; II, 1, 5; II, 3, 1; II, 4, 3; sulla stoppa cfr. PALL., *Op. agr*., I, 40, 2.

[46] Vitruvio fa menzione dell'uso di malte di calce e cenere per l'impermeabilizzazione di giunti di condotte idriche (*De arch*., VIII, 6, 9). Su questo aspetti cfr. inoltre PALL. *Op agr*. IX, 11, 3.

[47] Cfr. da ultimi LANCASTER 2015, pp. 27-29; LANCASTER 2019, pp. 35-38. Le qualità pozzolaniche delle miscele additivate con ceneri sono state recentemente analizzate soprattutto in relazione ai rivestimenti di cisterne (LANCASTER 2012, pp. 146-150; SECCO *et alii* c.s.).

Non abbiamo alcuna evidenza nei casi analizzati in questo studio dell'utilizzo di alcune sostanze proteiche naturali citate all'autore tardoantico Rutilio Palladio quali il sangue di bue, il grasso animale, l'olio, la pece, la cera[48] a cui si aggiunge la morchia di cui fa menzione per primo Catone[49] che dovevano fornire un'azione areante ed idrofobica agli impasti, nonché una maggiore adesione, in virtù di tensioattivi che permettono la formazione di bolle d'aria[50].

3 – PRINCIPALI FENOMENI DI INTERAZIONE LEGANTE/AGGREGATO NELLE MISCELE LEGANTI

Tra i principali processi di neoformazione derivati dall'iterazione tra leganti carbonatici e gli aggregati in malte antiche e moderne, uno di quelli meglio conosciuti è senz'altro la c.d. "reazione pozzolanica" che in antico era empiricamente connessa alla produzione di miscele con proprietà idrauliche o impermeabilizzanti. L' attività pozzolanica in un materiale cementizio è una misura del grado di reazione tra un materiale pozzolanico e l'idrossido di calcio $Ca(OH)_2$ in presenza di acqua, secondo la formula:

$$Ca(OH)_2 + H_4SiO_4 \rightarrow CaH_2\ SiO_4 \cdot 2H_2O$$

che può essere riassunta in notazione abbreviata dei parametri chimici:

$$CH + SH \rightarrow C\text{-}S\text{-}H$$

Il prodotto C-S-H è un idrato di silicato di calcio. La sillabazione indica come la stechiometria del rapporto Ca/Si o C/S e il numero di molecole d'acqua possano variare nei diversi casi[51].

Molti materiali pozzolanici possono contenere anche alluminati, $Al(OH)_4$, che interagiscono con l'idrossido di calcio e l'acqua determinando così la formazione di idrati di alluminato di calcio come $C_4\,AH_{13}$, $C_3\,AH_6$, anche in questo caso descrivibili come C-A-H in quanto non presentano rapporti stechiometrici sempre stabili nelle componenti[52].

Infine, la combinazione di alluminati e silicati, possono dare vita alla formazione di silicoalluminati di calcio idrati (C_2ASH_8), spesso descritti come C-A-S-H, mineralogicamente rappresentati da Al-tobermorite o phillipsite[53].

In presenza di gruppi anionici come solfato, carbonato o cloruro, tra gli alluminati di calcio idrati possono formarsi fasi di tipo AFm. Queste sono fasi a base di alluminio, ossido di ferro, e monosolfati, che chimicamente possono essere espressi con formula semplificata $3CaO \cdot (Al, Fe)\ 2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot {}^{n}H2O$.

L'eterogeneità che caratterizza le pozzolane, unita alla complessità dei fenomeni che avvengono durante il processo di idratazione, non permette di definire un modello dell'attività pozzolanica, bensì solo di identificare dei trend generalmente validi[54].

La reazione pozzolanica è una reazione a lungo termine e il processo è spesso irreversibile. Nonostante la difficoltà di seguire l'evoluzione delle fasi della pozzolana attiva nel processo di idratazione nel corso del tempo, il progresso della reazione pozzolanica è generalmente valutato in termini di diminuzione, all'interno del sistema, di calce libera o aumento di silice e allumina[55]. È quindi necessaria una quantità sufficiente di ione calcio libero e un pH elevato (> 12) perché la reazione avvenga[56]. Questo perché un pH particolarmente alcalino favorisce la solubilità di ioni silicio e alluminio, altrimenti stabili.

---

[48] PALL, *Op agr*., I, 17, 3, I, 40, 1-3; Sulla natura dei particolari additivi citati da Palladio cfr. GRECO 2011, pp. 134-136. Ma sull'uso della pece cfr. inoltre VITR., *De arch*. VII, 4, 2.

[49] CAT., *De agr*., 92.

[50] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 106

[51] HOBBS, SIDDAL 2011, p. 46.

[52] *Ibidem*.

[53] JACKSON *et alii* 2017.

[54] MASSAZZA 2004, p. 488.

[55] MASSAZZA 2004, p. 487.

[56] CHERIAN, ARNEPALLI 2015.

I materiali pozzolanici sono pertanto quelli che debbono presentare elevati tenori di SiO_2, Al_2O_3 e Fe_2O_3 (> 70% in wt). Inoltre, è noto che una macinazione prolungata migliora le proprietà pozzolaniche dei materiali in quanto aumenta le superfici di interazione tra la componente d'aggregato e quella legante[57]. La reazione pozzolanica inoltre permette ai composti di fare presa anche in ambiente umido/marino migliorandone inoltre le proprietà fisico-meccaniche e la tenacità complessiva dei composti, tanto che recenti studi dimostrano come una miscela pozzolanica possa essere anche da cinque a otto volte più tenace rispetto alle miscele non pozzolaniche[58].

Un pH alcalino può, in alcuni casi, determinare anche l'attivazione di fenomeni di reazione della frazione silicatica (ASR - *alkali-silica reaction*)[59] o carbonatico-dolomitica (*alkali-carbonate reactions*)[60], determinando l'alterazione delle componenti originali con la formazione di fasi secondarie di neoformazione, paracristalline. La combinazione dei due fattori può dar luogo alla formazione di magnesio silicati idrati, ossia fasi M-S-H paracristalline[61], che entrano poco o per nulla in reazione con la componente calcica dei leganti.



Fig. III.7 - Roma. Ipogeo di Trebio Giusto (IV sec. d.C.). Operai intenti alla stesura di diverse tipologie di miscele leganti (Dal web).

4 - LE PRINCIPALI TIPOLOGIE DI MISCELE LEGANTI IN EPOCA ANTICA

Le miscele leganti possono essere innanzitutto distinte in base al rapporto tra legante ed aggregato. Sappiamo che gli autori antichi forniscono diverse proporzioni di quelli che dovevano essere gli elementi presenti nell'impasto. La standardizzazione dei rapporti tra calce ed aggregato qui proposta, segue quanto consigliato dalle fonti storiche, normalizzando un dato che tuttavia non ricorreva però mai del tutto uguale nelle indicazioni forniteci dagli autori antichi[62]. In base alle norme presentate nel *Dictionnaire methodique de l'architecture Grecque et romaine*[63], il rapporto tra legante ed aggregato nelle miscele essiccanti è stato standardizzato secondo quanto segue: i) *miscele normali*: rapporti sono di 1 porzione di legante (calce, gesso ecc.) e 2 di aggregato (sabbia, ghiaie) (33% legante, 67% aggregato); ii) *miscele grasse,* se nell'impasto c'è meno aggregato rispetto alle percentuali della miscela normale (legante > 33%, aggregato < 67%); iii) *miscele magre,* se nell'impasto c'è più aggregato rispetto alle percentuali della miscela normale (legante < 33%, aggregato > 67%).

Diverse sono le tipologie di miscele leganti utilizzate in antico e prodotte dalla combinazione dei diversi elementi costituenti precedentemente delineati (fig. III.7).

---

[57] TEDESCHI 2010, p. 47.
[58] LANCASTER 2005, p. 51.
[59] CHIKAWA, MIURA 2007.
[60] SWENSON, GILLOTT 1964.
[61] BREW, GLASSER 2005; ROOSZ *et alii* 2015.
[62] Su questi aspetti cfr. *Infra*.
[63] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 50. Gli autori francesi propongono I rapporti di proporzione solo a riguardo delle percentuali da calce e sabbia presenti nell'impasto senza considerare altri tipi di legante/aggregato. Dal mio punto di vista è preferibile mantenere tali proporzioni ma generalizzandole per qualsiasi tipo di legante/aggregato (di dimensioni minute, senza considerare elementi lapidei o frammenti di laterizi, che come già presentato nelle fonti erano contati come un'aggiunta all'impasto miscelato) come presentato da alcuni autori (Cfr. PECCHIOLI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 113), che tuttavia non forniscono le proporzioni specifiche di tali rapporti.

4.1 - MALTE

Con il termine "malta" vengono definiti tutti quei tipi di miscela legante in cui gli aggregati sono assenti (*malte semplici*)[64] o, se invece sono presenti (*malte composte*), non superano – mediamente – la dimensione di 5,0 mm[65]. Generalmente le malte possono, a loro volta, distinguersi in base alla qualità ed alla quantità degli elementi presenti nell'impasto.

Gran parte delle miscele leganti prodotte in antico erano realizzate con un legante calcico. Vengono quindi definite *aeree* tutte quelle miscele che non utilizzano aggregati con qualità pozzolaniche (rocce pozzolaniche, tritume laterizio) o leganti con qualità idrauliche quali la calce idraulica ed il cemento (non conosciute in antico). Tali malte solidificano perciò solo a contatto con l'aria[66]. Si distinguono quindi le miscele *idrauliche* in quanto queste ultime possono far presa anche in acqua. Altre malte particolari vengono qui di seguito definite.

Grassello. Il grassello è la più semplice delle malte a base calcica. Consiste in un impasto di calce ed acqua, di tipo aereo e di consistenza piuttosto densa. Viene utilizzato generalmente nelle finiture come, ad esempio, negli intonaci e decorazioni parietali generiche. In base alle proporzioni tra calce e acqua nell'impasto si è soliti distinguere il *latte di calce* (20 – 30 % acqua nell'impasto), di consistenza più fluida del grassello vero e proprio, utilizzato per le scialbature parietali[67]o per la tinteggiatura delle vesti[68], e *l'acqua di calce,* una soluzione limpida, che Plinio consiglia per le sue qualità disinfettanti e medicinali[69].

Malta di calce. La malta di calce "viene confezionata miscelando calce, aggregato in dosi proporzionate al tipo di impiego, ed acqua in quantità sufficiente a rendere il composto lavorabile e a provocare il processo di presa e indurimento che avviene solo in presenza d'aria"[70]. Queste malte sono tra le più utilizzate in età antica, in ambito strutturale e non solo. La grandezza degli aggregati visibili nell'impasto non deve, per convenzione, superare i 5,0 mm[71].

Tipi particolari di malte di calce si possono considerare le *malte bastarde*. Queste utilizzavano calce mista a gesso come legante ed erano fortemente sconsigliate da Vitruvio, a causa dei differenti tempi di solidificazione di questi due elementi[72]. Sembra tuttavia che "la necessità di una simile prescrizione [lasciasse] palesemente intendere il frequente ricorso a questo tipo di materiale"[73], in quanto il gesso era in molti casi più economico rispetto alla calce[74].

Stucco. Con stucco viene definito da alcuni un tipo particolare di malta aerea, formata da legante calcico (o di gesso), mescolato con acqua e frammenti minuti di marmo o calcite spatica[75]. La colorazione dell'impasto che ne deriva è particolarmente bianca e lucente. Lo stesso Vitruvio consigliava di utilizzare come aggregato in queste miscele della calcite spatica o, in alternativa, del marmo, che doveva essere stato prima macinato e setacciato dai *marmorarii*, ossia gli addetti alla lavorazione dei marmi decorativi[76].

---

[64] *Ibidem.*

[65] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 50. Non esistono restrizioni specifiche per quanto riguarda la dimensione degli additivi impiegati, anche se sembra chiaro che in un impasto a granulometria particolarmente fine la grandezza degli additivi non si possa discostare più di tanto da quella degli aggregati impiegati nell'impasto.

[66] Norma UNI 10924, 2001.

[67] VITR., *De arch*., VII, 4, 3.

[68] GIULIANI 2006, p. 213.

[69] PLIN., *N. H.*, XXXVI, 180.

[70] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 114.

[71] GINOUVES, MARTIN 1985, p. 50.

[72] VITR., *De arch.*, VII, 3, 3.

[73] GRECO 2011, p. 58.

[74] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 120.

[75] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 50.

[76] VITR., *De arch*., VII, 6, 1.Su questo aspetto cfr. Più in dettaglio Cap. VIII, §1.3.2.1.

Malte con ceneri vulcaniche (pozzolaniche). Le malte con ceneri vulcaniche sono composte di calce (legante), ceneri o pomici vulcaniche (*harenae fossiciae; pulvis puteolana* ecc) ed eventuali additivi, mescolati ad acqua[77]. L'impiego di malte pozzolaniche è ben noto in età romana, nonché in età precedente, ma il primo riferimento nella letteratura antica si ha solo con il *De architectura* vitruviano[78].

Cocciopesto. Il cocciopesto è una malta composta da calce aerea (legante), acqua, sabbia e tritume laterizio di dimensione inferiore ai 5,0 mm[79]. Le qualità dei fittili tritati erano note già a Vitruvio, il quale suggerisce di usare polvere di laterizi mescolati alla sabbia in proporzioni di 2 parti di sabbia e 1 di laterizio, al fine di ottenere una malta solida e resistente al gelo[80]. Se tritato finemente, il materiale fittile può conferire qualità pozzolaniche alle miscele.

Malte di terra. Le c.d. malte di terra sono tutte quelle miscele leganti costituite con un legante a base argilloso-siltosa. Si distinguono in semplici e composte. Le "malte di terra semplici" sono impasti abbastanza comuni e frequentemente utilizzati nel mondo antico; si ottengono mescolando assieme acqua e argilla, miste a paglia o altri elementi organici con funzione di additivo[81]. Catone consigliava di confezionare malte semplici formate da terra quanto più argillosa, bagnata nella morchia (un liquido derivato dalla spremitura delle olive) ed impastata con paglia, da utilizzare come rivestimento protettivo di abitazioni[82]. Le "malte di terra composte" si differenziano dalle malte di terra semplici per la presenza di un aggregato nell'impasto; si ottengono mescolando insieme all'acqua dell'argilla (legante), degli aggregati ed eventuali additivi, quali paglia o altri elementi organici[83]. Plinio ci informa sulle modalità di preparazione di alcune particolari malte di terra composte usate ai suoi tempi[84], simili al tapial spagnolo o il taio siciliano moderni[85]. Sembra, inoltre, che *l'opus structile*, una struttura cementizia presentata nella famosa *Lex Puteolana* del II sec. a.C., possa essere considerato una malta di terra composta, e fosse prodotto mescolando argilla (o meglio terra argillosa) con la calce[86].

4.2 - CALCESTRUZZI

Con calcestruzzi vengono definite tutte quelle miscele leganti composte di calce (legante), acqua, sabbia (aggregato) ed elementi lapidei di dimensioni maggiori ai 5,0 mm o 8,00 mm[87].

Il calcestruzzo tradizionale impiega nell'impasto, mescolato all'acqua, un legante e degli aggregati sabbio-ghiaiosi che non hanno alcuna proprietà idraulica.

Cocciopesto grossolano. Con cocciopesto grossolano si definisce un particolare calcestruzzo composto di calce, sabbia o sabbia pozzolanica e frantumi di laterizi, presenti in maniera omogenea nell'impasto, di dimensioni maggiori ai 5,0 mm o 8,00 mm, in base alle prescrizioni suggerite da alcuni autori[88]. Per tutto il resto, si presenta composizionalmente uguale alla malta di cocciopesto.

---

[77] GINOUVES, MARTIN 1985, p. 51.

[78] VITR., *De arch*., II, 6, 1.

[79] GINOUVES, MARTIN 1985, p. 51. Il termine *opus signinum*, usato nel *Dictionnaire methodique de l'architecture grecque et romaine*, in maniera ambivalente a cocciopesto, indica nella realtà una struttura impiegata nella costruzione delle cisterne e non deve assolutamente confondersi con il cocciopesto.

[80] VITR. *De arch*. V, 2, 1.

[81] GINOUVES, MARTIN 1985, p. 50.

[82] CAT., *De agr*., 128.

[83] GINOUVES, MARTIN 1985, p. 50.

[84] PLIN., *N. H.*, 35.169.

[85] GRECO 2011, p. 43 e nota 209; ARCOLAO 2001, pp. 222 – 223.

[86] "*quod opus structile fiet, in te[t]ra calcis restinctai partem quartam indito"* CIL X, 1781, II, 19-20.

[87] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

[88] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

4.3 -STRUTTURE CEMENTIZIE *(OPUS CAEMENTICIUM)*

Vanno distinte dai calcestruzzi le cosiddette "opere cementizie", per il processo di produzione che è totalmente differente. La composizione dell'*opus caementicium*, così come conosciuto in antico è, infatti, descritta da Vitruvio: *"structura ex caementis calce et harena"*[89] ossia una struttura fatta di calce sabbia e clasti grossolani *(caementa).* L'utilizzo dell'*opus caementicium* è ampiamente attestato in età romana per le fondazioni strutturali, nei riempimenti tra i paramenti delle cortine murarie, talvolta anche tra gli alzati degli edifici stessi. Con questo termine vengono perciò definite tutte quelle miscele con funzione strutturale (e quindi non di rivestimento) composte, come nel caso del calcestruzzo, da un legante (meglio se di prima qualità), aggregati quali la sabbia ed elementi lapidei di dimensioni superiore ai 5 mm, mescolati ad acqua; ma, mentre le malte e il calcestruzzo venivano precedentemente preparate in un contenitore e poi stese (o gettate) nel luogo di impiego, l'*opus caementicium* veniva realizzato, direttamente nel luogo di impiego, allettando o gettando a più riprese frammenti e scapoli lapidei[90], ossia i *caementa*[91], su letti di malta o calcestruzzo. La struttura così realizzata poteva essere poi pressata con mazzeranghe (struttura cementizia calcata) [92]. I *caementa* migliori, secondo Vitruvio, provenivano dalle stesse pietre che venivano utilizzate come legante (rocce calcaree, dolomie, travertini)[93]. I tufi erano largamente impiegati all'interno delle cortine murarie[94]; la pomice (*sfungia*) e le scorie vulcaniche più in generale, essendo materiali particolarmente leggeri, in virtù della loro conformazione altamente alveolata[95], trovavano utilizzo soprattutto nella costruzione di volte cementizie[96].

[89] VITR., *De arch.*, V, 12, 5.

[90] VITR., *De arch*., VII, 6, 14.

[91] Questo è il termine latino più frequentemente utilizzato. Il nome stesso è all'origine del termine conglomerato cementizio, struttura cementizia o *opus caementicium*.

[92] GINOUVES, MARTIN 1985, p. 52.

[93] VITR., *De arch*., II, 5, 3.

[94] GIULIANI 2006, pp. 195-196.

[95] La prima menzione della *sfungia* è in VITR., *De arch*., II, 6.3; Faventino la consiglia per il rivestimento delle incannucciate murarie (FAV. XXI).

[96] cfr. DELAINE 1997, pp. 159-160; ADAM 2005, p. 380; GIAVARINI 2005, p. 136; LANCASTER 2005, pp. 59-67; LANCASTER 2006; LANCASTER 2010; LANCASTER, MARRA, SOTTILI, VENTURA 2010; LANCASTER, SOTTILI, MARRA, VENTURA 2011; LANCASTER 2011; MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013; LANCASTER 2015, pp. 29-38.

CAPITOLO IV
APPROCCI ANALITICI NELL'ANALISI DI MISCELE LEGANTI: STORIA DEGLI STUDI

1 - STUDI E RICERCHE SULLE MISCELE LEGANTI DI ETÀ ROMANA: PROFILO STORIOGRAFICO

1.1 - PREMESSA. LA DESCRIZIONE DI MISCELE LEGANTI IN AMBITO ARCHEOLOGICO

Le analisi su miscele leganti, ovvero malte, calcestruzzi e intonaci, rientrano appieno in un filone di studi, quello dell'archeologia dell'edilizia, che dopo i primi contributi basilari in ambito archeologico, ma ormai datati, quali quelli di M. E. Blake[1] e G. Lugli[2], si sta indirizzando attualmente verso analisi più marcatamente tecnico-ingegneristiche del costruito, condotte attraverso l'attento esame dei materiali da costruzione, dal loro approvvigionamento alla messa in opera, e mirate alla comprensione del "saper fare" delle società antiche[3]. Al fine di rispondere a tali problematiche, l'approccio multidisciplinare che coinvolge archeologia e tecniche archeometriche di indagine sta divenendo una prassi sempre frequentemente adottata negli studi del settore, tanto da andare definendosi come disciplina a sé, quale branca dell'archeologia dell'edilizia, ovvero l'archeometria del costruito[4]. Le analisi sono in genere rivolte alla caratterizzazione petrografico-composizionale e alla provenienza dei materiali da costruzione, ovvero la pietra, gli elementi in terracotta (sia materiali ceramici che materiali per l'edilizia) ed infine le miscele leganti.

Congiuntamente, anche gli studi sulla cultura artistica del passato, pittorica e musiva in particolar modo, vanno sempre più aprendosi oltre la tradizionale concezione meramente stilistico-decorativa del manufatto artistico, andandone ad esplorare anche l'*iter* tecnico-realizzativo ed i materiali costituenti. Nell'ambito dello studio della cultura pittorica antica ciò si declina in un sempre più vivo interesse per le analisi dei pigmenti e del *tectorium*. Per ciò che concerne gli studi sulle tipologie pavimentali, l'attenzione è invece rivolta alla caratterizzazione dei materiali impiegati nei rivestimenti (tessere, lastrine per *sectilia*, inserti pavimentali) nonché all'analisi dei materiali cementizi impiegati nei supporti preparatori.

In passato, negli studi di carattere tecnico nonché nelle relazioni di scavo stesse, la descrizione delle miscele leganti si avvaleva pressoché esclusivamente delle sole osservazioni macroscopiche "ad occhio nudo". È vero che anche già grazie ad una attenda indagine visiva sia possibile definire diverse caratteristiche fondamentali delle miscele, quali il colore, il numero di strati, la friabilità, la tipologia degli aggregati più grossolani, la presenza di additivi. Tuttavia, analisi specialistiche, condotte mediante l'impiego di tecniche archeometriche, permettono di ottenere un numero di informazioni molto maggiore (caratteristiche tessiturali delle malte, ti-

[1] BLAKE 1947.

[2] LUGLI 1957.

[3] L'approccio metodologico è magistralmente sintetizzato nell'introduzione del libro *L'edilizia nell'antichità* di C. F. Giuliani (GIULIANI 1990).

[4] Per una definizione e orientamento della materia cfr. MANNONI, BOATO 2002.

pologia di legante ed aggregato e loro rapporto, porosità, caratteristiche pozzolaniche, provenienza materiali costituenti, prodotti di degrado e neoformazione, datazione)[5], nonché di provare ipotesi, che le sole analisi macroscopiche non permettono di dimostrare.

Ecco quindi come la "verifica archeometrica", un tempo limitata a casi eccezionali, sta divenendo ormai una prassi ordinaria nello studio di materiali cementizi, alle quali, oltre alle pubblicazioni in articoli su riviste del settore della "diagnostica dei Beni Culturali", sono dedicati, sempre più di frequente, contributi in pubblicazioni di scavi o nei lavori tecnico-specialistici di carattere archeologico.

Verranno di seguito riassunti i principali studi che, negli anni, hanno preso in esame malte, intonaci e calcestruzzi romani, seppur, come si vedrà, spesso con obiettivi e finalità diverse dalla pura ricerca storico-archeologica, soprattutto nelle pubblicazioni più datate.

Successivamente verrà esposta una rassegna dei lavori ad oggi editi riguardanti analisi di miscele leganti in Italia settentrionale.

1.2 - LO STUDIO DELLE MISCELE LEGANTI DAL XVIII AL XX SECOLO

Già dal XVIII secolo, diversi architetti e ingegneri hanno palesato un particolare interesse per le miscele leganti di età romana, le cui caratteristiche e modalità produttive erano note esclusivamente attraverso la lettura dei trattati di architettura antichi e, in particolar modo, del *De architectura* di Vitruvio[6]. Massima attenzione è stata rivolta soprattutto agli ingredienti "segreti" impiegati in malte e calcestruzzi "idraulici", ovvero tutti quei composti che, in antico, erano realizzati miscelando al legante (in genere calce aerea), frammenti e polvere fittile o pozzolane naturali (ceneri vulcaniche piroclastiche), ovvero quella *pulvis puteolana*, citata dalle fonti storiche[7].

Si ricorda in particolare come nel 1756, l'ingegnere e fisico britannico John Smeaton testò empiricamente diverse ricette prodotte miscelando calce e aggregati pozzolanici quali il Trass olandese e la pozzolana italiana, cercando di comprendere quale fosse la miglior "ricetta" per ottenere composti con proprietà idrauliche (pozzolaniche)[8]. Ne risultò che la calce derivata dal calcare di Aberthaw, una località non lontana da Cardiff, unita, in eguale quantità, a pozzolana di Civitavecchia, formavano un calcestruzzo idraulico di ottima qualità. Distaccandosi dalla tradizione scritta antica, secondo cui le pozzolane di Pozzuoli o dell'area dei Colli Albani erano le migliori per la realizzazione di malte idrauliche[9], Smeaton ritenne maggiormente adatta quella di Civitavecchia, che non risulta tuttavia citata dalla documentazione letteraria antica. Inoltre, lo studioso si rese conto che la calcinazione di calcari contenenti argille (marne e calcari marnosi) permetteva di ottenere una calce di per sé idraulica, sconosciuta, o meglio, mai dichiaratamente riconosciuta nelle sue caratteristiche, dai romani[10]. Tale proprietà è conferita dalla formazione di silico-alluminati di calcio in fase di cottura, assenti nella calce ottenuta da calcari puri.

---

[5] MIDDENDORF *et alii* 2005a; MIDDENDORF *et alii* 2005b; PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008; COUTELAS 2009; PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2014.

[6] ARCOLAO 2001, p. 3; GAZDA 2001, pp. 148-149.

[7] VITR., *De arch*., II, 6, 1; VITR., *De arch*., V, 12, 2; PLIN., *Nat. Hist*. XXXV, 166; STRAB., *Geog*., V, 6, 4; ISID., *Etym*., XVI, 1, 8. L'effetto è fondamentalmente dovuto alla presenza, nella pozzolana e nella polvere fittile, di silice (*SiO2*) ed allumina (*Al2O3*) reattive nei confronti della calce per il loro stato amorfo e vetroso. Si otteneva lo stesso risultato sostituendo la sabbia normale con argilla cotta macinata nota come *cocciopesto* (mattoni o tegole finemente macinate). Sia la sabbia di origine vulcanica (pozzolana naturale) che il cocciopesto (pozzolana artificiale) hanno la capacità di reagire con la calce trasformandola in alluminati di calcio idrati (*C-A-H*) e, soprattutto, in un idrosilicato di calcio (*C-S-H*) capace di produrre una maggiore resistenza meccanica e di indurire sotto acqua. Cfr. a riguardo Cap. III, §3

[8] COLLEPARDI 1993, p. 6; GAZDA 2001, pp. 148-149; PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 21 e 63.

[9] VITR., *De arch*., II, 6, 1; VITR.., *De arch*., V, 12, 2; PLIN., *Nat. Hist*. XXXV, 166; STRAB., *Geog*., V, 6, 4; ISID., *Etym*., XVI, 1, 8.

[10] Infatti, la calcinazione di calcari marnosi è spesso attestata in età romana e medievale, ma nessun autore ne aveva mai richiamato le proprietà idrauliche Cfr. Cap. VIII; §1.1.1.2.

Le scoperte di Smeaton indussero, nel 1796, J. Parker a produrre il primo cemento idraulico, ottenuto da cottura di calcari marnosi (a 800-950 °C); Fu infine J. Aspdin, nel 1824, ad inventare il cemento Portland, prodotto aggiungendo argille (fino al 40%) ai calcari di partenza prima della cottura[11].

Nel corso del XIX secolo, ormai abbandonata la lettura dei testi latini, si sviluppò invece negli studiosi di antichità quali gli archeologi G. Guttani (*Monumenti Sabatini*, 1828) e A. Nibby (*Roma nell'Anno* 1838), lo storico dell'architettura J. H. Parker (*The Archaeology of Rome*, 1865) e l'ingegnere J. H. Middleton (*Ancient Rome in 1885* e *The Remains of Ancient Rom*e) un maggior interesse per l'analisi e l'accurata disamina delle strutture romane per ciò che riguarda i materiali ed i sistemi costruttivi[12]. Nel secolo successivo continuò questa predisposizione per una sempre più accurata osservazione dei materiali, processi e approcci sistematici per la descrizione e soprattutto per la datazione delle strutture antiche, anche avvalendosi, per quest'ultima finalità, proprio delle caratteristiche di malte e calcestruzzi. Fondamentale per questi aspetti è l'articolo, pubblicato da E. B. Van Deman nel 1912, dal titolo *Methods of Determining the Date of Roman Concrete Monuments*[13] dove veniva proposto un metodo per datare edifici romani sulla base di tecnica costruttiva e dei materiali costituenti. Anticipando così di quasi un secolo le opere di J. P. Adam (fig. IV.1) (*L'arte di costruire presso i Romani*)[14] e di C. F. Giuliani (*L'edilizia nell'antichita*)[15], Van Deman sottolineò che nell'approcciarsi alle strutture antiche non deve essere analizzato solo l'"external evidence", ma anche – e soprattutto – l'"internal evidence"[16]. L'autore distinse quindi diversi tipi di malte e calcestruzzi impiegati nei nuclei murari sulla base di colore, grandezza e tipo di aggregati e modalità di messa in opera. Questo studio ha contribuito ad accrescere notevolmente la conoscenza del calcestruzzo come materiale strutturale: l'obiettivo di Van Deman era infatti quello di utilizzare i dati derivanti dallo studio dei materiali e delle tecniche di realizzazione per datare le strutture e gli edifici o, perlomeno stabilire quali fossero contemporanei, non solo in base al loro paramento esterno, ma anche mediante l'analisi della parte interna[17].

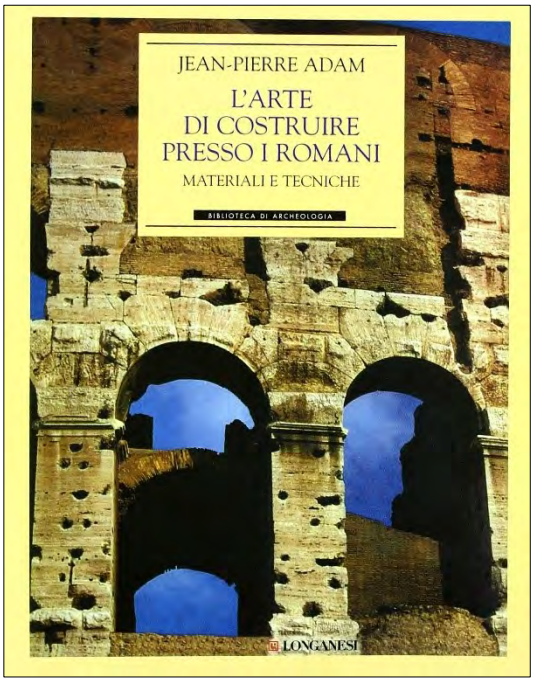


Fig. IV.1 - Copertina del libro *L'arte di costruire presso i Romani* (ADAM 1994).

Pochi anni dopo, M. E. Blake, allieva di Van Deman, pubblicò, nel 1947, una serie di volumi dedicati all'edilizia romana[18], di cui il primo contiene una parte dedicata esclusivamente al calcestruzzo, con particolare attenzione alle ceneri vulcaniche piroclastiche, analizzate anche sotto il profilo geologico-formazionale[19]. L'autrice, sulla base dell'analisi dettagliata di una serie di monumenti romani propone quindi una sorta di evoluzione delle modalità di produzione di malte e calcestruzzi, sulla base delle caratteristiche del legante e, soprattutto, dell'aggregato[20].

[11] DAVEY 1965, p. 113; PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 63-65.
[12] GAZDA 2001, pp. 149-151.
[13] VAN DEMAN 1912.
[14] ADAM 1984 e ADAM 1988.
[15] GIULIANI 2006 (I° ed. 1990).
[16] VAN DEMAN 1912, pp. 230-231.
[17] DAVEY 1965, p. 131; GAZDA 2001, p. 152.
[18] BLAKE 1947.
[19] *ibidem*, pp. 41-44.
[20] *ibidem*, pp. 324-249.

Un decennio dopo venne pubblicata l'opera di G. Lugli che conteneva una lunga digressione sull'*opus cementicium*[21]. Sullo stesso orientamento si collocano i lavori, successivamente editi, di J. B. Ward Perkins[22], W. Mc Donald[23] e J. P. Adam[24] che analizzano, sempre in ottica diacronico-evolutiva e tecnico-applicativa, malte e calcestruzzi all'interno di più ampi lavori dedicati all'edilizia antica. Allo studio sul processo costruttivo delle Terme di Caracalla condotto da J. DeLaine, si deve inoltre il merito di aver portato la materia ad uno stadio successivo: attraverso diverse considerazioni, che spaziano dagli aspetti logistici e gestionali dell'approvvigionamento delle materie prime e messa in opera, all'organizzazione delle squadre di artigiani e operai nel cantiere, l'autrice giunge a proporre alcune valutazioni economiche, legate ai costi e ai tempi di costruzione, prendendo anche in considerazione i tempi di produzione e le tipologie di malte e calcestruzzi impiegate nell'edificio[25]. Tuttavia, come osservato da E. K. Gazda[26], manca in questo studio qualsiasi tipo di esame scientifico sui materiali da costruzione.

Tutti gli studi fin qui menzionati sono stati infatti indirizzati a chiarire problematiche inerenti alla cronologia delle strutture, alla progettazione, alle tecnologie di costruzione e all'organizzazione del lavoro; le caratteristiche di malte e calcestruzzi sono state invece sempre oggetto di analisi condotte eminentemente tramite osservazione visiva. Quindi, seppur precisi e rigorosi, sono lavori questi che, come si diceva, non possono andare oltre la mera valutazione di alcune caratteristiche delle miscele leganti apprezzabili ad occhio nudo, ma che non permettono di conoscerne appieno natura e proprietà fisico-meccaniche.

1.3 - L'APPROCCIO ANALITICO, INDIRIZZI DI RICERCA DEL XX SECOLO

Parallelamente agli studi di carattere storico-archeologico, già agli anni Venti del secolo scorso risalgono i primi studi analitici su miscele leganti antiche, mirati alla caratterizzazione delle proprietà petrografiche, mineralogiche, chimiche e meccaniche dei composti cementizi. In questo periodo, Biehl (1927) pubblicò un pionieristico articolo sulle malte di età romana dalla Germania e di Roma[27]; tuttavia, fino agli anni Settanta si possono enumerare solo alcuni studi legati ad analisi archeometriche su miscele leganti romane, quali quelli di Vastagh e Iván sulle malte in cocciopesto della Francia (1948), di Znachko-Iavorskii, sulle malte della città greca di Olbia (1958), di Idorn sui calcestruzzi della Provenza (1959), di Jedrzejewska (1960) sulle malte di alcuni edifici medievali in Polonia, di Malinowski, Slatkine e Ben Yair (1961) sulle caratteristiche dei calcestruzzi idraulici di alcune strutture romane in Israele, di Blümel e Horn sui calcestruzzi non pozzolanici di *Carnuntum* ed infine quello di Biernacka-Lubánska (1970) sui rivestimenti di alcuni acquedotti romani della Bulgaria[28]. Da quanto appena descritto si può ben vedere come, in sostanza, le caratteristiche petrografiche di miscele leganti usate in area italica in età romana, fossero ancora pressoché sconosciute alla fine degli anni '70. È a questi anni che si data l'articolo di Malinowsky sulle malte di rivestimento dell'acquedotto di Acquarossa (Viterbo)[29], seguito, nella decade successiva, dagli studi di M. D. Roy e C. A. Langton sui calcestruzzi di Roma, Cosa e Ostia[30].

---

[21] LUGLI 1957. L'autore osserva dapprima come il l'*opus caementicium* sia stato trattato nelle fonti antiche (LUGLI 1957, pp. 363-374), poi le sue origini e sviluppo come materiale da costruzione (pp. 375-385), le sue applicazioni (pp. 385-390) ed infine i materiali che lo costituiscono (390-402).

[22] WARD-PERKINS 1977.

[23] MACDONALD 1982.

[24] ADAM 1984 e 1988.

[25] DELAINE 1997; si veda inotre lo studio sui tempi di messa in opera di malte e laterizi nei contesti di Ostia e Roma (DELAINE 2001).

[26] GAZDA 2001, p. 153.

[27] BIEHL 1927.

[28] Rispettivamente VASTAGH, IVÁN 1948; ZNACHKO-IAVORSKII 1958; IDORN 1959; JEDRZEJEWSKA 1960; MALINOWSKI, SLATKINE, BEN YAIR 1961; BLÜMEL, HORN 1963-1964; BIERNACKA-LUBÁNSKA 1970; BLÜMEL, HORN 1963-1964.

[29] MALINOWSKI 1979.

[30] ROY, LANGTON 1980; LANGTON, ROY 1983; 1984; 1986.

Tutti gli autori appena menzionati sono prevalentemente ricercatori di formazione geologico-ingegneristica, coinvolti nello studio delle miscele leganti antiche soprattutto perché interessate alle caratteristiche pozzolaniche e, in generale, all'estrema durabilità di questi prodotti. I contributi, che saranno oggetto di discussione soprattutto in sedi quali i colloqui RILEM (*Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, systèmes de construction et ouvrages*), indagano le proprietà delle miscele leganti antiche, esaltando quei materiali e sistemi di produzione che possano andare a migliorare le "ricette" di cementi moderni, soprattutto in termini di sostenibilità, eco-compatibilità, economicità, nonché effettiva durabilità. Seppur l'aspetto storico-archeologico sia messo chiaramente in secondo piano, tali studi hanno cionondimeno dimostrato il potenziale informativo derivato dall'impiego di tecniche archeometriche per l'esame di miscele leganti antiche.

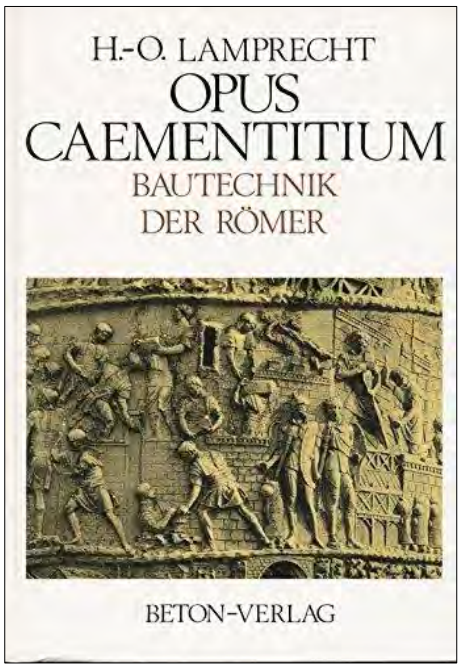


Fig. IV.2 - Copertina del libro *Opus Caementitium. Bautechnik der Römer* (LAMPRECHT 1984).

Tra i primi studi strutturati in un'ottica archeologica, vi è quello di Dufournier (1972) incentrato su aspetti metodologici legati, per l'appunto, alla potenzialità dell'applicazione in archeologia delle analisi su miscele leganti. A questo fanno poi seguito gli studi di Furlan e Bissegger (1975), sull'evoluzione delle caratteristiche delle malte dalla preistoria ai giorni nostri e di Folk e Valastro (1976)[31], sulla datazione delle malte sulla base del decadimento del carbonio 14 C^{14}, tema, quest'ultimo, che animerà in futuro un sostenuto dibattito scientifico.

Negli anni '80 si ebbero le prime monografie incentrate su analisi di miscele leganti antiche, basate su una casistica ampia di contesti archeologici. Si deve soprattutto a M. Frizot (1975)[32] il merito di aver tentato, per la prima volta, di creare una casistica tipologico-composizionale degli intonaci in un ambito geografico-cronologico ben definito quale può essere la Gallia romana. Il taglio dell'analisi è chiaramente archeologico in quanto vengono discusse problematiche legate a cronologia dei manufatti, alle conoscenze delle maestranze, alle tecniche applicative e ai bacini di approvvigionamento delle materie prime in una scala, per la prima volta, regionale. Si deve inoltre segnalare il volume *Opus Cementitium*, *Bautechnik der Römer* (fig. IV.2) dell'ingegnere appassionato di architettura antica H.-O. Lamprecht (1984), in cui l'approccio ingegneristico è ben calato nel panorama delle tecniche edilizie di età romana[33]. In questo lavoro viene operato un campionamento con analisi archeometriche (microscopia ottica, microscopia elettronica a scansione) di calcestruzzi e malte di diversa provenienza (prevalentemente Roma e la Germania). Vengono quindi discusse le tipologie di miscele leganti, i materiali impiegati e le proprietà dei diversi composti in base alle diverse tipologie di strutture (strade, fondazioni, strutture murarie, volte) in cui erano impiegati.

Verso gli anni '90 si vennero strutturano i primi lavori, condotti in sinergia tra archeologi e altre figure professionali, che determineranno una fortunata generazione di studi latori di una metodologia di lavoro adottata ancor oggi. Si deve quindi citare l'articolo dell'archeologo J. P. Oleson e dell'architetto C. J. Branton sul porto di Erode a Cesarea (1992) [34], dove alla ricerca archeologica della tecnica costruttiva dei moli in calcestruzzo, è associata l'analisi petrografica, mineralogica e chimica di campioni. Il rinvenimento di cenere vulcanica piroclastica da Pozzuoli

[31] Rispettivamente DUFOURNIER 1972, FURLAN, BISSEGGER 1975; FOLK, VALASTRO 1976.
[32] FRIZOT 1975, 1977.
[33] LAMPRECHT 1987.
[34] OLESON, BRANDON 1992. Una valida sintesi del lavoro effettuato nel corso degli anni a Caesarea si trova in HOHLFELDER, BRANDON 2014, pp. 73-81 e OLESON, JACKSON, VOLA 2014, pp. 275-279.

nei calcestruzzi dei moli della Palestina permise di fare luce su quale fosse il raggio di esportazione che aveva questo prodotto nell'impero. Tuttavia, l'impiego alternato di calcestruzzi idraulici e calcestruzzi aerei nei moli, così come le modalità di costruzione delle casseforme a mare, rivelano alcuni aspetti di allontanamento dalla fonte vitruviana e dimostrano quanto la trasmissione di conoscenze e le pratiche di cantiere si adattassero, nel mondo romano alle condizioni geologiche o alle pratiche di costruttive locali, che non sempre si allineano con quanto riportato dalla tradizione scritta[35].

1.4 - LO STUDIO DELLE MISCELE LEGANTI OGGI E GLI ATTUALI ORIENTAMENTI DI RICERCA

Negli ultimi anni, gli studio su miscele leganti antiche, per ciò che concerne le finalità di ricerca in ambito archeologico, si sta muovendo, sulla scia dei lavori sopra citati, oltre la mera caratterizzazione tipologico-descrittiva dei composti; si cerca anche di indagare i fenomeni di adesione o di allontanamento rispetto alla tradizione scritta nelle modalità produttive dei materiali cementizi e di individuare le pratiche "locali" estranee alla tradizione centro-italica di stampo vitruviano. Lo studio di miscele leganti con approccio archeologico-archeometrico consente quindi non solo di caratterizzare con esattezza i materiali e loro proprietà ma anche di contestualizzarli adeguatamente nel background storico-sociale e geografico di riferimento, permettendo così di sfruttare tali dati per la discussione di tematiche più ampie, quali la trasmissione di tecnologie tra differenti compagini sociali e le reciproche commistioni ed influenze.

Diversi sono i filoni di ricerca che vengono perseguiti in tal senso.

Innanzitutto, vanno citati gli studi che prendono in esame le tecniche produttive e le caratteristiche fisico-chimiche di una determinata categoria di miscele leganti, con particolare attenzione a quelle che impiegano materiali pozzolanici, che hanno, da sempre, attirato maggior interesse ed attenzione.

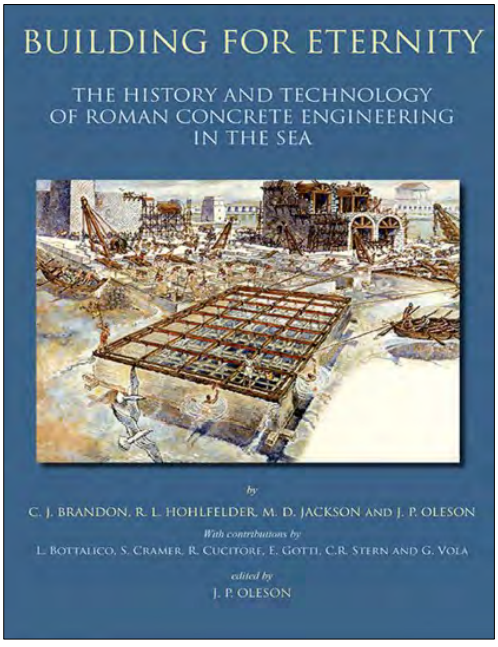


Fig. IV.3 - Copertina del libro *Building for Eternity* (BRANDON, HOHLFELDER, JACKSON, OLESON 2014).

Fondamentali, in questo campo, sono i diversi lavori condotti soprattutto da F. Marra, M. Jackson e E. D'Ambrosio[36], legati alla determinazione dei bacini di approvvigionamento di materiali pozzolanici in Italia e loro applicazione nell'edilizia romana. Sono state così innanzitutto definite quelle che sono le diverse pozzolane romane che, con termini moderni, possono identificarsi nelle ceneri piroclastiche di natura vulcanica cavate soprattutto dai Monti Albani e Sabatini (Pozzolane Rosse, Pozzolane Nere e Pozzolanelle) e che vengono ritenute essere le *harenae fossiciae* citate da Vitruvio[37]. Diverso è il caso del *pulvis puteolanus*, a cui fanno riferimento Vitruvio e Plinio[38], che sarebbe invece da identificare con i depositi pumicei prodotti dalle eruzioni flegreo-vesuviane. Tramite la messa a punto di database di dati geochimici, in continuo aggiornamento, è possibile confrontare le provenienze dei materiali piroclastici impiegati nell'edilizia di

[35] GAZDA 2001, p. 154; OLESON, JACKSON 2014, p. 6.

[36] Si riportano i principali lavori a riguardo: JACKSON *et alii* 2007; LANCASTER, SOTTILI, MARRA, VENTURA 2011; MARRA, DEOCAMPO, JACKSON, VENTURA 2011; MARRA, D'AMBROSIO 2013; MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013; D'AMBROSIO *et alii* 2015; MARRA, D'AMBROSIO, GAETA, MATTEI 2016; MARRA *et alii* 2016.

[37] VITR. *De arch*, II, 6, 5; II, 4, 1.

[38] VITR. *De arch*, II, 6, 1; PLIN. *Nat. Hist.*, XVI, 202; XXXV, 166.

Roma e di determinare la provenienza delle materie prime dai diversi distretti vulcanici noti in epoca antica.

Uno dei più importanti progetti promossi negli ultimi anni in tal senso è certamente il ROMACONS (*ROman MAritime CONcrete Study*)[39]. Questo è un esteso progetto di ricerca, condotto grazie alla collaborazione di diversi specialisti, che ha preso in esame i calcestruzzi, realizzati con materiali pozzolanici, impiegati nella costruzione di moli del Mediterraneo in epoca romana (fig. IV.3)[40]. Rappresenta quindi il proseguo e la conclusione delle ricerche avviate negli anni '90-2000 dagli archeologi J. P Oleson, R. L. Holdfelder e dall'architetto C. Brandon. Lo studio dei materiali cementizi è stato effettuato dalla ditta ITALcementi di Bergamo con la collaborazione dei geologi M. D. Jackson, M. Dè Gennaro e V. Marra a cui era affidata l'analisi delle caratteristiche pozzolaniche di questi materiali. Il progetto ha rivestito un interesse particolare perché, oltre all'importanza per l'ambito archeologico, ha riscosso interesse anche da parte di ricercatori legati al settore ingegneristico-civile, in quanto ha rappresentato un'occasione di studio di materiali naturali "ecocompatibili", ovvero le ceneri vulcaniche piroclastiche, per la produzione di calcestruzzi moderni. In questo ambito si deve soprattutto a M. D. Jackson l'impegno nello studio dei prodotti di reazione pozzolanica di alcuni calcestruzzi campionati nell'ambito del ROMACONS, grazie ai quali sono stati compresi i processi che stanno alla base dell'iterazione tra ceneri vulcaniche piroclastiche e calce aerea. Questi permettono infatti la formazione di fasi pozzolaniche responsabili dell'estrema durabilità e idrorepellenza dei composti[41]. I Materiali pozzolanici possono rappresentare quindi un grande potenziale per la produzione di calcestruzzi sostenibili per l'edilizia moderna[42].

Un progetto simile a quello del ROMACONS, ancora in corso di sviluppo, è quello promosso dalle figure di F. Schön e T. Schäfer del Dipartimento di Archeologia Classica dell'Università di Tubinga, e di J. Heinrichs e A. Gerdes del Karlsrhuer Institute für Technologie (KIT), mirato allo studio dei rivestimenti in malta delle cisterne punico-romane del Mediterraneo occidentale. Obiettivo finale è, ancora una volta, l'analisi delle tipologie di miscele leganti impiegate, nonché la comprensione dei fattori che ne determinano l'ottima durabilità nel tempo[43]. I risultati preliminari hanno dimostrato come i rivestimenti delle cisterne siano caratterizzati da una estrema varietà di soluzioni, dovute a vari fattori quali la disponibilità di materie prime *in loco* e le conoscenze tecniche delle maestranze locali[44].

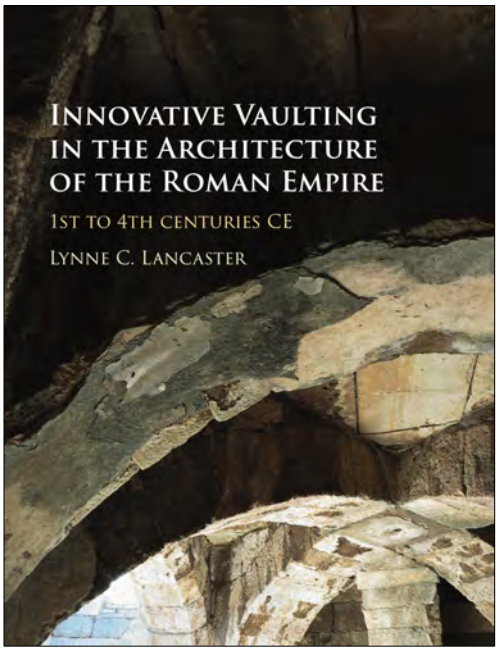


Fig. IV.4 - Copertina del libro *Innovative vaulting in the architecture of the Roman Empire 1st to 4th centuries CE* (LANCASTER 2015).

Interessanti sono anche gli studi sui *caementa* impiegati a scopo di alleggerimento delle volte cementizie di grandi edifici di età romana imperiale condotti nell'ambito delle ricerche di L. Lancaster, che trovano in due monografie *Concrete Vaulted Construction in Imperial Rome: Innovations in Context* (2005) e

[39] OLESON *et alii* 2004. Cfr. da ultimo OLESON 2014.

[40] Una sintesi del progetto è in OLESON, JACKSON 2014, pp. 6-8. Ulteriori studi stanno continuando ad affrontare tematiche incentrare sulla caratterizzazione delle proprietà pozzolaniche dei calcestruzzi per strutture marittime e provenienza delle materie prime (MARRA *et alii* 2016).

[41] JACKSON 2014; JACKSON *et alii* 2012; 2013a; 2013b; 2017.

[42] OLESON, JACKSON 2014, p. 5.

[43] HEINRICHS, GERDES, SCHÖN, SCHÄFER 2010; HEINRICHS, GERDES, SCHÖN 2014.

[44] HEINRICHS, GERDES, SCHÖN 2014, pp. 132-134.

Innovative Vaulting in Architecture of the Roman Empire, 1st to 4th Centuries CE (2015)[45], le ultime, più approfondite, sintesi sul tema (fig. IV.4). L'approccio nello studio dei *lightweight caementa* fonda le sue basi anche su dettagliate indagini archeometriche condotte soprattutto in collaborazione con il geologo F. Marra.

Per altre classi di miscele leganti progetti così ampi non sono ancora stati intrapresi. Nell'ambito della cultura pittorica un passo in avanti rispetto agli studi eminentemente stilistici, fortemente legati ad aspetti artistici, è rappresentato, come anticipato, dai lavori di M. Frizot per la Gallia Romana[46]. Questi ebbero seguito, a circa venti anni di distanza, col convegno *Roman wall painting. Materials, techniques, analysis and conservation* tenutosi a Friburgo nel 1996 (fig. IV.5)[47], dove sono stati analizzati, con tecniche archeometriche, i materiali del *tectorium* e delle patine pittoriche di intonaci di una serie di contesti studio dell'impero romano. Questo convegno rappresenta l'apertura ad una nuova generazione di studi sugli intonaci romani, che attualmente si stanno sempre più diffondendo in letteratura[48].

Medesimo discorso si può fare per ciò che riguarda studi specialistici sulle miscele leganti impiegate per i supporti preparatori pavimentali, dove tuttavia manca, ad oggi, uno studio monografico di riferimento. Anche in questo caso, un lavoro pionieristico nel settore è quello di R.E.M. Moore, dedicato allo studio del sottile strato di allettamento superficiale delle tessere musive (c.d. *sovranucleus*) di una serie di mosaici della Britannia, la cui presenza, frequentemente attestata per tale tipologia pavimentale, non è tuttavia riportata nella trattatistica vitruviana[49] e successiva[50]. Lo studio è attuato mediante campionamento, taglio petrografico e analisi in microscopia ottica di sezioni sottili di porzioni musive comprensive di tessere e primi strati preparatori. Vengono comprese le modalità di stesura di questo strato di allettamento, funzionale alla messa in opera delle tessere dopo che il disegno preparatorio era stato inciso o dipinto sul sottostante massello cementizio. Ad oggi, il lavoro più ampio su preparazioni pavimentali è certamente quello di V. Starinieri, in cui vengono prese in esame, attraverso analisi archeometriche e test meccanici, le preparazioni di pavimenti a mosaico di una serie di siti in Italia (Classe, Tortoreto, Firenze) e in Grecia (Pella, Dion). Come di frequente accade per gli studi condotti su supporti pavimentali, anche l'analisi di Starinieri è tuttavia formulata nell'ottica della diagnostica preliminare ad attività di conservazione e restauro, mentre non vengono particolarmente sviluppate considerazioni marcatamente archeologiche[51].

Oltre al taglio "tipologico-applicativo", va connotandosi anche, l'approccio per sito o in esteso, "territoriale", inaugurato nel 1975 da M. Frizot ed emulato, circa trent'anni dopo, dalla tesi di dottorato di A. Coutelas dove sono state prese in esame diverse tipologie di malte e intonaci di una serie di siti della Gallia Romana[52]. Sulla scorta dello studio di Frizot, l'analisi condotta da Coutelas ha messo in luce come le caratteristiche delle malte della Gallia dipendano fortemente dagli ambiti del costruito, così come le "ricette" preparatorie possano assumere diverse sfumature composizionali in base alla disponibilità di materia prima, alla destinazione funzionale, al periodo storico ed alle tradizioni costruttive di una società in relazione al contesto socio-economico e geografico in cui si è inserita[53].

---

[45] LANCASTER 2005; LANCASTER 2015.

[46] FRIZOT, 1975.

[47] *Roman wall painting* 1997.

[48] Cfr. *infra*.

[49] MOORE 1968. Sulle modalità di costruzione dei pavimenti musivi secondo Vitruvio (*De arch*., VII, 1, 1-7).

[50] PLIN., *Nat. Hist.*, XXXVI, 186-187; FAV., XX, 18-19; PALL., *Op. agr*., I, 9, 3-5.

[51] Si ricordano qui, a titolo esemplificativo per il territorio italiano, soprattutto gli studi legati ad attività di restauro e conservazione di M. Macchiarola, C. Fiori, M. S. Abu Aysheh e A. Fontanelli (FIORI, DONATI, MAMBELLI, RACAGNI 1988; MACCHIAROLA, FONTANELLI 2008; MACCHIAROLA, FONTANELLI, NICOLARDI 2004; ABU AYSHEH 2008).

[52] COUTELAS 2003a.

[53] Una sintesi dei lavori editi dell'autore è in COUTELAS 2011.

Infine, nell'ambito dei progetti di indagine su singole fabbriche antiche, lo studio delle miscele leganti è spesso intrapreso per motivi "pratici", in quanto si rivelano un valido supporto nel riconoscimento e scansione delle diverse fasi edilizie che spesso contraddistinguono la vita di un edificio. Al 2001 si data un articolo[54] dove vengono chiaramente definiti i criteri analitici di un metodo che fu poi largamente adottato nello studio di architetture classiche e medievali. Le analisi delle assonanze e delle discordanze composizionali di malte impiegate per una medesima funzione, in particolare quelle di allettamento di strutture murarie, sono spesso utili al fine di definire dei gruppi composizionalmente coerenti che, una volta distribuiti spazialmente a livello planimetrico, "rivelano" quelli che furono gli interventi sincronici, effettuati all'interno di un cantiere edilizio, dai successivi interventi di restauro o ricostruzione[55].

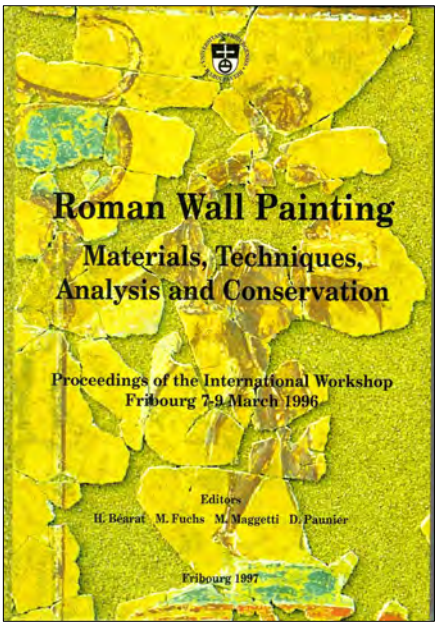


Fig. IV.5 – Copertina del volume *Roman wall painting. Materials, techniques, analysis and conservation* (1997).

Da segnalare infine sono i lavori di rilettura delle "ricette" riportate dagli autori del passato, principalmente di età romana, riguardo tipologie e caratteristiche delle miscele leganti da utilizzare in ambito costruttivo e decorativo. Da questo punto di vista le sintesi più aggiornate sono *Le ricette del restauro* di C. Arcolao[56], incentrato sulla descrizione delle "ricette" impiegate in antichità fino all'epoca rinascimentale con fini di diagnostica e restauro, ed il volume *Virtutes materiae* di A. Greco (fig. IV.6)[57], focalizzato in un'analisi di dettaglio di quelli che erano i composti e le materie prime da impiegare nelle miscele leganti romane e condotto attraverso una profonda rilettura filologica dei passi degli autori di età romana (II sec. a.C. – IV sec. d.C.).



Fig. IV.6 - Copertina del libro Virtutes materiae*: il contributo delle fonti latine nello studio di malte, intonaci e rivestimenti nel mondo romano* (GRECO 2011).

2 - ARCHEOMETRIA DELLE MISCELE LEGANTI IN CISALPINA

Per ciò che concerne l'archeologia dell'edilizia in senso generale, la Cisalpina romana ha cominciato a vedere, già dagli anni '90 del Novecento, ma soprattutto negli ultimi due decenni, le pubblicazioni di studi dedicati alle tecniche costruttive, finalizzati all'analisi approfondita di tipologie, modalità di messa in opera e materiali impiegati nelle strutture di questa "realtà periferica" nell'Impero romano[58]. In tale

[54] La base teorica, sintetizzata chiaramente in CRISCI *et alii* 2001, si basa sul principio che le miscele sono necessariamente prodotte nel momento in cui sono messe in opera; ciò consente di associare i momenti di costruzione di un edificio a fronte di eventuali disomogeneità sul piano delle tecniche edilizie maggiormente influenzate, ad esempio, da fattori estetici o da pratiche di recupero e riuso di materiali da costruzione da strutture più antiche. Vd. inoltre CRISCI *et alii* 2002.

[55] A titolo esemplificativo si riportano alcuni studi, per l'età romana, condotti in tal senso: BONAZZI, SANTORO, MASTROBATTISTA 2007; COUTELAS 2003b; GILOZZO, CAMPOREALE 2009; MIRIELLO *et alii* 2010.

[56] ARCOLAO 2001.

[57] GRECO 2011.

[58] BACCHETTA 2003, PORTULANO URBAN 2001, PREVIATO 2015. Per una storia degli studi che hanno preso in esame le tecniche edilizie della Cisalpina romana cfr. PREVIATO 2015, pp. 38-47.

sede è spesso stato sottolineato come tali tecniche si discostino, anche sensibilmente, dalle tradizioni "canoniche" di stampo centro-italico. Di contro, per le tematiche specificamente legate all'archeometria del costruito, in particolare per quanto concerne gli studi su miscele leganti di età romana (II sec. a.C. - V sec. d.C.), la bibliografia di riferimento non è particolarmente estesa (tab. IV.1).

In quest'ambito, si distinguono soprattutto gli studi dedicati ad analisi di intonaci parietali, editi dai primi anni 2000, in virtù dei contributi di figure quali G. A. Mazzocchin che da anni lavora su materiali provenienti da contesti veneto-friulani, attraverso campionamenti e analisi di intonaci provenienti dai casi studio di Vicenza, Verona, Concordia Sagittaria, Pordenone, Montegrotto, Padova, Lio Piccolo (Ve)[59] a cui si devono aggiungere alcuni frammenti probabilmente romani rinvenuti a Rocca di Manerba, sul lago di Garda[60].

Inoltre, alcune analisi preliminari sugli intonaci aquileiesi qui in esame in questo volume, sono stati recentemente editi da studiosi afferenti al gruppo di ricerca del Dipartimento di Geoscienze e del Dipartimento di Beni Culturali dell'Università di Padova diretto dalla prof. M. Salvadori nell'ambito del progetto TECT[61].

Anche gli intonaci romani in area lombarda sono stati presi attentamente in esame, dalla metà degli anni '90, soprattutto grazie agli studi di R. Bugini e L. Folli[62] che vantano, al 2016, l'analisi di oltre 160 campioni di contesti e fasi cronologiche diverse[63]. Alcuni articoli di sintesi rappresentano i lavori di più ampio spettro circa l'analisi di miscele leganti per ciò che concerne l'Italia settentrionale di età romana (fig. IV.7). Oltre l'ambito veneto-friulano e lombardo si segnalano anche alcuni studi archeometrici sugli intonaci di P. Farini a Modena[64], a cui si deve aggiungere un recentissimo articolo su frammenti in area slovena da Emona (Lubiana)[65] e da una *villa rustica* nei pressi di Mosnje[66].

Nel filone di studio di intonaci romani, alcuni contributi prendono in esame aspetti specifici circa le modalità di realizzazione di questi materiali quali la provenienza delle materie prime, le modalità di messa in opera dei *tectoria*, e le modalità di applicazione dei pigmenti[67].

Da quanto finora esposto si evince come, per ciò che concerne la Cisalpina, l'approccio archeometrico nello studio della pittura parietale romana sia un ambito di ricerca estremamente giovane, sviluppatosi e cresciuto solo a partire dagli anni 2000, se si escludono i lavori di G. Alessandrini *et alii* sugli intonaci provenienti dagli scavi della villa romana di Sirmione sul Garda[68] e di Bugini-Folli sul santuario repubblicano di Brescia degli anni '90[69] a cui si devono aggiungere due brevissime note edite nel catalogo *Aquileia romana. Vita pubblica e Privata*

---

[59] MAZZOCCHIN, AGNOLI, MAZZOCCHIN, COLPO 2003; MAZZOCCHIN, AGNOLI, SALVADORI 2004; MAZZOCCHIN, RUDELLO, MURGIA 2007; MAZZOCCHIN, DEL FAVERO, TASCA 2007; MAZZOCCHIN, VIANELLO, MINGHELLI, RUDELLO 2010; MAZZOCCHIN, MAZZOCCHIN, RUDELLO 2011. Sui campioni di malte da Lio Piccolo non è comunque meglio specificato se si tratti di intonaci o di altre tipologie di miscele leganti (DE LORENZI PEZZOLO, COLOMBI, MAZZOCCHIN 2017).

[60] MAZZOCCHIN, DE LORENZI PEZZOLO, VIANELLO 2013.

[61] SALVADORI, DILARIA, SEBASTIANI 2017; SEBASTIANI *et alii* 2019. Sul progetto Tect cfr. *TECT 1*; *TECT 2*.

[62] BUGINI, FOLLI 1996, 1997, 2002, 2005, 2013a, 2013b; 2014; BUGINI, FOLLI, VAUDAN 2000; BUGINI 2012; BUGINI, FOLLI, RAMPAZZI 2014; BUGINI, CERESA MORI, FOLLI, PAGANI 2014; BUGINI, FOLLI, MARIANI, PITCHER 2014; BUGINI, FOLLI, MARIANI, PAGANI 2017. A questi si deve aggiungere anche un recente articolo di C. Meucci su alcuni intonaci provenienti dall'aula W del santuario di Brescia (MEUCCI 2003) e di Alessandrini *et alii* (ALESSANDRINI *et alii* 1992) per quelli rinvenuti negli scavi delle Grotte di Catullo a Sirmione.

[63] BUGINI, FOLLI 2013a, p. 95. A questi devono essere aggiunti gli intonaci rinvenuti negli scavi della *domus* messa in luce nel chiostro del Monastero Maggiore a Milano (BUGINI 2012).

[64] BARALDI *et alii* 2006.

[65] GUTMAN, LESAR KIKELJ, ZUPANEK, KRAMAR 2016.

[66] KRAMAR *et alii* 2011. Oltre ad intonaci vengono anche analizzati frammenti di piani pavimentali in malta e preparazioni pavimentali.

[67] In particolare MAZZOCCHIN, ORSEGNA, BARALDI, ZANNINI 2006 è dedicato esclusivamente all'analisi dell'impiego dell'aragonite nei pigmenti di intonaci delle *Regiones* X e VIII; FOLLI, BUGINI 1999; BUGINI, FOLLI 2001 alla provenienza della calcite impiegata negli strati di intonachino; BUGINI, FOLLI 2012 alla presenza di aggregati monocristallini negli intonaci.

[68] ALESSANDRINI *et alii* 1992.

[69] BUGINI, FOLLI 1996; 1997.

(1991), incentrate sui risultati di analisi petrografiche e mineralogiche su un limitato campione di malte e pigmenti di un nucleo di intonaci, recuperati proprio ad Aquileia, negli scavi di abitazioni sottostanti il battistero medievale[70]. Il dato in ogni caso non stupisce perché si allinea perfettamente con quello che è stato il *trend* seguito dall'evolversi dello studio della pittura parietale di età romana nel nord Italia che, a causa del diffuso stato frammentario nei ritrovamenti, ha conosciuto uno sviluppo come disciplina solo in tempi relativamente recenti. Fa eccezione, in questo elenco, il pionieristico contributo del 1991 di C. Pagani dedicato allo studio degli intonaci recuperati nel corso della costruzione della linea 3 della metropolitana di Milano alla fine degli anni '80[71]. Questo lavoro, oltre a essere uno dei primi dedicati allo studio della pittura frammentaria romana dell'Italia settentrionale, stupisce anche per il fatto che, al suo interno, trova posto per la prima volta una sezione dedicata all'analisi delle malte preparatorie e dei pigmenti dei frammenti studiati.



Critères pour la comparaison
des enduits peints romains de la Lombardie

Criteria for the Comparison of Roman Painted Plasters from Lombardy

Roberto Bugini* et Luisa Folli**

Fig. IV.7 - Articolo di sintesi sulle indagini archeometriche sugli intonaci romani della Lombardia a firma di R. Bugini e L. Folli (2013b).

Tuttavia, negli studi legati all'area veneto-friulana, soprattutto in quelli più datati, l'attenzione è stata rivolta massimamente all'analisi composizionale della patina pittorica mentre le caratteristiche petrografico-composizionali del *tectorium* stanno ricevendo maggior considerazione solo di recente[72]. Ciò ha portato gli autori a spingersi, negli ultimissimi anni, verso la sperimentazione di analisi mirate al riconoscimento dei bacini di approvvigionamento dei materiali (in particolar modo le sabbie) impiegati nelle malte[73]. Di contro, gli aspetti composizionali del *tectorium* sono stati da sempre oggetto di studio nei lavori di R. Bugini e L. Folli, seppur l'analisi si avvalga eminentemente di metodologia petrografico-mineralogiche (microscopia ottica, analisi in diffrazione, microscopia elettronica a scansione) che non annoverano, ad oggi, puntuali indagini chimico/isotopiche per la determinazione della provenienza delle materie prime.

Nel complesso, i dati analitici su intonaci romani dell'Italia settentrionale risultano raccolti in una miscellanea di casi studio, dove, di volta in volta, è stato preso in esame un ridotto numero di campioni. Spesso i contributi sono editi in riviste scientifiche dove la contestualizzazione archeologica e soprattutto una visione cronologico-diacronica di sintesi dei dati, a parte nei lavori condotti di collaborazione con figure legate all'ambito archeologico[74], non è così spesso ricercata, se non nei lavori più recenti[75]. Maggior interesse viene rivolto alla provenienza delle materie prime, seppur, anche in questo caso, non sia mai stata sviluppata una sintesi dei bacini di approvvigionamento per le aree in esame in ottica diacronica, ovvero riponendo l'attenzione sulle modificazioni nelle materie prime in base al periodo.

---

[70] PALLECCHI P. 1991; TURCO 1991a; TURCO 1991b.

[71] PAGANI 1991.

[72] MAZZOCCHIN, RUDELLO, MURGIA 2007; MAZZOCCHIN, MAZZOCCHIN, RUDELLO 2011; GUTMAN, LESAR KIKELJ, ZUPANEK, KRAMAR 2016; MURGIA, ZERBINATTI 2017; DILARIA, SBROLLI 2018.

[73] SCHIAVON, MAZZOCCHIN 2009; MAZZOCCHIN, MAZZOCCHIN, RUDELLO 2011, pp. 186-187; MAZZOCCHIN, DE LORENZI PEZZOLO, VIANELLO 2013; BUGINI, FOLLI 2016; DE LORENZI PEZZOLO, COLOMBI, MAZZOCCHIN 2018;

[74] Si distinguono i lavori di BUGINI-FOLLI 2005, BUGINI 2012 in quanto contribuiti di appendice rispetto alla sezione più marcatamente archeologica dedicata allo studio stilistico e di ricomposizione dei nuclei di intonaci (rispettivamente MARIANI, PAGANI 2005, PAGANI 2012).

[75] BUGINI, FOLLI 2013a; 2013b.

Le miscele impiegate nelle preparazioni pavimentali sono state meno studiate rispetto agli intonaci. Le analisi vengono spesso presentate "in appendice" in lavori dedicati ad aspetti stilistico-decorativi di pavimentazioni antiche (tessellati e *sectilia* in particolare) o in progetti di conservazione, al fine di conoscere i materiali impiegati nei supporti originari delle pavimentazioni per poter adeguatamente predisporre le opere di restauro[76]. Sono invece pochi gli studi dedicati proprio all'analisi di preparazioni pavimentali e condotti nell'ottica di una più articolata comprensione delle tecniche preparatorie in questo frangente costruttivo[77]. È spesso ricercato il confronto tra dato analitico ed i riferimenti nella letteratura tecnica latina, in particolare nell'opera vitruviana (*De arch*. VII, 1, 1-7) e pliniana (*Nat. Hist*., XXXVI, 186-187), riguardanti metodi di costruzione di pavimenti[78]. In alcuni casi, le analisi hanno inoltre permesso di risalire all'organizzazione delle maestranze nei cantieri e di supportare la scansione delle fasi edilizie sulla base di analogie composizionali tra i materiali costituenti i supporti pavimentali[79]. Con tali finalità, uno studio sistematico che prenda in esame un più ampio campione di pavimenti di diversa cronologia è stato finora condotto esclusivamente per il sito di Aquileia[80]. Sviluppati secondo questi medesimi propositi sono anche i lavori di C. Guarnieri sui mosaici di Faenza. Seppur i contesti e i pavimenti specifici siano finora limitati, in base all'analisi delle preparazioni e non solo della superficie musiva, sono state avanzate dalla ricercatrice alcune ipotesi sull'organizzazione delle maestranze attive a *Faventia* in età augustea[81].

Estremamente limitati sono infine gli studi sulle altre tipologie di leganti, come le malte di allettamento di strutture murarie, i calcestruzzi/*opus cementicium*[82] ed infine tutti i rivestimenti pavimentali e parietali differenti dagli intonaci dipinti.

Per ciò che concerne analisi delle malte di allettamento di strutture murarie, dagli anni '90 ad oggi gli unici lavori da segnalare sono quelli relativi alle fondazioni in laterizi delle mura urbiche di Ravenna[83], al mausoleo di Galla Placidia[84], alle strutture del porto fluviale di Aquileia[85] e alle strutture che costituiscono i radiali dell'anfiteatro di Como[86] e del teatro e anfiteatro di Padova[87]. A queste si aggiungono le analisi di pochissimi altri campioni relativi ad allettamenti

[76] FIORI, DONATI, MAMBELLI, RACAGNI 1988; CLEMENTINI, MAIOLI, CARBONARA, MACCHIAROLA 2010; FIORI 2012; SFRECOLA 2014.

[77] BUGINI, FOLLI 1996; 1998; 2007; 2014; GUARNIERI, BERGAMINI 1996; PORTULANO, BUGINI, FOLLI 2002; ZANDA, TULIANI, MONTARO 2004; MARITAN *et alii* 2006; BUGINI, FOLLI, MAPELLI, PITCHER 2008; STARINIERI 2009, pp. 73-77; BUGINI, FOLLI, PORTULANO, ROFFIA 2012; FOLLI, BUGINI 2016.

[78] PORTULANO, BUGINI, FOLLI 2002; BUGINI, FOLLI, PORTULANO, ROFFIA 2012; DILARIA *et alii* 2016, SECCO *et alii* c.s.

[79] In particolare MARITAN *et alii* 2006a, pp. 430-432.

[80] DILARIA 2014, DILARIA *et alii* 2016, SECCO *et alii* c.s. A questi si deve aggiungere uno studio su alcuni frammenti di preparazione pavimentale rinvenuti in giacitura secondaria in livelli di discarica durante gli scavi degli anni '90 presso il porto fluviale (PORTULANO, BUGINI, FOLLI 2002).

[81] GUARNIERI, BERGAMINI 1996, in part. p. 311.

[82] Vengono qui segnalati unitamente i calcestruzzi e l'*opus cementicium* da riferire alla terminologia adottata in GINOUVÈS, MARTIN 1985, pp. 51-52. Col termine opere cementizie/*opus cementicium* vengono definite delle miscele con funzione strutturale composte, come nel caso del calcestruzzo, da un legante, aggregati quali la sabbia ed elementi lapidei di dimensioni superiore ai 5 mm, mescolati ad acqua; si distingue dal calcestruzzo in quanto, mentre questo veniva precedentemente preparato in un contenitore e poi colato nella struttura, l'*opus caementicium* veniva invece allettato direttamente per livelli nel luogo di impiego. Tuttavia, non è spesso possibile distinguere, dalle descrizioni forniteci in letteratura, tale specifico aspetto, che non riguarda la composizione della miscela, ma le modalità di messa in opera di quest'ultima.

[83] COSTA, GOTTI, TOGNON 2000.

[84] FIORI, MACCHIAROLA 1996, pp. 233-234. Le analisi riguardano un campione di malta originaria e due campioni di restauri moderni.

[85] PORTULANO, URBAN 2001, pp. 36-38. Le analisi, inedite, sono state effettuate da R. Bugini e L. Folli ed inserite nella relazione di alcune campagne di scavo condotte da M.-B Carre e C. Zaccaria; cfr. in particolare PORTULANO, URBAN 2001, pp. 36-37, nota 60 e p. 38, nota 63.

[86] BUGINI, FOLLI 1993.

[87] VOLPIN 2017/2018; SECCO *et alii* 2019.

di malta dei paramenti delle mura romane di Pavia[88] e di alcune strutture a Desenzano[89], Milano[90] e a Susa[91]. Per l'area slovena infine è stato recentemente edito uno studio su miscele leganti impiegate in ambito costruttivo (allettamenti murari e preparazioni pavimentali) dal sito attribuito ad una villa rustica nei pressi di Mošnje[92].

Per quanto riguarda infine l'*opus cementicium* si possono citare le analisi sulle fondazioni delle mura repubblicane di Aquileia[93], della platea di fondazione dell'anfiteatro di Como[94] e del teatro di Padova[95], su un lacerto di struttura voltata rinvenuta negli scavi del santuario repubblicano di Brescia[96]. Si deve infine aggiungere un campione di cocciopesto grossolano prelevato dalla villa imperiale di Sirmione, la cui esatta provenienza strutturale non è però chiaramente specificata[97].

Regione	Città / contesto	Funzione	N° cam.	Analisi[1]	Bibliografia
Emilia Romagna	Classe	prep. pavimentali	2	OM; CHIMICHE (LOI, ASS, IC); MECCANICHE	STARINIERI 2009
	Faenza *Domus di palazzo Pasolini*	prep. pavimentali	2 (?)	XRD; DTA-TGA	GUARNIERI, BERGAMINI 1996
	Modena *Domus Farini*	intonaci	37	OM; XRD; SEM-EDS; FT-IR; TGA	BARALDI *et alii* 2006
	Ravenna Mura repubblicane	prep. pavimentali	2	XRD; TG; ATTACCO ACIDO;	FIORI, DONATI, MAMBELLI, RACAGNI 1988
	Mausoleo di Galla Placidia	malte allettam.	5	XRD; SEM	COSTA, GOTTI, TOGNON 2000
			1	DTA-TGA	FIORI, MACCHIAROLA 1996
	Rimini *Domus* del chirurgo	prep. pavimentali	-	OM; XRD; SEM-EDS; DTA-TGA; POROS.	CLEMENTINI, MAIOLI, CARBONARA, MACCHIAROLA 2010
Friuli Venezia Giulia	**Aquileia** *D.* sotto il battistero	intonaci	2	OM; XRD	PALLECCHI 1991; TURCO 1991a; TURCO 1991b
	Domus dei Putti Danzanti		5	OM	MURGIA, ZERBINATTI 2017
	Domus di T.M./B.F	prep. pavimentali	38	OM; XRPD, SEM-EDS	DILARIA 2014 ; DILARIA *et alii* 2016; SECCO *et alii* 2017
	Porto fluviale		3	OM; XRD	PORTULANO, BUGINI, FOLLI 2002
	Asaroton oikos		2	OM; XRD; DTA/TGA	FIORI 2012
	Porto fluviale				
	Mura repubblicane	malte allettam.	-	-	PORTULANO, URBAN 2001
		calcestruzzo	1	OM; XRPD, SEM-EDS	BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016
	Torre di Pordenone	intonaci	-	OM; XRD; SEM-EDS; FT-IR (?)	MAZZOCCHIN, AGNOLI, SALVADORI 2004; SCHIAVON, MAZZOCCHIN 2009
	Goraz, Pedruje, Bagnarola (PN)	intonaci	-	OM;; SEM-EDS; FT-IR	MAZZOCCHIN, DEL FAVERO, TASCA 2007
	Trieste	intonaci	-	OM; XRD; SEM-ED, FT-IR (?)	MAZZOCCHIN, AGNOLI, SALVADORI 2004
Lombardia	Breno	intonaci	18	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2013a; 2013b
	Brescia *Santuario Repubblicano*	intonaci	34	OM; XRD; SEM-EDS; FT-IR	BUGINI, FOLLI 1996; 1997; 2000; 2002; 2013a; 2013b; 2014; BUGINI, FOLLI, RAMPAZZI 2014.
			2	OM; XRD; FT-IR; TGA	MEUCCI 2003
		prep pavimentali	5	OM; XRD; SEM-EDS; FT-IR	BUGINI, FOLLI 1996; 2014
		calcestruzzo	1	OM; XRD; SEM-EDS	BUGINI, FOLLI 1996
	Scavo sotto santuario rep.	intonaci	6	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2002; 2013a; 2013b
	Area Credito agrario bresciano		6	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2002; 2013a; 2013b
	Palazzo Martinengo		23	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2002; 2013a; 2013b
	Area del Liceo Arnaldo		19	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2002; 2013a; 2013b

[88] RICCARDI, DUMINUCO, TOMASI, FERLONI 1998.

[89] BUGINI, FOLLI 2007. Le analisi si riferiscono alle malte di allettamento delle strutture murarie di una villa suburbana a Desenzano in località Faustinella-S. Cipriano.

[90] FOLLI, BUGINI 2016.

[91] Queste sono state prese in esame in due distinti lavori: GRASSI, STAFFERI, DE LORENZO, PAPOTTI 1993; SFRECOLA 2015. Nel secondo caso i campioni sono riferibili a murature di età augustea (tempio romano in Piazza Savoia e *Praetorium*), mentre per il primo non sono meglio definiti i contesti di provenienza.

[92] KRAMAR *et alii* 2011

[93] BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016.

[94] BUGINI, FOLLI 1993.

[95] VOLPIN 2017/2018

[96] BUGINI, FOLLI 1996, pp. 173-174.

[97] LAMPRECHT 1984, pp. 64-65.

	Domus di Santa Giulia		42	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2005; 2013a; 2013b
	Basilica	prep pavimentali	-	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 1998
	Calvatone / *Bedriacum*	intonaci	28	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2002; 2013a; 2013b
	Civitate Camuno	intonaci	31	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2002; 2013a; 2013b
	Cremona *D.* v. Bella Rocca	intonaci	4	OM; XRPD	BUGINI, FOLLI, MARIANI, PITCHER 2014
	Domus v. Cadolini		3	OM; XRPD	BUGINI, FOLLI, MARIANI, PITCHER 2014
		piani pavimentali prep. pavimentali	-	OM; XRD	BUGINI, FOLLI, MAPELLI, PITCHER 2008
	Como	calcestruzzi	19	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 1993
	Anfitea-	malte allettam.	6	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 1993
	tro	malte rivestim.	3	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 1993
	Desenzano del Garda –	malte allettam.	18	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2007
	villa romana in loc. Faustinella	prep. pavim.	2	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2007
		altro	3	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2007
	Villa di Borgo Regio	prep. pavim.	7 (?)	OM; XRD	BUGINI, FOLLI, PORTULANO, ROFFIA 2012
	Milano *Scavi MM3*	Intonaci	15 +	OM (?)	PAGANI 1991
	Domus di Via C. Correnti 24		34	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2002; 2013a; 2013b; BUGINI, CERESA MORI, FOLLI, PAGANI 2014
	Scavi Università Cattolica		23	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2002; 2013a; 2013b
	Monastero Maggiore		17	OM; XRD	BUGINI 2012
	Domus di P. Fontana		8	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2013a; 2013b; BUGINI, CERESA MORI, FOLLI, PAGANI 2014
	Domus di P. Meda		3	OM; XRD	BUGINI, FOLLI 2013a; 2013b; BUGINI, CERESA MORI, FOLLI, PAGANI 2014
	Via Birsa	rivestim. pav.	1	OM; XRD	FOLLI, BUGINI 2016
		malte allettam.	2	OM; XRD	FOLLI, BUGINI 2016
		malte rivestim.	1	OM; XRD	FOLLI, BUGINI 2016
	Pavia / *Ticinum*	malte allettam.	5 (?)	OM; XRD; DTA-TGA	RICCARDI, DUMINUCO, TOMASI, FERLONI 1998
	Rocca di Manerba	intonaci	-	OM; XRD; FT-IR	MAZZOCCHIN, DE LORENZI PEZZOLO, VIANELLO 2013
	Sirmione (Villa "Grotte di Catullo")	intonaci	23	OM; XRD	ALESSANDRINI, BOLLA, BUGINI, ROFFIA 1992;
			19	OM; XRD; SEM-EDS; FT-IT	BUGINI, FOLLI 2002; 2013a; 2013b; ROFFIA, BUGINI BIONDELLI FOLLI 2005
		malte rivestim.	2	OM; XRD	ALESSANDRINI, BOLLA, BUGINI, ROFFIA 1992
		calcestruzzi	1 (?)	?	LAMPRECHT 1984
Piemonte	Acqui Terme	prep. pavim.	-	XRD; SEM; POROS. A Hg	ZANDA, TULIANI, MONTARO 2004
			1	OM	SFRECOLA 2014
	Susa *cinta muraria urbica*	malte allettam.	-	OM; XRD; AN. CHIMICA; GRANUL.	GRASSI, STAFFERI, DELORENZO, PAPOTTI 1993
		malte rivestim.	-	OM; XRD; AN. CHIMICA; GRANUL.	GRASSI, STAFFERI, DELORENZO, PAPOTTI 1993
	Praetorium e tempio romano	malte allettam.	11	OM; XRD; GRANUL.; FT-IR; SEM-EDS	SFRECOLA 2015
Veneto	Concordia Sagittaria terme	intonaci	26	OM; XRD; SEM-EDS; FT-IR; GC–MS	MAZZOCCHIN, VIANELLO, MINGHELLI, RUDELLO 2010; SCHIAVON, MAZZOCCHIN 2009 MANCA AGRO CENTURIATO
	Agro centuriato				
	Montegrotto	intonaci		OM; XRD; SEM-EDS, FT-IR (?)	MAZZOCCHIN, AGNOLI, SALVADORI 2004
		prep. pavim.	3	OM; XRD	MARITAN *et alii* 2006
	Padova *Via Acquette e Via M. Solferino,*	intonaci	18	OM; XRD; SEM-EDS; FT-IR; DRIFTS	MAZZOCCHIN, MAZZOCCHIN, RUDELLO 2011; SCHIAVON, MAZZOCCHIN 2009; DE LORENZI PEZZOLO, MAZZOCCHIN 2013; DE LORENZI PEZZOLO, COLOMBI, MAZZOCCHIN 2018
	Anfiteatro	malte allettam.	2	OM; XRD; SEM-EDS	VOLPIN 2017/2018; SECCO *et alii* 2019
	Teatro	malte allettam. fond. strutturali	n.d.	OM; XRD; SEM-EDS	VOLPIN 2017/2018
	Roncaglia (PD)	intonaci	4	OM; XRD; SEM-EDS; FT-IR; DRIFTS	MAZZOCCHIN, MAZZOCCHIN, RUDELLO 2011; DE LORENZI PEZZOLO, MAZZOCCHIN 2013; DE LORENZI PEZZOLO, COLOMBI, MAZZOCCHIN 2018
	Verona	intonaci	175 (?)	OM; XRD; SEM-EDS; DRIFTS	MAZZOCCHIN, RUDELLO, MURGIA 2007; SCHIAVON, MAZZOCCHIN 2009; DE LORENZI PEZZOLO, MAZZOCCHIN 2013
	Vicenza	intonaci	60 (?)	OM; XRD; FT-IR; SEM-EDS; DRIFTS	MAZZOCCHIN, AGNOLI, MAZZOCCHIN, COLPO 2003; SCHIAVON, MAZZOCCHIN 2009; DE LORENZI PEZZOLO, MAZZOCCHIN 2013; DE LORENZI PEZZOLO, COLOMBI, MAZZOCCHIN 2018
	Lio Piccolo (VE)	intonaci	5	DRIFTS	DE LORENZI PEZZOLO, COLOMBI, MAZZOCCHIN 2018
Valle d'Aosta	Aosta	prep. pavim.	6	OM; XRD; FT-IR; IC; DTA/DTG; AN. GRANUL.; CALCIMETRIA; ASSORBIM. VAPORE	APOLLONIA, PICCIRILLO 2006

Slovenia	Lubiana	intonaci	23	OM; FT-IR; TEST MECCANICI; POROS. AL Hg	GUTMAN, LESAR KIKELJ, ZUPANEK, KRAMAR 2016
	Mošnje – villa rustica	intonaci; prep. pavimentali	6	OM; X-RPD; FT-IR; SEM-EDS, CHIM AN.; POROSIM.	KRAMAR *et alii* 2011.

Tab. IV.1 - Tabella riassuntiva dei contesti di prelievo di campioni di malte e calcestruzzi sui quali sono state condotte analisi archeometriche nell'ambito della Cisalpina romana. [1]Le analisi fanno riferimento esclusivamente alle porzioni in malta dei campioni, non sono comprensive anche dei pigmenti qualora presenti.

3 - CONSIDERAZIONI DI SINTESI

La panoramica sullo stato dell'arte finora delineata rivela come l'interesse per le miscele leganti nell'ambito dell'edilizia antica sia andata particolarmente sviluppandosi solo negli ultimi vent'anni, al passo con nuove, e sempre più minuziose metodologie di indagine. Gli indirizzi di ricerca specifici sono vari e possono avere un taglio tipologico (caratteristiche di malte pozzolaniche, di intonaci e pigmenti, tipologie di materie prime impiegate), archeologico contestuale (studio delle malte per discriminazione di fasi edilizie), o geografico/territoriale (analisi delle particolarità tecniche locali o dei bacini di approvvigionamento delle materie prime).

Lo studio condotto nel progetto di questa tesi risulta ciononostante una proposta a suo modo innovativa, non per ciò che concerne il metodo con cui è condotta l'indagine, quanto piuttosto per l'approccio e le finalità di ricerca. Non esiste infatti, ad oggi, uno studio monografico che miri a studiare, con una medesima metodologia analitica, una casistica ampia e – auspicabilmente – statisticamente rilevante di campioni di miscele leganti romane, prelevati da contesti archeologici differenti, sia per ciò che concerne la destinazione funzionale che per cronologia, all'interno dell'ambito spaziale ben definito di un unico centro urbano. Solo in questo modo è possibile contestualizzare adeguatamente i risultati in un orizzonte sociale, artigianale ed economico completo; operazione altrimenti impossibile qualora si analizzi un solo contesto o si operino studi con un taglio tipologico. In altri termini, le ricerche condotte su un campione limitato e su una sola tipologia di miscele leganti (intonaci, miscele pozzolaniche etc.) non permettono di ottenere una panoramica verosimile di quelle che potevano essere tutte le variabili sia tecnico-applicative sia cronologico-composizionali per ciò che concerne la produzione di miscele leganti in un determinato contesto territoriale, sia esso un centro urbano o un'intera regione, ed entro un periodo storico di lunga durata quale fu l'epoca romana.

Per l'Italia settentrionale, si sente l'urgenza di una sintesi che raccolga i risultati di analisi condotte negli anni con metodi differenti, in modo da poter sviluppare considerazioni storiche o economico-sociali di massima. La sintesi temporale diacronica proposta negli ultimi anni da R. Bugini e L. Folli per ciò che concerne i materiali e tecniche produttivo-applicative degli intonaci parietali rinvenuti in Lombardia è un esempio ammirevole di ciò[98]; tuttavia essendo sviluppate a posteriori e non essendo organizzate programmaticamente all'avvio delle indagini negli Novanta del secolo scorso, tali conclusioni risentono del fatto che gran parte dei frammenti di intonaco provengono da contesti non datati e soffrono dell'assenza di campionamenti relativi a fasi medio-tardo imperiali[99].

Certamente la ricerca condotta nell'ambito della tesi dottorale di A. Coutelas[100] è quella che maggiormente si accosta come finalità e metodo di ricerca al lavoro intrapreso in questa sede. Eppure, se da un lato l'analisi "estensiva" operata su diversi contesti archeologici distribuiti in un'ampia estensione territoriale, quale era la Gallia romana, permetta certamente di avere una panoramica ampia su quelle che possono essere assonanze e differenze tecniche nelle cernita

[98] BUGINI, FOLLI 2013a, in part. p. 98; 2013b, in part. p. 49.

[99] Gli intonaci datati a fasi medio-tardo imperiali sono esclusivamente quelli recuperati negli scavi a Milano delle *domus* di Piazza Meda e sotto l'Università Cattolica e nelle indagini delle *domus* sotto il monastero di S. Giulia a Brescia (BUGINI, FOLLI, 2013a, p. 95; 2013b, p. 43). Comunque, come sottolineato dagli stessi autori (BUGINI, FOLLI 2013b, p. 49), i frammenti provengono quasi sempre da strati di riporto e discarica e ciò non permette di avere datazioni affidabili per questi intonaci.

[100] COUTELAS 2003.

delle materie prime e messa in opera, alla luce di una innegabile diversificazione dei bacini di approvvigionamento, dall'altro non permette di avere una visione diacronica e tecnico-applicativa completa che è possibile invece condurre solo qualora si indaghi "intensivamente" un solo centro del mondo antico. L'approccio "intensivo", piuttosto che "estensivo", risente di un'ovviamente ridotta diversificazione delle caratteristiche petrografico-mineralogiche dei prodotti leganti, in quanto si deve dare per assodato che i bacini di approvvigionamento delle materie prime di un singolo centro, pur con le loro minori diversificazioni, rimasero fondamentalmente sempre gli stessi, soprattutto per ciò che concerne i materiali "non specializzanti" (sabbie, pietra da calce). D'altro canto, studiare intensivamente la realtà materiale di un singolo centro urbano permette di rispondere a quella serie di quesiti, riassunti nell'introduzione a questo studio[101], che rivolgono maggiormente l'attenzione sul rapporto tra tecniche edilizie e tipologie di miscele leganti impiegate, in periodi e fabbriche differenti, con l'obiettivo di comprendere quale fosse l'organizzazione e la specializzazione delle maestranze nei cantieri o l'interesse nella scelta delle materie prime esercitato dalle committenze. É questo l'aspetto innovativo sviluppato in questo studio, ovvero cercare di definire criteri "statisticamente affidabili" per una conoscenza completa delle modalità produttive di miscele leganti di un determinato centro antico; inoltre, attraverso la stretta e necessaria integrazione con la fondamentale analisi condotta da C. Previato sulle tecniche edilizie di Aquileia romana e sulle cave di approvvigionamento dei materiali litoidi (fig. IV.8)[102], ci si auspica che questi due lavori possano fungere da base e modello di riferimento per altri studi su tecniche edilizie di altri centri del mondo antico, sviluppati attraverso l'indagine integrale di tutti gli aspetti costruttivi.

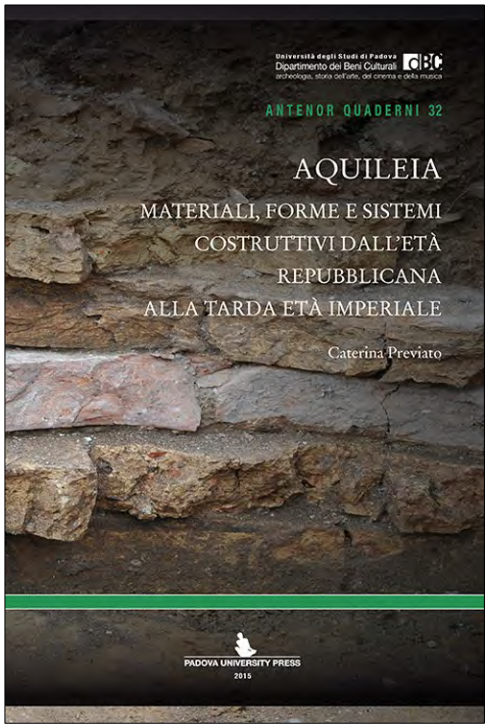


Fig. IV.8 – Copertina del libro Aquileia. Materiali, forme e sistemi costruttivi dall'età repubblicana alla tarda età imperiale (PREVIATO 2015)

[101] Cfr. *Introduzione*.
[102] PREVIATO 2015.

CAPITOLO V
METODOLOGIA DI INDAGINE

1 – L'IMPOSTAZIONE E IL CONTESTO DELLA RICERCA

In questo capitolo viene presentato il metodo di indagine e le tecniche di analisi applicate nello studio delle miscele leganti aquileiesi. Come già detto nella premessa all'elaborato, il lavoro condotto in questo progetto è finalizzato allo studio di campioni di malte e calcestruzzi impiegati in ambito edilizio e decorativo nel contesto di Aquileia romana e bizantina (II sec. a.C. – VI sec. d.C.)[1]. L'analisi si è mossa eminentemente sul piano sperimentale ed è stata quindi condotta tramite intensiva campionatura di materiali cementizi, prelevati da strutture e manufatti conservatisi ancora *in situ*, da alcuni dei principali contesti archeologici della città antica. Sono state analizzate con cura le cronologie e le fasi edilizie delle fabbriche architettoniche ed è stata riposta massima attenzione al punto specifico di prelievo dei campioni, verificando l'assenza di restauri, antichi e moderni. Nell'analisi di una specifica classe di manufatti, quali gli intonaci parietali, la campionatura è stata estesa anche a materiali non *in situ*, ossia recuperati nel corso di scavi estensivi nella città antica di anni recenti e passati. Gran parte di questi nuclei di intonaci sono attualmente conservati all'interno dei depositi e laboratori archeologici del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia e degli Atenei coinvolti nelle ricerche archeologiche sul sito[2].

Ai fini di questo progetto di ricerca, i campioni sono stati selezionati in base ad aspetti di interesse, di natura cronologica o tecnica, privilegiando i nuclei editi e rappresentativi di un arco cronologico quanto più ampio possibile[3]. Tutti i campioni sono stati quindi descritti in relazione alla tipologia di struttura, cronologia e contesto archeologico di provenienza. Per distinguere chiaramente le diverse componenti impiegate nei composti cementizi ed i composti stessi, è stata adottata una rigorosa terminologia, basata su un lessico tecnico definito e strutturato[4].

---

[1] Il concepimento e l'avvio del progetto è stato possibile grazie alla creazione di un gruppo di ricerca che ha collaborato nello studio e nell'impostazione della ricerca, afferente in particolar modo all'Università di Padova: prof. Jacopo Bonetto (Dipartimento dei Beni Culturali); prof.ssa Monica Salvadori (Dipartimento dei Beni Culturali); prof. Gilberto Artioli (Dipartimento di Geoscienze; Centro Interdipartimentale di Ricerca per lo Studio dei Materiali Cementizi e dei Leganti Idraulici - CIRCe); dott. Michele Secco (Dipartimento dei Beni Culturali; Centro Interdipartimentale di Ricerca per lo Studio dei Materiali Cementizi e dei Leganti Idraulici - CIRCe); dott. Leonardo Sebastiani (Dipartimento dei Beni Culturali, Università degli Studi di Padova/UMR 5608, Université Toulouse – Jean Jaurès); dott.ssa Anna Addis (Dipartimento di Geoscienze); dott.ssa G. Ricci (Dipartimento di Geoscienze). La ricerca è stata inoltre resa possibile grazie alla collaborazione con docenti di altri Atenei operanti ad Aquileia: prof.ssa Patrizia Basso (Dipartimento di Culture e Civiltà, Università di Verona), prof.ssa Daniela Cottica (Dipartimento di Studi Umanistici, Università Ca' Foscari di Venezia), dott.ssa Flaviana Oriolo (Archeologa, Libera professionista), prof.ssa Marina Rubinich (Dipartimento di Studi Umanistici e del Patrimonio Culturali, Università degli Studi di Udine). Si ringrazia infine la preziosa collaborazione della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti, Paesaggio e del Polo Museale del Friuli Venezia Giulia, della Fondazione Aquileia e della fondazione Fondazione So.Co.BA (Società per la Conservazione della Basilica di Aquileia), con particolare riferimento alla dott.ssa Paola Ventura, dott.ssa Marta Novello e al dott. Cristiano Tiussi.

[2] Le due classi di campioni, prelevati da strutture conservate *in situ* e, in alcuni casi, da contesti secondari di riposto sono stati distinti nell'analisi in quanto differenti in termini informativi (cfr. rispettivamente Cap. VI e VII).

[3] In questo ambito della ricerca si ringrazia in particolar modo il prezioso contributo della dott.ssa F. Oriolo, del dott. L. Sebastiani e della dott.ssa S. Sbrolli per la selezione dei nuclei di intonaci aquileiesi da sottoporre a campionamento e analisi.

[4] Cfr. Cap. III.

Come più volte ribadito, l'obiettivo di questo studio è quello di evidenziare le modalità produttive delle miscele leganti impiegate ad Aquileia e la provenienza delle materie prime in esse utilizzate, con il fine ultimo di contestualizzare i risultati nel background storico, economico-produttivo e tecnico dell'antica città romana e di trarne delle conclusioni utili al miglioramento dello stato delle nostre conoscenze sul panorama tecnico-produttivo ed artistico delle maestranze e dei committenze circolanti nella città nord-italica e, più in generale, nel mondo romano.

In seguito alle procedure di prelievo e schedatura, i campioni sono stati oggetto di indagini archeometriche. Le tecniche principali adottate sono: i) analisi petrografiche in microscopia ottica di sezioni sottili in luce trasmessa e riflessa, applicate su tutti i campioni discussi in questo elaborato; ii) indagini mineralogiche in diffrazione delle polveri (XRPD), applicate su una selezione di campioni di interesse; iii) indagini chimiche e microstrutturali tramite microscopia elettronica a scansione (SEM) associata a microsonda EDS, applicate su una limitata selezione di campioni di interesse[5].

Ulteriori tecniche analitiche sono state adottate per indagini con finalità specifiche, solo in un numero limitato di casi[6], tra cui: i) microscopia ottica confocale; ii) spettroscopia micro-Raman; iii) fluorescenza a raggi X (XRF).

Inoltre, al fine di riassumere e visualizzare in maniera chiara i dati, è stato spesso necessaria la realizzazione di grafici di distribuzione dove potessero essere poste in risalto le affinità composizionali nel dataset analitico, sulla base dei risultati desunti dalle analisi petrografiche o mineralogiche sui campioni prelevati. Sono state quindi adottate metodologie di indagine multivariata (PCA, *principal component analysis*) per soppesare adeguatamente le diverse variabili al fine di identificare clusterizzazioni o trend particolari nella distribuzione dei campioni. Come verrà meglio discusso in seguito, essendo la microscopia ottica il metodo che, ai fini di questo studio, sembra dare maggiori risultati a tempi e costi contenuti, le osservazioni che si possono trarre da questa tecnica sono state parametrizzate anche tramite l'uso di protocolli d'analisi d'immagine, al fine di essere oggetto di test statistici, come verrà definito in seguito.

2 - CAMPIONAMENTO E DESCRIZIONE MACROSCOPICA

Il campionamento è stato condotto tramite prelievo di campioni di dimensione centimetrica o decimetrica di malte e calcestruzzi, prestando attenzione, quanto più possibile, che nel dataset finale le diverse tipologie strutturali in cui miscele leganti trovavano impiego fossero adeguatamente rappresentate e che la copertura cronologia dei campioni fosse statisticamente valida per sviluppare un discorso di sintesi di natura storica e storico-economica di massima. La scelta dei campioni oggetto di indagine è stata quindi condotta seguendo criteri di rappresentatività, nei limiti del possibile, delle diversità morfologico/funzionali e cronologiche delle strutture di afferenza, ponendo un particolare riguardo anche nella selezione dei contesti in base alla destinazione funzionale degli stessi (contesto pubblico, privato, artigianale-produttivo etc.). Nell'immagine alla fig. V.1, evidenziati in rosso sono i contesti da cui provengono i campioni da

[5] Le indagini petrografiche, mineralogiche e chimiche tramite SEM-EDS sono state condotte presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova sotto la supervisione del Dott. Michele Secco. Si ringraziano il sig. Leonardo Tauro, la dott.ssa Elena Masiero e il dott. Marco Favero del laboratorio di analisi petrografiche per la preparazione delle sezioni sottili; il dott. Marco Favaro e il dott. Federico Zorzi per il supporto nelle analisi mineralogiche; il sig. Leonardo Tauro per il supporto nel laboratorio di microscopia elettronica a scansione SEM-EDS; il sig. Aurelio Giaretta per il laboratorio di chimica. Si ringraziano qui inoltre il prof. F. Antonelli del laboratorio L.A.M.A (Laboratorio Analisi Materiali Antichi) dell'Università IUAV di Venezia per il fondamentale supporto nell'analisi petrografica degli intonaci parietali aquileiesi e il prof. A. Fontana del Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova per la consulenza fornita nello studio dei depositi fluviali friulani.

[6] Si ringrazia la fondamentale collaborazione del Dott. Domenico Miriello e della dott.ssa Donatella Barca (Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienza delle Terra dell'Università degli studi della Calabria) per la preparazione e l'analisi dei campioni oggetto di indagine geochimica.

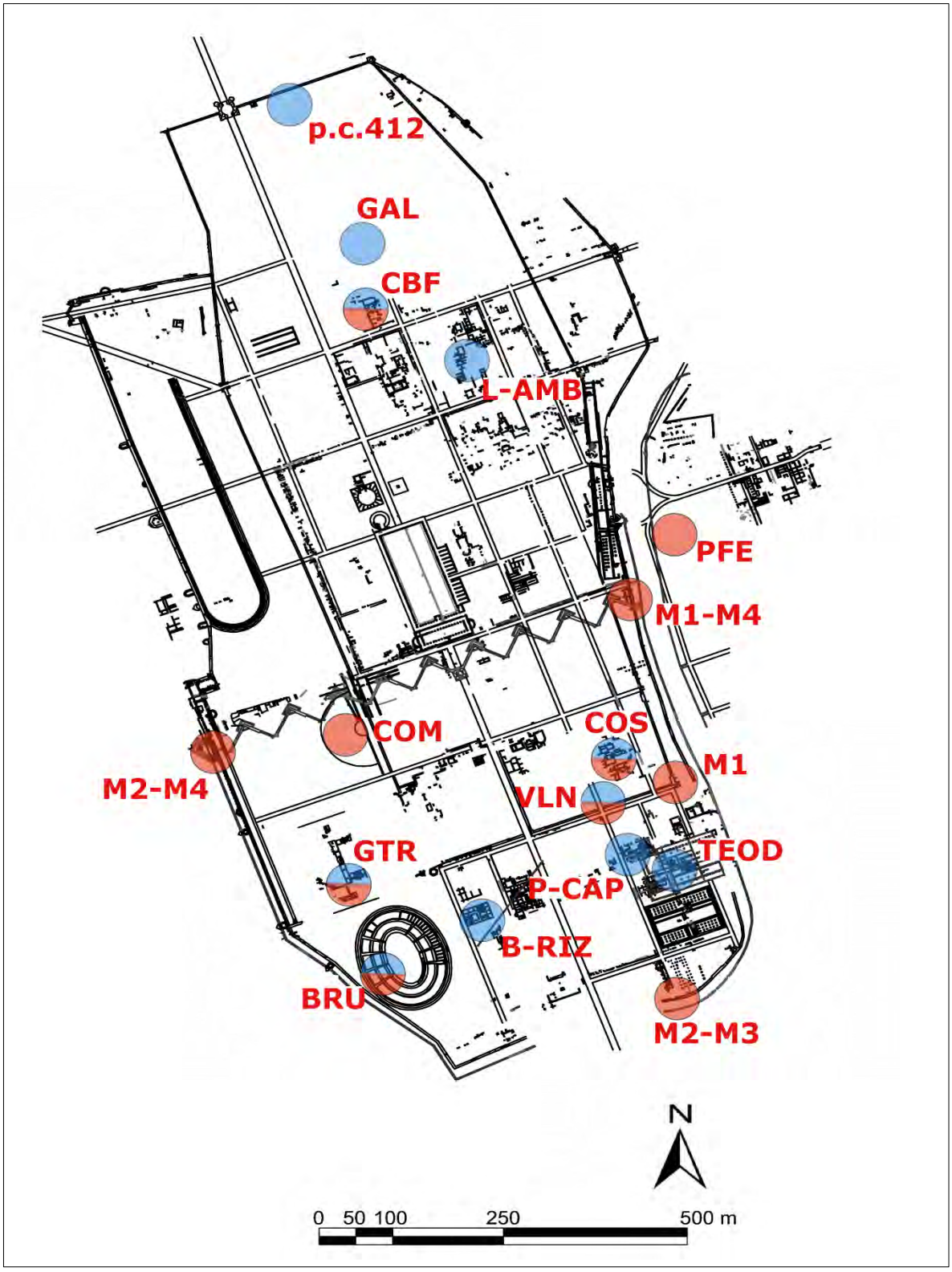


Fig. V.1 – Distribuzione dei siti da cui provengono i campioni analizzati, da nord a sud: p.c.412 = Abitazione presso la particella catastale 412; GAL = Edificio templare presso il Fondo Gallet; CBF = *Insula* della Casa delle Bestie ferite; L-AMB = *Domus* di Licurgo e Ambrosia; PFE = Area produttiva presso la sponda orientale del porto fluviale; M1, M2, M3, M4 = Cinte urbiche aquileiesi; COM = Teatro; COS = *Domus* di Tito Macro; VLN = complesso plurifase presso la Stalla Violin; GTR = Grandi Terme Costantiniane; P-CAP = *Domus* di Piazza Capitolo; B-RIZ = *Domus* presso l'ex Beneficio Rizzi; TEOD = Complesso teodoriano; BRU = Anfiteatro. In rosso i contesti da cui provengono campioni da strutture in situ; in azzurro i contesti da cui provengono campioni in giacitura secondaria (intonaci). Da alcuni contesti sono stati prelevati campioni sia da strutture *in situ* che rinvenuti in giacitura secondaria. Modificata da BERTACCHI 2003.

strutture conservate *in situ*; in azzurro sono invece quelli da cui provengono campioni rinvenuti in giacitura secondaria (prevalentemente intonaci parietali). I casi misti sono aree da cui sono stati analizzati campioni riferibili ad entrambi le tipologie di contesti.

Il prelievo di campioni è stato effettuato con metodo meccanico (martello e scalpello). I punti di prelievo sono stati adeguatamente documentati fotograficamente, mediante fotocamera Canon EOS 1100, e successivamente rilevati e segnalati in piante gestite in ambiente vettoriale con il software AutoCAD 2013. Una siglatura è stata adottata al fine di fornire un preliminare inquadramento della porzione strutturale e della provenienza dei campioni, secondo queste codifiche: i) area archeologica di provenienza; ii) elemento strutturale; iii) numero progressivo del campione. L'elemento strutturale è stato definito secondo questo schema: a) WM = miscele leganti di allettamento di paramenti o nuclei di strutture murarie; b) PREP = miscele leganti a stesura orizzontale messe in opera con funzione strutturale o impiegate come supporti preparatori/rivestimenti pavimentali di diversa tipologia; c) CM = miscele leganti con funzione strutturale, di allettamento o di rivestimento di strutture idrauliche, quali vasche, cisterne e condotti di scarico; d) VM = miscele leganti applicate in volte e sistemi di copertura in *opus caementicium*; e) INT = miscele leganti costituenti il *tectorium* di intonaci parietali dipinti. I diversi campioni sono stati poi enumerati con valori progressivi (ad es. BRU_CM_1; BRU_CM_2 etc.). Nel caso di campioni con più strati, quali possono essere i masselli preparatori pavimentali e, soprattutto, gli intonaci parietali, le singole stesure di malta o calcestruzzo sono state enumerate con un valore progressivo posto dopo il numero di riferimento del campione massivo, procedendo sempre dallo strato più superficiale verso quello più interno (ad es. CBF_INT_1.1; CBF_INT_1.2 etc.).

Sono stati nel complesso prelevati 275 campioni di miscele leganti, a cui si aggiungono 3 campioni di materiali lapidei (prodotti vulcanici di natura magmatico-effusiva e piroclastica) costituenti i *caementa* di strutture voltate in *opus caementicium*. Questo valore non rappresenta però il numero totale di strati analizzati, che nei campioni pluristratificati può essere in numero anche superiore a quattro. Il numero quindi cresce a 406 se si considerano anche i singoli strati, distribuiti tra campioni monostrato e campioni pluristratificati. Tutte le analisi effettuate sui materiali sono sempre indicate in relazione allo specifico strato. Inoltre, al fine di determinare le provenienze delle materie prime impiegate nei materiali cementizi, oltre ai dati geologico-mineralogici e sedimentologici disponibili in letteratura, sono stati anche prelevati direttamente 6 campioni di sabbie e ghiaie dai principali depositi sedimentari fluviali o litoraneo-costieri delle zone contermini il sito di Aquileia.

Successivamente alle operazioni di prelievo, siglatura e descrizione del contesto di provenienza, tutti i campioni sono stati tagliati mediante troncatrice in lama diamantata (Struers Unitom-2 e Struers Labotom-2); per ogni strato è stata eseguita una preliminare analisi macroscopica che ha permesso la definizione del colore di massa e degli elementi costituenti principali. L'estrema fragilità di alcuni composti ha richiesto, in alcuni casi, un pre-consolidamento con resina Araldite 2020a/b.

Si è proceduto poi con le indagini analitiche con i metodi di seguito descritti[7].

3 - INDAGINI ARCHEOMETRICHE

3.1 - MICROSCOPIA OTTICA AL MICROSCOPIO POLARIZZATORE

In seguito al taglio petrografico, per ogni campione è stata selezionata un'area rappresentativa di dimensioni 45 x 27 mm, dalla quale, attraverso l'utilizzo una unità di impregnazione sottovuoto (Struers Citovac), lappatrici (Struers Planopol-3 e Struers LaboPol-5), sistemi di as-

[7] La preparazione dei campioni è stata effettuata presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova, con strumentazioni in dotazione allo stesso. Lo studio dei campioni archeologici è stato condotto da chi scrive sotto la costante supervisione dei prof. J. Bonetto, M. Salvadori per gli aspetti di natura storico-archeologica, del dott. M. Secco e del prof. G. Artioli per i contenuti di carattere archeometrico-analitico. Si ringraziano inoltre le dott.sse G. Ricci e G. Zago, per il supporto nelle fasi di preparazione e analisi dei campioni.

-sottigliamento (Buehler Petrothin e Logitech LP20) e lucidatrici (Labopol-35 con braccio labo-Force Mi), è stata ottenuta una sezione sottile, di spessore pari a 30 μm.

L'analisi di queste in microscopia ottica a luce polarizzata ha permesso di determinare le caratteristiche petrografiche e la tessitura delle miscele leganti. L'apparato strumentale utilizzato è costituito dal microscopio petrografico Nikon Eclipse Me 600 e dalla macchina fotografica Canon EOS 600D, per mezzo della quale si sono effettuate acquisizioni di immagini utilizzando il software EOS Utility.

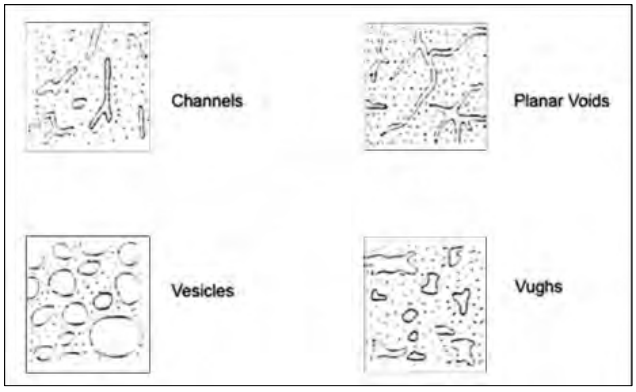


Fig. V.2 - Principali tipologie di pori riconoscibili in sezione sottile (da KEMP 1985).

Lo studio petrografico è stato eseguito in luce polarizzata trasmessa operando sia a nicol paralleli sia a nicol incrociati (con l'analizzatore inserito). Immagini in luce riflessa sono state acquisite esclusivamente per lo studio microstratigrafico dei pigmenti di una selezione di campioni di intonaco, in supporto alle analisi in microscopia ottica confocale[8].

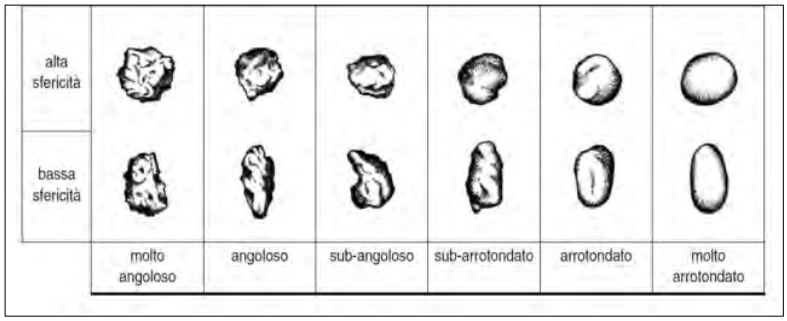


Fig. V.3 - Valutazione della sfericità e dell'arrotondamento dell'aggregato. Tratto dalla NORMA UNI EN 11176: 2006.

La descrizione petrografica dei composti è stata effettuata secondo le direttive nella norma UNI 11176: 2006 "Beni culturali: descrizione petrografica di una malta", che riguarda: i) una prima descrizione macroscopica, che consiste nell'osservazione delle caratteristiche strutturali e morfologiche visibili ad occhio nudo. Tali caratteristiche sono: la descrizione dei singoli strati (numero, spessore,); ii) il loro colore (per il quale è stato utilizzato il sistema dei colori di Munsell per i suoli)[9], iii) la coesione del composto.

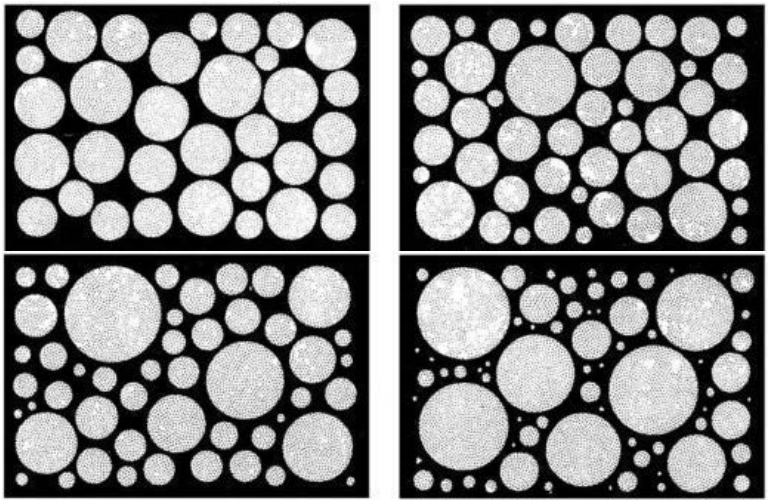


Fig. V.4 - Valutazione della classazione. In alto a sx: molto ben selezionato; in alto a dx: ben selezionato, in basso a sx: moderatamente selezionato, in basso a dx: poco selezionato. Tratto dalla NORMA UNI EN 11176: 2006.

Successivamente è stata eseguita la descrizione microscopica, riportata in tabelle presentate in calce ai singoli contesti di analisi, che ha riguardato: i) la descrizione del legante di ciascun strato cioè struttura, tessitura, composizione mineralogica e le modalità di interazione con l'aggregato; ii) la quantità e la distribuzione della porosità e la tipologia di vuoti secondo[10] (fig. V.2); iii) la descrizione dell'aggregato di ciascun strato: forma, sfericità e arrotondamento (fig. V.3),

[8] Cfr. *infra*.
[9] MUNSELL 1957.
[10] Conforme a KEMP, 1985.

granulometria, dimensioni, classazione (fig. V.4), la distribuzione areale, la presenza di bordi di reazione nelle aree di interfaccia con la componente legante, la composizione petrografico-mineralogica dei clasti e relative percentuali; iv) il tipo e la quantità di additivi se presenti; v) la stima del rapporto legante/aggregato (L/A).

Applicando metodologie piuttosto diffuse in letteratura, tramite analisi d'immagine (*digital image analysis*) è stata effettuata, utilizzando del software Image-J, la determinazione della stima delle percentuali della frazione legante e di quella d'aggregato totale[11], così come della porosità dei campioni o dei singoli strati[12]. I valori sono stati ottenuti prendendo come riferimento le scansioni delle sezioni sottili, che sono state graficamente trattate con tresholding bicromatico in seguito a trasformazione dell'immagine in B/N. Le analisi sono state operate suddividendo l'area di indagine in quattro quadrati di medesima dimensione e misurando per ognuno il tasso di porosità[13]. La media aritmetica dei valori espressi è stata valutata come indicativa della porosità del campione. Medesima modalità esecutiva è stata eseguita nella determinazione totale della frazione d'aggregato (fig. V.5). La stima della frazione legante è stata perciò determinata dalla sottrazione delle percentuali di aggregato e vuoti rispetto al totale areale.

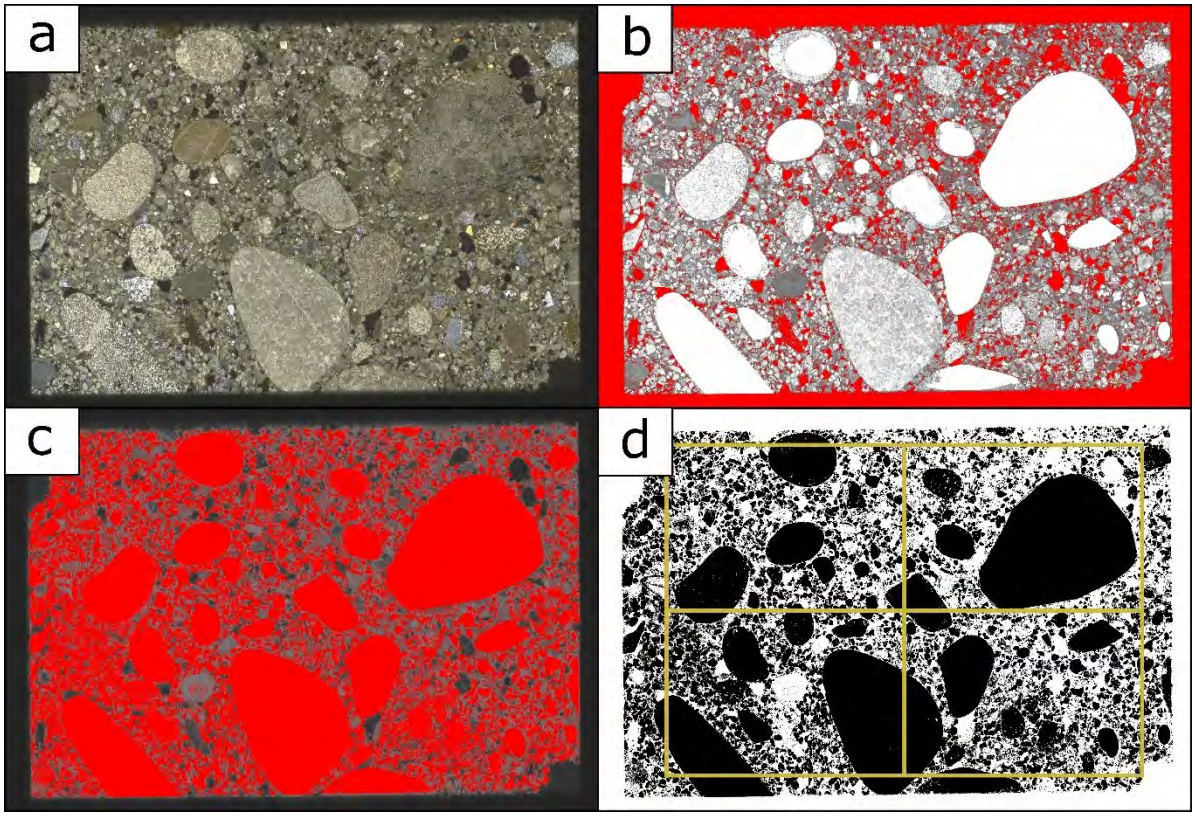


Fig. V.5 – Analisi d'immagine dei campioni di miscele leganti aquileiesi. a) scansione della sezione sottile originale; b) distribuzione delle porosità del campione tramite tresholding bicromatrico, dopo trasformazione dell'immagine in gradazione di grigi; c) distribuzione dell'aggregato totale del campione tramite tresholding bicromatrico, dopo trasformazione dell'immagine in gradazione di grigi; d) valutazione percentuale dell'aggregato mediante media della somma di misure effettuate in quattro quadranti del campione. La percentuale dell'aggregato è espressa, nell'immagine in B/N dalla somma dei pixel neri (aggregato) in relazione ai pixel bianchi (legante o pori).

La distribuzione dimensionale dell'aggregato è stata computata tramite misurazioni manuali del diametro dei clasti presenti, utilizzando le funzioni del software Image-J. Per tutti i campioni sono state prese due serie di misure relative alla frazione d'aggregato più grossolana,

[11] CASADIO, CHIARI, SIMON 2005; MARINONI, PAVESE, FOI, TROMBINO 2005.
[12] MIRIELLO, CRISCI 2006.
[13] MARINONI, PAVESE, FOI, TROMBINO 2005, p. 1615.

tarata sui clasti di dimensione maggiore osservabili dalle scansioni di sezioni sottili, e alla frazione fine, determinata invece tramite misurazioni dei clasti su acquisizioni in microscopia ottica a basso ingrandimento. I valori espressi rappresentano la media di 30 misure, per ciascuna serie sopra descritta. Il tasso di classazione dell'aggregato è stato quindi ponderato anche sulla base del rapporto dim. media agg. grossolano/dim. media agg. fino. La definizione granulometrica dell'aggregato segue la scala sedimentologica Wentworth[14].

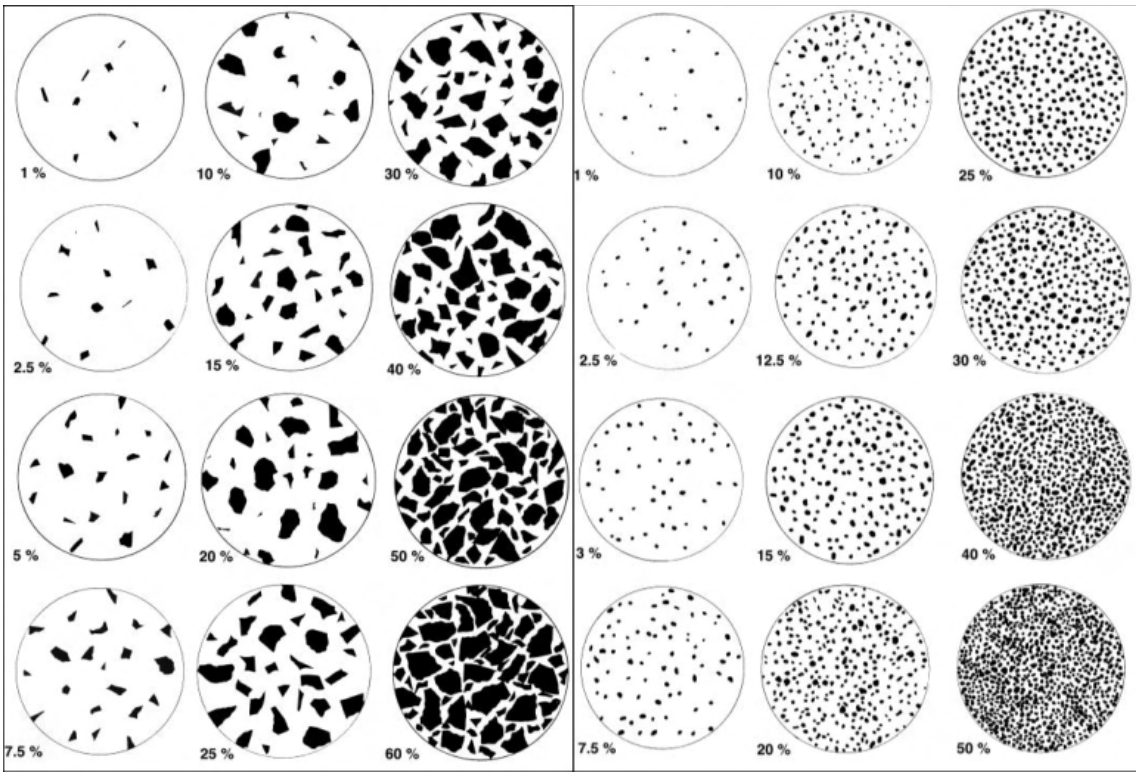


Fig. V.6 - Diagrammi di stima visiva per la stima percentuale in volume dell'inerte (BACCELLE, BOSELLINI 1965).

COMPOSIZ. MINERAOGICA		TESSITURA		STRUTTURA		CLASSAZIONE		DISTR. GRANUL.	
Carboantica	**C**	Micritica	**MC**	Per nulla omogenea	**1**	Non selezionato	**1**	Unimodale	**1**
Agessosa	**G**	Micosparitica	**MS**	Poco omogenea	**2**	Poco selezionato	**2**	Bimodale	**2**
Argillo siltosa	**A**	Sparitica	**SP**	Mediam. omogenea	**3**	Med. selezionato	**3**	Trimodale	**3**
Argillo-siltosa/calcica	**A/C**			Moderat. omogenea	**4**	Selezionato	**4**		
				Omogenea	**5**	Molto selezionato	**5**		
				Molto omogenea	**6**				

DISTRIB. AREALE		SFERICITÀ		ARROTONDAMENTO		PERCENTUALE AGGREGATO	
Per nulla omogenea	**1**	Bassa	**1**	Bassa	**1**	> 70%	**8**
Poco omogenea	**2**	Medio-bassa	**2**	Medio-bassa	**2**	50-70%	**7**
mediam. omogenea	**3**	Media	**3**	Media	**3**	20-50%	**6**
Moder. omogenea	**4**	Medio-alta	**4**	Medio-alta	**4**	10-20%	**5**
Omogenea	**5**	Alta	**5**	Alta	**5**	5-10 %	**4**
Molto omogenea	**6**					2-5%	**3**
						0,5-2%	**2**
						< 0,5%	**1**

Tab. V.1 – tabella di riferimento della parametrizzazione quantitativa di termini qualitativi oggetto di indagini statistiche tramite PCA.

La determinazione percentuale delle singole classi petrografico-mineralogiche dell'aggregato è stata effettuata tramite il confronto con i diagrammi di stima visiva (fig. V.6)[15], in quanto l'analisi d'immagine non permetteva, nella maggior parte dei casi, di scindere adeguatamente le

[14] WENTWORTH 1922.
[15] Conforme a BACCELLE, BOSELLINI 1965.

diverse componenti. I valori percentuali delle singole classi petrografiche sono stati quindi rapportati al totale della frazione d'aggregato.

I dati desunti dalle diverse osservazioni sono stati infine parametrizzati secondo quanto riportato nella tab. V.1 in modo da essere espressi in termini numerici ed essere oggetto di indagine statistica, applicata anche a dati qualitativi e non esclusivamente quantitativi, secondo una metodologia che trova già le prime sperimentazioni nella letteratura di settore[16].

3.2 - MICROSCOPIA OTTICA CONFOCALE

L'analisi in microscopia confocale a scansione laser ed in microscopia ottica in luce riflessa è stata condotta su sezioni sottili lucidate di campioni di intonaci, al fine di leggere la morfologia e la stratificazione delle patine pittoriche e per individuare l'eventuale presenza di profili di carbonatazione superficiale. Lo studio è stato operato con microscopio Olympus LEXT 3D che permette, tra le diverse funzioni, di effettuare acquisizioni a vari ingrandimenti (in genere 5x, 10x, 20x) di aree di un campione attraverso la modalità stiching, sia laser che ottica, foto-mosaicando automaticamente due o più immagini singole in tempi relativamente brevi.

3.3 - DIFFRAZIONE DELLE POLVERI (XRPD)

L'analisi diffrattometrica XRPD (*X-Ray Powder Difraction*) è stata utilizzata al fine di determinare il profilo mineralogico delle miscele leganti, ossia per identificare le fasi cristalline e para-cristalline che le compongono. Nel caso di analisi di campioni con più strati di malta a composizione differente, i singoli livelli di interesse sono stati separati meccanicamente e analizzati singolarmente. Le analisi sono state operate sulla totalità del composto (*bulk analysis*) comprensivo della porzione legante e di quella d'aggregato.I campioni sono stati quindi macinati attraverso mortaio d'agata e poi ridotti a polvere finissima di diametro inferiore ai 5 μm attraverso micronizzatore per polveri.

Per una selezione di campioni di interesse sono state anche effettuate analisi della sola frazione legante (*binder analysis*). Per questa procedura sono stati manualmente selezionati 20 g di campione che sono stati posti in un beaker di vetro insieme a 150 ml di acqua ultrapura e sottoposti ad una prima separazione meccanica tra legante ed aggregato attraverso bagno ad ultrasuoni. Successivamente è stata campionata attraverso una pipetta graduata la soluzione acquosa contenente la porzione più fine del campione, la quale è stata versata in un cilindro graduato contenente 500 ml di acqua ultrapura per circa 20 ore. Al fine di effettuare una più efficace separazione gravimetrica tra legante ed aggregato, alla soluzione liquida sono stati aggiunti 0,5 g di esametafosfato di sodio $(NaPO_3)_6$, con funzione di chelante (fig. V.7). Al termine del tempo di sedimentazione le particelle di legante, caratterizzate da una granulometria micrometrica, risultavano ancora disperse nella soluzione acquosa del cilindro graduato e sono state facilmente campionante attraverso una pipetta graduata e filtrate mediante un sistema sottovuoto con una pompa Venturi e lasciato essiccare in una campana di vetro sottovuoto per 24h circa.

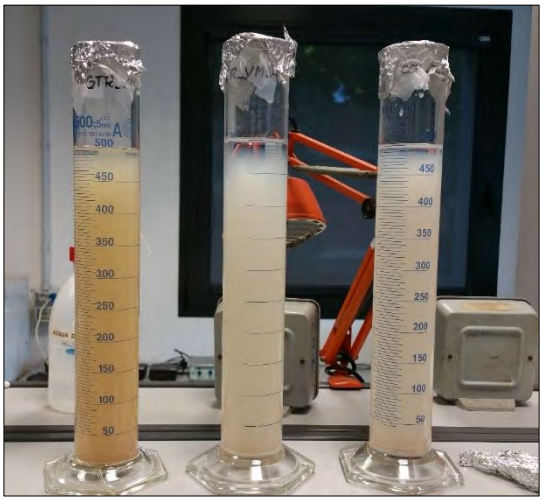


Fig. V.7 - Cilindri con frazione legante in sospensione umida, prima dell'estrazione delle aliquote fini di materiale

[16] MIRIELLO *et alii* 2018, in part. pp. 198-199.

Al fine di effettuare un'analisi quantitativa dei dati, ad ogni campione preparato per la diffrazione è stato aggiunto uno standard noto in peso pari al 20% del totale di zincite (ZnO).

Le misurazioni sono state effettuate mediante diffrattometro PANalytical X'Pert PRO, geometria Bragg Brentano e rilevatore X'Celerator. L'acquisizione dati è stata attuata eseguendo una scansione continua da 3,01 [°2Th] a 79,99 [°2Th], con step pari a 0,02 [°2Th] al secondo, e lavorando a 40 mA e 40 kV. I diffrattogrammi acquisiti sono stati in seguito interpretati con software dedicato X'Pert HighScore Plus 3.0, sfruttando il database ICDD e successivamente è stata eseguita la stima quantitativa delle fasi attraverso raffinamento Rietveld[17]. I raffinamenti sono stati eseguiti tramite il software TOPAS 4.1 della Bruker (fig. V.8). I picchi di Bragg osservati sono stati modellati tramite una funzione del tipo Pseudo-Voigt, mentre il fondo è stato modellato sfruttando una funzione polinomiale del tipo Chebyshev a 12 coefficienti. Per ogni fase presente nei composti, si sono raffinati i parametri di cella, il crystal size Lorentziano e i fattori di scala. Nonostante la preparazione con la tecnica della retrocarica, si è comunque eseguita, qualora risultasse necessaria, una modellazione di eventuali effetti residui di orientazione preferenziale, sfruttando l'algoritmo March-Dollase[18].

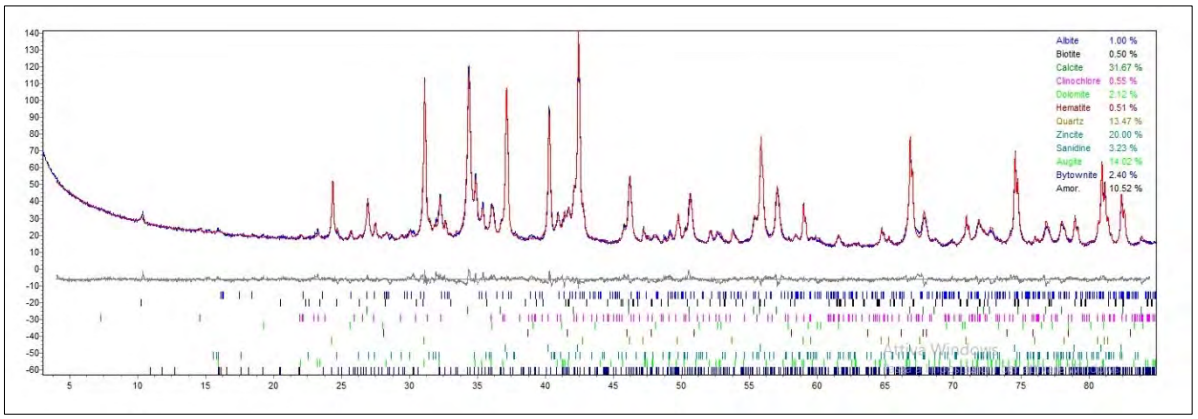


Fig. V.8 – Esempio di pattern mineralogico di un campione raffinato tramite il programma software TOPAS 4.1.

Oltre alle analisi mineralogiche dei livelli preparatori, si sono eseguite una serie di analisi in diffrazione di una selezione di patine pittoriche dei campioni di intonaco. I materiali sono stati campionati allo stereomicroscopio tramite rimozione con bisturi dei pigmenti e le micropolveri ottenute sono state montate su basetta zero-background in silicio e analizzate tramite diffrazione. Si è in seguito effettuata analisi mineralogica esclusivamente qualitativa, in quanto la ridotta quantità di materiale non ha permesso l'aggiunta dello standard interno.

3.4 - MICROSCOPIA ELETTRONICA A SCANSIONE (SEM-EDS)

Una selezione dei campioni di miscela legante in sezione sottile è stata sottoposta a studio microchimico e microstrutturale in microscopia elettronica a scansione (*scanning electron microscopy*) con associato il sistema di analisi chimica in fluorescenza X a dispersione di energia (SEM-EDS). Le analisi sono state effettuate mediante microscopio Camscan MX2500 dotato di sorgente ad esaboruro di lantanio, con associato sistema di rilevamento della radiazione X di fluorescenza a dispersione di energia (EDS) EDAX. L'interpretazione qualitativa degli spettri di fluorescenza e la stima semiquantitativa delle percentuali in peso degli ossidi sono state effettuate mediante software dedicato SEMQuant Phizaf. Lo studio in microscopia elettronica è stato volto principalmente a determinare gli indici di idraulicità dei calcinaroli, mediante la stima semiquantitativa delle percentuali in peso degli ossidi di calcio, magnesio, silicio, alluminio e ferro

[17] RIETVELD 1967.
[18] DOLLASE 1986.

al fine di definire CI index e Hi index dei campioni[19]. Tale valore fornisce una stima dell'idraulicità della calce usata per la produzione della malta in esame[20]. Si sono inoltre effettuate microanalisi semi-quantitative sulle matrici leganti delle malte, nelle aree di interfaccia e nei grumi di calce non miscelata al fine di definire l'indice di purezza della pietra utilizzata per la produzione del legante.

3.5 - SPETTROSCOPIA MICRO-RAMAN

La spettroscopia micro-Raman è stata adottata esclusivamente per la caratterizzazione micro-mineralogica mirata di pigmenti e livelli pittorici di una selezione di intonaci di interesse. Le analisi sono state effettuate utilizzando un microscopio Raman DXR della Thermo Scientific, equipaggiato con un laser a stato solido da 532 nm, operante ad una potenza di 8mW, con uno spot size di 1.1 μm ed usando un'apertura da 25 μm. Gli spettri sono stati registrati nel range 100–3200 cm^{-1}, con una risoluzione di 2 cm^{-1}, ed usando tempi di esposizione di 5 secondi e 32 scansioni cumulative. Gli spettri acquisiti sono stati in seguito processati tramite il software Omnic e comparati con il database di riferimento del progetto RRUFF (http://rruff.info) per la determinazione qualitativa delle fasi presenti.

3.6 - FLUORESCENZA A RAGGI X (XRF)

La metodologia di indagine della fluorescenza a raggi X (X-ray Fluorescence) è stata utilizzata per la definizione della composizione chimica dei tre campioni lapidei di ceneri vulcaniche piroclastiche rappresentativi dei *caementa* delle volte delle Grandi Terme di Aquileia al fine di determinarne la provenienza tramite confronto con i databases geochimici per questi litotipi disponibili in letteratura. È stata così determinata la composizione chimica degli elementi principali (SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO, CaO Na_2O, K_2O e P_2O_5) e di quelli in traccia. Gli elementi chimici sono stati analizzati con un tubo di rodio con un'intensità di 40 kW utilizzando uno spettrometro a fluorescenza a raggi X Bruker S8 Tiger WD, con un raggio XRF di 34 mm[21].

4 - ANALISI STATISTICHE

I dati quantitativi/qualitativi parametrizzati desunti dalle indagini petrografiche e mineralogiche sono stati oggetto di analisi statistiche con tecnica multivariata al fine di determinare forme di clusterizzazione tra i diversi campioni sulla base delle affinità composizionali tra di essi. Tale procedura è stata anche adottata per testare su base statistica osservazioni e ipotesi di lavoro. La tecnica utilizzata è l'analisi delle componenti principali (PCA – *principal component analysis*) effettuata secondo i seguenti criteri: i) per ogni dataset, solo una selezione di variabili ritenute significative sono state considerate ai fini dell'analisi, sulla base delle risultanze dei matrix di correlazione statistica (figg. V.9; V.10). Le variabili considerate potevano essere oggetto di modiche, anche sensibili, nelle diverse analisi in base alla tipologia di campioni in esame e alla finalità specifica; ii) non si è stabilito un limite per il numero delle componenti principali da calcolare; iii) In tutti i casi, i grafici distributivi rappresentano le prime due componenti principali (PC1, PC2) solo laddove la rappresentatività statistica fosse superiore al 50%.

Le analisi statistiche sono state effettuate tramite il software Statgraphics Centurion PRO 18. La visualizzazione grafica è stata ottimizzata con il software Origin Pro 9. L'ottimizzazione

[19] BOYNTON 1966.

[20] CHAROLA, HENRIQUES 2000.

[21] Tutte le procedure per l'acquisizione dei dati sono state effettuate presso il Laboratorio di fluorescenza ai raggi X del Dipartimento di Scienze della Terra, Università della Calabria (Italia) dai dott. D. Miriello e dott.ssa D. Barca.

finale della caratterizzazione e dell'impaginato delle figure è stata infine effettuata con il software di grafica vettoriale Inkscape 0.91.

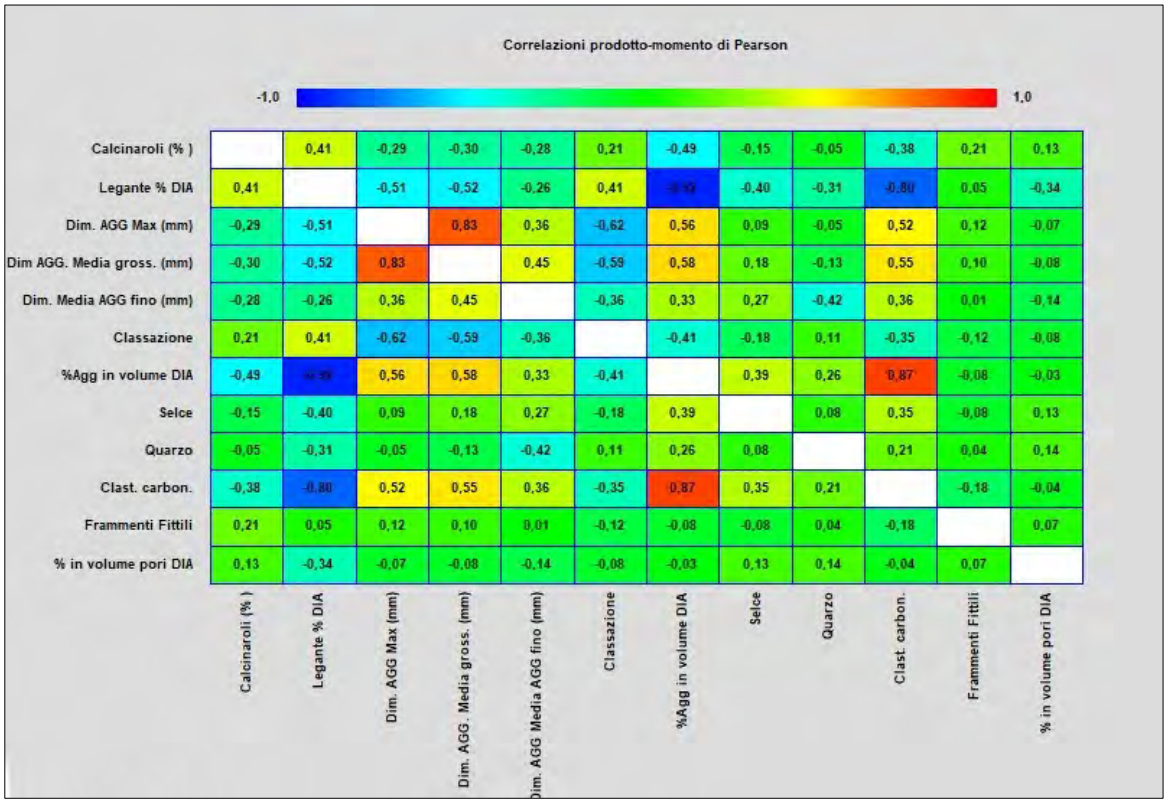


Fig. V.9 - Questo grafico rappresenta il *correlation matrix* tra ciascuna coppia di variabili. Questi coefficienti di correlazione variano tra -1 e +1 e misurano l'intensità della relazione lineare tra le variabili. Il terzo numero in ciascuna posizione della tabella è un P-value che verifica la significatività statistica delle correlazioni stimate. I P-value sotto 0,05 indicano correlazioni non nulle statisticamente significative a un livello di confidenza del 95,0%.

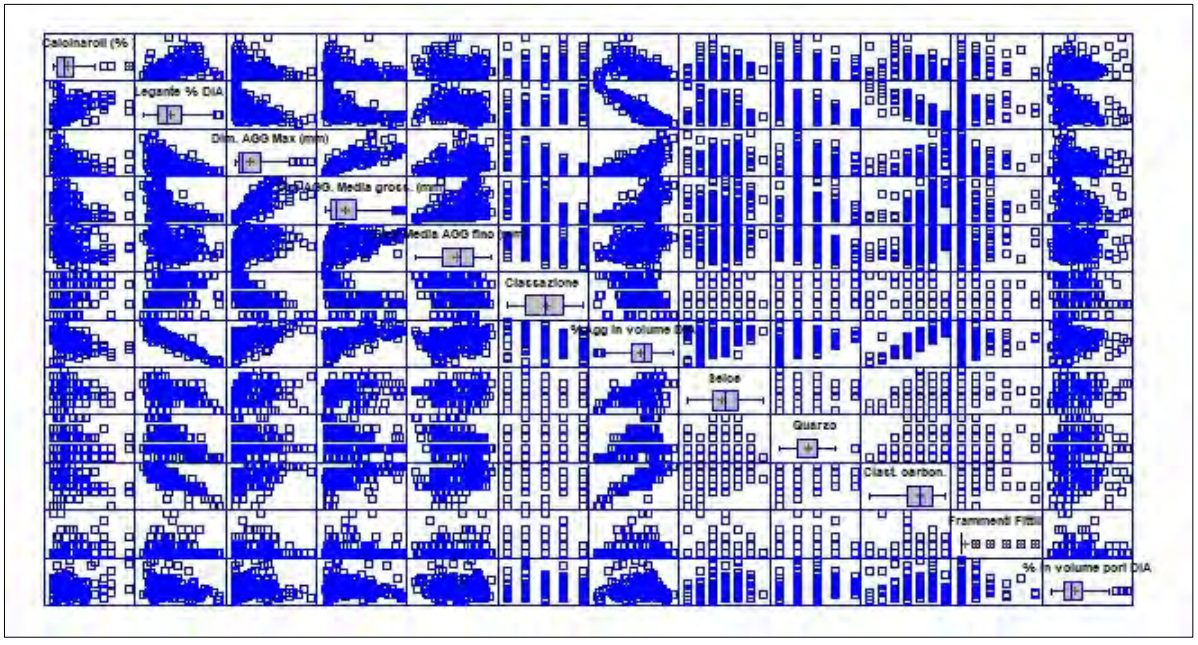


Fig. V.10 - Questo grafico rappresenta il confronto a coppie tra le diverse variabili presenti in un dataset petrografico parametrizzato.

CAPITOLO VI
ANALISI DI CAMPIONI DI MISCELE LEGANTI PRELEVATI DA STRUTTURE *IN SITU*

La maggior parte dei campioni di malte e calcestruzzi presi in esame in questo studio proviene da contesti *in situ*. Ciò significa che sono stati prelevati direttamente da elementi strutturali (strutture murarie, pavimentazioni, infrastrutture idrauliche etc.) che si sono conservati nella loro posizione originaria o per i quali, se dislocati, è comunque possibile risalire all'originaria collocazione nelle fabbriche architettoniche (crolli).

L'analisi dei singoli contesti si articola attraverso una prima parte dedicata a definire, per sommi capi, la storia delle ricerche e le indagini di scavo operate negli anni; viene poi brevemente riassunto il palinsesto di fasi edilizie (costruzione, vita, abbandono); infine sono definiti con precisione i punti di prelievo dei campioni e le tipologie di strutture di afferenza.

In seguito alla prima parte si procede con i risultati delle indagini analitiche e con le considerazioni di sintesi.

Come si diceva nella premessa metodologica[1], la distinzione degli elementi *in situ* da quelli rinvenuti in giacitura secondaria[2] è stata fondamentale in quanto i primi risultano molto più significanti nei termini informativi.

Innanzitutto, la possibilità di inquadrare cronologicamente con precisione i campioni e di conoscere con esattezza il punto di applicazione nelle strutture ha permesso di operare di considerarne nel dettaglio la destinazione funzionale.

In secondo luogo, l'osservazione di strette somiglianze nella composizione dei campioni di malte e calcestruzzi ha consentito, in molte occasioni, di individuare la scansione delle fasi edilizie dei diversi contesti. Di contro, la diversità composizionale tra di essi permette di supportare le ipotesi di alterità di fase. Questa tecnica, utilizzata soprattutto nell'analisi di miscele impiegate in giunti murari, trova un'applicazione sempre più diffusa nell'analisi archeologica[3] e sarà quindi utilizzata anche nello studio dei contesti in esame per certificare la distribuzione delle fasi costruttive proposte in seguito alle tradizionali indagini archeologiche.

Infine, l'analisi spaziale delle diverse tipologie di materiali cementizi in strutture a funzione differente ma di medesima fase (ad esempio piani pavimentali e strutture murarie) all'interno di un singolo contesto, ha permesso di considerare le modalità di distribuzione dei differenti gruppi di operai nelle aree di cantiere[4]. Le diverse conoscenze e competenze tecniche delle maestranze antiche si riconoscono nelle varie modalità di produzione di miscele leganti; pertanto si suppone che pure le modalità di approvvigionamento delle materie prime potessero variare in base all'utilizzo che i diversi gruppi ne facevano. Questo tipo di analisi è stata condotta soprattutto nello studio dei principali contesti abitativi indagati (*Domus* di Tito Macro, *Insula* della Casa delle Bestie ferite)[5].

---

[1] Cfr. Cap. V, §1.

[2] Cfr, Cap. VII.

[3] CRISCI *et alii* 2001, CRISCI *et alii* 2002; COUTELAS 2003b; GILOZZO, CAMPOREALE S. 2009; MIRIELLO *et alii* 2010; BONAZZI, SANTORO, MASTROBATTISTA 2012; COUTELAS 2012.

[4] Su questi aspetti si osservi in particolare le considerazioni metodologiche sviluppate in COUTELAS 2012

[5] Cfr. *infra* in questo capitolo.

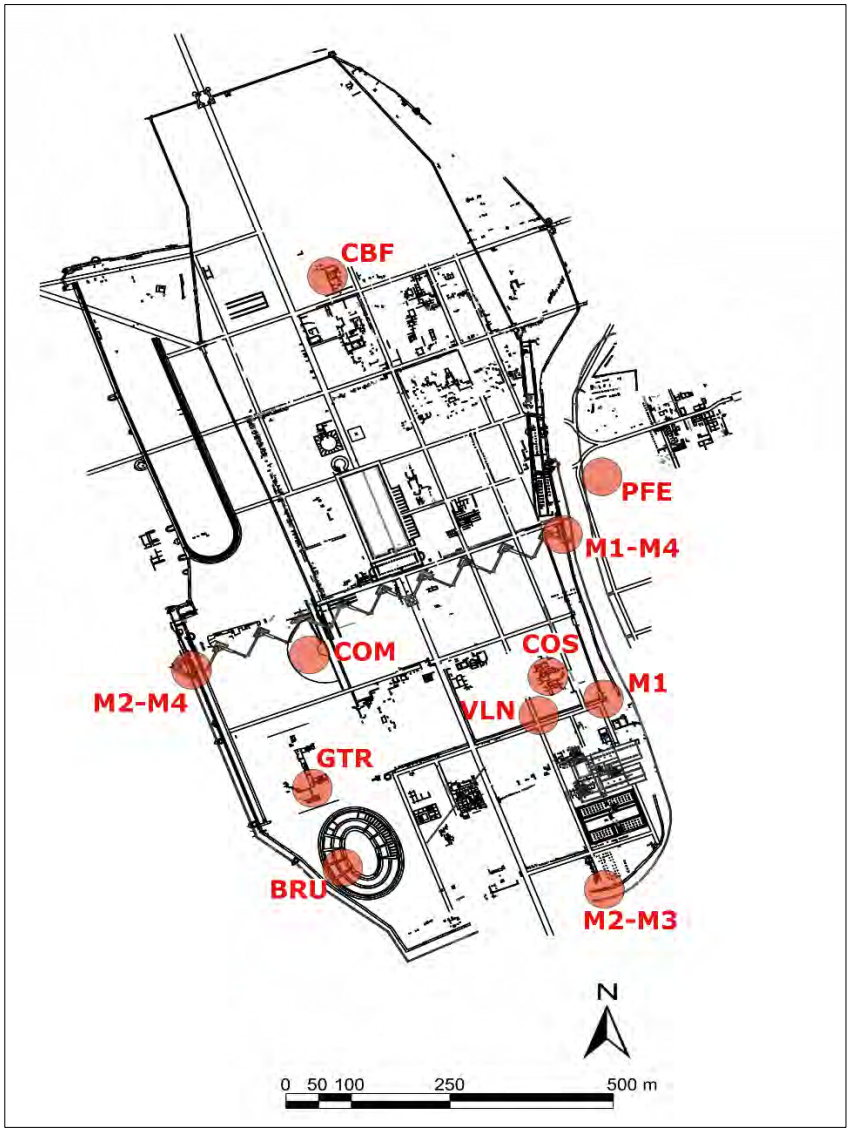


Fig. VI.1 – Distribuzione dei siti da cui provengono i campioni analizzati, da nord a sud; CBF = *Insula* della Casa delle Bestie ferite; PFE = Area produttiva presso la sponda orientale del porto fluviale; M1, M2, M3, M4 = Cinte urbiche aquileiesi; COM = Teatro; COS = *Domus* di Tito Macro; VLN = *Domus* e complesso episcopale presso la Stalla Violin; GTR = Grandi Terme Costantiniane; BRU = Anfiteatro (modificata da BERTACCHI 2003).

Al fine di giustificare oggettivamente i termini di assonanza e di differenza tra i campioni – premessa necessaria per una corretta lettura degli aspetti sopra indicati – si è fatto ricorso alle indagini statistiche multivariate (PCA) per testare i dati parametrizzati desunti dalle indagini sia petrografiche, effettuate sulla totalità di campioni prelevati da un singolo sito, che mineralogiche, effettuate su una selezione di campioni rappresentativi dei differenti gruppi[6].

Le indagini chimiche SEM-EDS, operate sempre su una percentuale ridotta di campioni, sono state inoltre particolarmente utili per definire qualitativamente la natura chimica delle matrici leganti e per evidenziare l'eventuale occorrenza di fasi di natura pozzolanica.

Sulla base delle modalità di clusterizzazione dei campioni, si è proceduto quindi con le analisi di sintesi secondo i punti sopra descritti.

Vengono quindi di seguito descritti i contesti archeologici presi in esame, iniziando dalle opere urbane di difesa (mura), procedendo poi con i contesti pubblici (teatro, anfiteatro, Grandi Terme Costantiniane) e con i contesti a destinazione privata (*Insula* della casa delle Bestie ferite; *Domus* di Tito Macro; *Domus* e complesso episcopale presso la c.d. Stalla Violin), per concludere infine con i siti dal suburbio (area produttiva presso la sponda orientale del porto fluviale).

[6] Cfr. Cap. V, §4.

1 - LE MURA

1.1 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E STORIA DELLE RICERCHE

In diverse fonti storiche vengono menzionati i sistemi difensivi della città di Aquileia e i diversi interventi di ricostruzione e restauro che li interessarono. Tra queste, ha massima rilevanza un passo di Tito Livio, dove si afferma che la città nord-adriatica non era ancora difesa sufficientemente nel 171 a.C. [7], momento in cui la cittadinanza dovette richiedere un *supplementum* di coloni al Senato di Roma[8]; Erodiano menziona inoltre gli interventi di restauro della cinta in vista dell'assedio di Massimino il Trace del 238 d.C.[9], mentre Ausonio, autore vissuto nel IV sec. d.C., ricorda la grandezza dei sistemi difensivi della città nord-italica in età tardo antica[10].

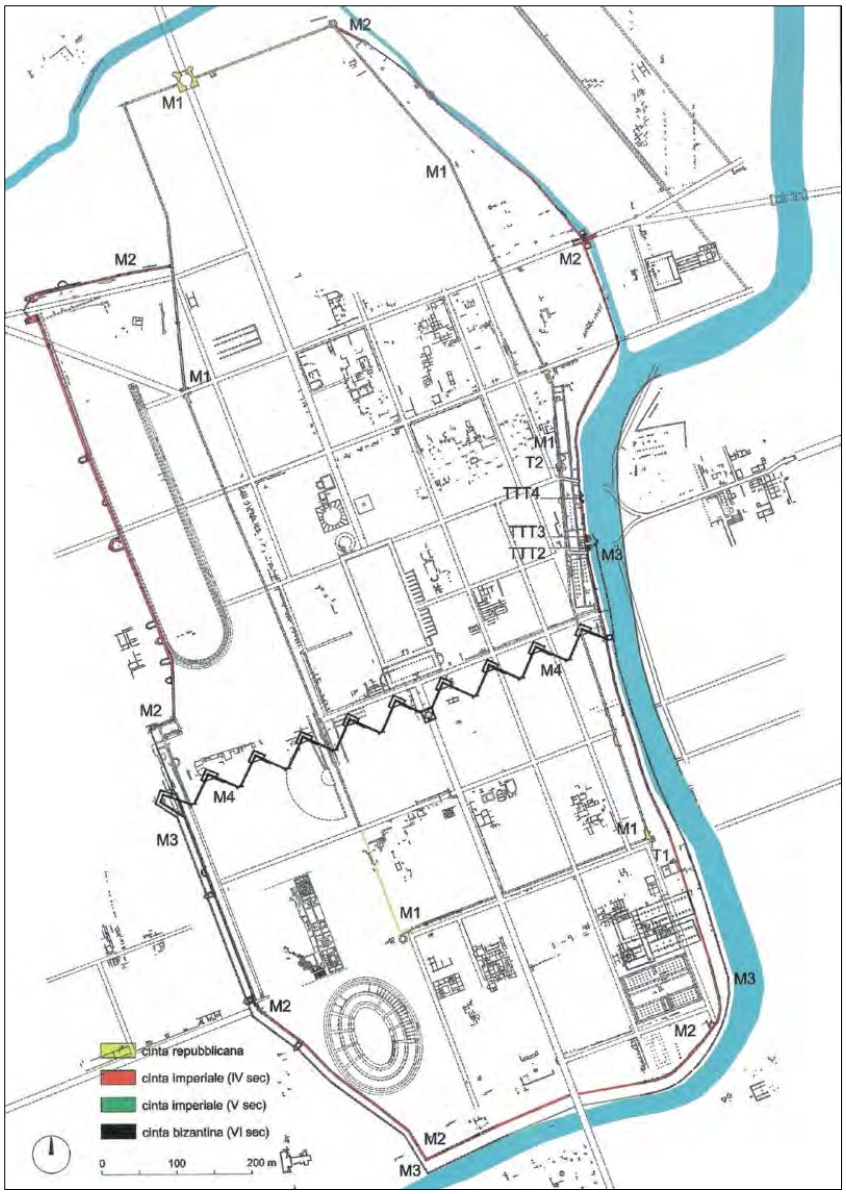


Fig. VI.2 - Pianta di Aquileia con indicazione dei diversi circuiti murari (BONETTO 2009, p. 84, fig. 1).

Agli inizi dell'ottocento vennero avviate, con Leopoldo Zuccolo, le prime ricerche sulle mura aquileiesi, successivamente riprese da Enrico Maionica, il quale, nella sua *Fundkarte* del 1893, cercò di ricostruire il percorso delle diverse cinte murarie[11].

Fu però solo grazie agli scavi di G. Brusin e L. Bertacchi[12], protrattisi per lunghi anni, che le testimonianze archeologiche delle fortificazioni urbane aquileiesi tornarono in luce. Le recenti indagini condotte dall'Università di Padova

[7] LIV. XLIII, 1, 5-6.
[8] Cfr. Cap. I.
[9] HEROD. VIII, 2, 4.
[10] AUSON. XI, 9, 4.
[11] Per un profilo storiografico delle ricerche sulle mura cfr. PREVIATO 2015, pp. 49-50.
[12] Sugli scavi di Brusin e Bertacchi delle mura di Aquileia cfr. PREVIATO 2015, p. 49, note 4 e 5.

presso l'area dei fondi ex-Cossar[13], della Soprintendenza nella zona del Porto[14] e dall'Università di Verona presso l'area dei fondi Pasqualis[15] hanno – e stanno ancora - fornendo nuovi dati sulla conoscenza delle antiche fortificazioni. Inoltre, nuove indagini mirate all'intercettazione di un tratto del corso occidentale delle mura repubblicane, già individuato in anni passati da L. Bertacchi sono state effettuate nel 2019, tramite un mirato sondaggio presso l'area dei fondi ex-Comelli[16].

Circa numero e assetto topografico delle cinte, sono state avanzate dagli studiosi negli anni diverse ipotesi ricostruttive [17], che trovano nei lavori di J. Bonetto[18] (per l'età romana e medio-imperiale) e di L. Villa[19] (per l'età tardoantica, gotica e bizantina) le riflessioni più aggiornate sul tema.

Secondo le più recenti ipotesi, le cinte murarie di cui venne dotata la città di Aquileia sono sostanzialmente quattro (denominate M1, M2, M3, M4) e verranno di seguito prese in esame (fig. VI.2).

2.1 - LE QUATTRO CINTE URBICHE AQUILEIESI

2.1.1 - *Cinta urbica M1*

Il più antico sistema difensivo di cui fu dotata la città di Aquileia è la cinta muraria M1, risalente probabilmente alla prima metà del II sec. a.C.[20]. Questo inquadramento cronologico è stato recentemente corroborato dalle analisi radiocarboniche effettuate su carboni provenienti dai livelli di fondazione del tratto orientale delle mura[21], anche se non si dispone, ad oggi, di ulteriori dati a supporto di questa datazione dell'impianto, che va quindi accolto con cautela.

Il circuito murario andò a delimitare uno spazio urbano sub-rettangolare di 42 ettari circa, orientato in senso nord/ovest – sud/est, che rispettava, ad est e sud, il corso del *Natiso cum Turro*.

Della struttura sono state messe in luce, nel corso degli anni, diverse porzioni, soprattutto nella fascia orientale e settentrionale della città antica. Note sono anche alcune torri, conformate a pianta rettangolare o pentagonale, e tre porte, che si aprivano sul *kardo* massimo e sulla via Annia. Una postierla fu inoltre individuata da L. Bertacchi lungo il lato occidentale della cinta (inedita)[22].

Svariati furono gli interventi di restauro della cinta M1, che si protrassero fino all'età tardo antica, momento in cui venne realizzata una nuova cinta a difesa della città (M2). Le prime ricostruzioni si collocano alla metà del I sec. a.C. e sono forse connesse con la trasformazione della città in colonia a diritto romano nel 90 a.C. Negli anni successivi, l'impulso urbano portò alla

---

[13] BONETTO, PAJARO 2012.

[14] Lo scavo è stato condotto sotto la supervisione della dott. R Auriemma, ed ha permesso di rimettere in luce un tratto dell'alzato della cinta repubblicana orientale e le vicine mura dei magazzini del porto di età medio-imperiale.

[15] Le indagini, attualmente in corso, sono mirate allo studio e alla miglior definizione cronologica delle cinte tardo antiche M2 e M3 intercettate, tramite una trincea di scavo, presso l'area meridionale dei fondi Pasqualis.

[16] Lo scavo è stato condotto dall'Università di Padova, in regime di concessione con la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio del Friuli Venezia Giulia, sotto la supervisione del prof. J. Bonetto e della dott.ssa C. Previato.

[17] BONETTO 2004, p. 152 e nota 3; pp. 170-171.

[18] BONETTO 2004; BONETTO 2009; BONETTO 2015; BONETTO, PREVIATO 2018.

[19] VILLA 2004, pp. 568-625.

[20] Cfr. BONETTO 2004, pp. 167-170. Un'ipotesi, ormai superata, di L. Bertacchi prevedeva un primitivo circolo murario, denominato M0, a difesa del primo *castrum* aquileiese del 180 a.C. Solo nel 169 a.C., in corrispondenza con l'aumento demografico determinato dal *supplementum* di coloni inviati da Roma, la cinta venne potenziata nel circuito M1. Cfr. da ultimi BERTACCHI 2003, pp. 19-22 e BONETTO 2004, pp. 170-171.

[21] BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016, p. 32 e nota 3. Una recente ipotesi suppone che l'avvio della costruzione delle mura M1 possa essere ascritto ad un periodo successivo al 169 a.C., data in cui il Senato di Roma inviò il *supplementum* di coloni ad Aquileia (cfr. BONETTO, PREVIATO 2018, in particolare p. 328).

[22] BONETTO 2004, pp. 154-158; BONETTO 2009, pp. 83-86; PREVIATO 2015, pp. 50-51.

demolizione della cortina muraria in diversi punti e alla parziale obliterazione della stessa, tanto che diversi edifici da spettacolo vennero realizzati al di fuori del circuito murario.

Durante la media età imperiale la cortina difensiva dovette essere in parte ricostruita, per far fronte ai diversi assedi che afflissero Aquileia. Tra 167 e 170 d.C., la città dovette far fronte all'invasione dei Quadi e Marcomanni mentre nel 238 d.C. si contrappose all'assedio di Massimino il Trace. In questa occasione la cinta M1 venne con certezza restaurata[23] come confermato dallo storico Erodiano[24], che l'autore stesso definisce vecchissima (*palaiotaton*). Alcune torri vennero, in quest'occasione, aggiunte ed addossate alle mura più antiche. Tra queste vi sono tre torrette semicircolari o pentagonali (TT1, TT2, TT3) collocate nel tratto orientale della cinta presso il porto fluviale[25].

1.2.2 - *Cinta urbica M2*

La cinta muraria M2 venne sicuramente realizzata in un momento successivo all'assedio di Massimino il Trace del 238 d.C., ma doveva essere già stata ultimata entro il 361 d.C., momento in cui la città dovette affrontare il nuovo assedio di Giuliano l'Apostata[26]. Lo stesso Ammiano Marcellino ricorda come al momento dell'attacco imperiale la città fosse già stata dotata di solide mura[27]. Tuttavia, la cinta venne a più riprese potenziata, come riporta l'epigrafe del *prefectus pretorio Hilarianus* il quale, probabilmente sotto il regno di Teodosio, realizzò alcuni restauri[28].

Dal punto di vista planimetrico, la cinta M2 andò in parte a ricalcare quella di età repubblicana, soprattutto nel settore settentrionale (fig. VI.2); a sud venne invece allargata andando ad inglobare una notevole porzione della città antica che si trovava all'esterno delle mura urbane repubblicane, tra cui si possono annoverare diversi edifici pubblici quali il teatro, l'anfiteatro e, soprattutto, le terme costantiniane, la cui costruzione è messa da alcuni in stretta relazione con le mura[29]. Nello specifico, ad est, le mura ricalcano il percorso della cinta M1, ma si discostano di alcune decine di metri verso oriente e sono in parte realizzate inglobando le strutture del porto; a nord-est si allargano ulteriormente, con un percorso più orientale rispetto a quello seguito dalla cinta M1; a nord, fino alla zona dell'attuale cimitero, le mura M2 non vennero tracciate perché fu mantenuto in uso la struttura precedente M1; a ovest vennero addossate al lato occidentale del circo. Da qui proseguono scendendo a sud fino alla zona dell'anfiteatro per poi piegare ad est, correndo così a poche decine di metri dall'ansa del *Natiso cum Turro*[30]. I tratti conservati, abbastanza consistenti, sono stati individuati soprattutto presso l'area del porto fluviale, nella zona sud-occidentale del circo e nella zona meridionale della città presso i fondi Pasqualis, dove nuove ricerche sono attualmente condotte dall'Università di Verona, come sopra menzionato.

La cinta non si presentava uniforme in tutto il suo percorso, ma era realizzata a tratti con tecnica edilizia e spessore differente[31]. Diversificate furono inoltre le ristrutturazioni negli anni immediatamente successivi all'impianto originario, che sono state adeguatamente studiate soprattutto in relazione al tratto occidentale[32]. In questo settore un muro scandito da lesene in

[23] Sulle attività di restauro e ricostruzione della cinta M1 in età medio imperiale cfr. BONETTO 2004, pp. 172-178; BONETTO 2009, pp. 86-87.

[24] HEROD. VIII, 2, 4.

[25] FORLATI, TAMARO 1975; BONETTO 2004, p. 178.

[26] BONETTO 2004, pp. 187-189; BONETTO 2009, p. 89.

[27] AMM. XXI, 12, 1-2.

[28] SI 178; VILLA 2004, p. 583; BONETTO 2009, p. 90. Non è chiaro se si tratti dell'imperatore Teodosio I o II.

[29] GROH 2011, c. 183.

[30] BONETTO 2004, pp. 178-183; VILLA 2004, pp. 568-600; BONETTO 2009, pp. 87-88; PREVIATO 2015, p. 54.

[31] Cfr. *infra*, §1.3.

[32] In particolare, su questo tratto della cinta M2 cfr. VILLA 2004, pp. 570-593;

laterizi (fig. VI.3, B2) fu addossato alla cinta tardoantica originaria (fig. VI.3, B1)[33] a fini di rinforzo; in un momento di poco successivo, forse in seguito ad un intervento edilizio promosso dal prefetto del pretorio *Hilarianus*[34], a nord e a sud del circo fu predisposto un raddoppiamento del sistema di difesa tramite un antemurale posto a circa 10 metri dal circuito difensivo tardoantico (fig. VI.3, F). In appoggio a questo muro venne realizzata una torre semicircolare[35]. Infine, un ulteriore setto di rinforzo andò in appoggio all'antemurale stesso, al fine di potenziarne ulteriormente le difese (fig. VI.3, P).

La cinta venne dotata di diverse altre torri oltre a quella sopra menzionata. Alcune di queste furono probabilmente realizzate in periodi successivi all'impianto originario e progressivamente addossate all'antemurale della cinta M2[36], come la torre pentagonale poi obliterata dall'impianto della cortina M4.

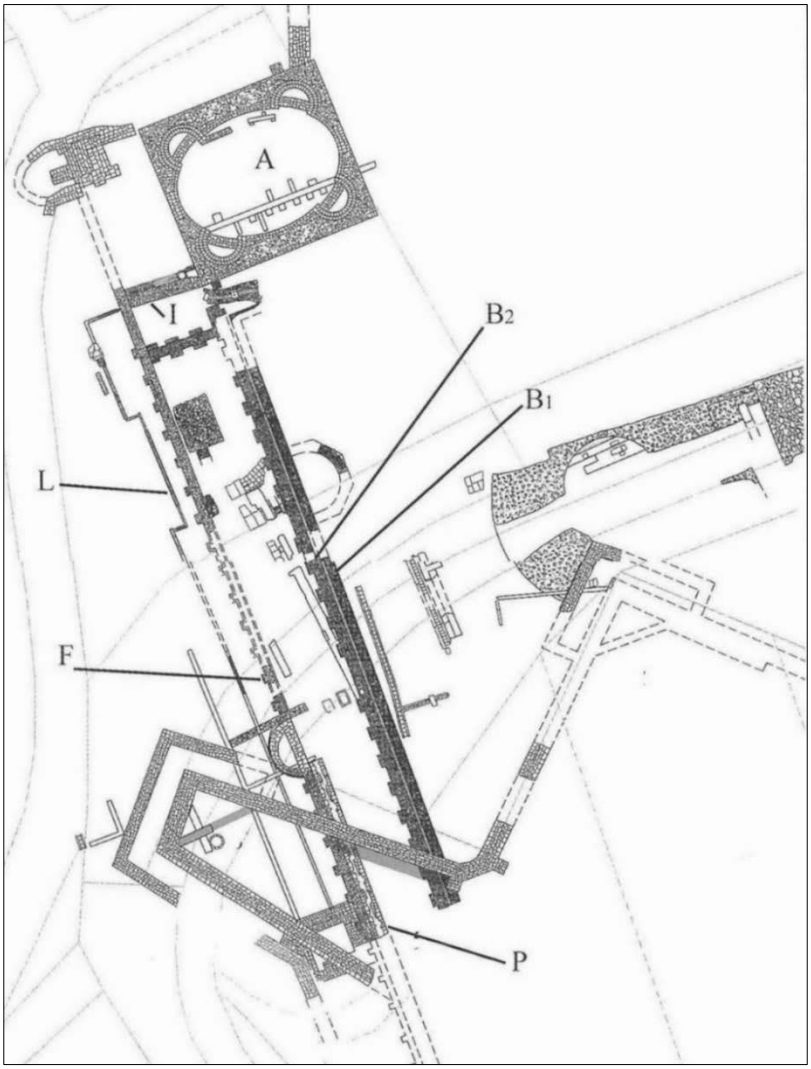


Fig. VI.3 – Aquileia. Lato occidentale delle mura M2 nel settore tra il circo e le mura M4: A) probabile porta urbica; B1) cortina piu antica; B2) rinforzo con lesene; F) antemurale con lesene e torre semicircolare; I) muro di raccorda tra l'antemurale e la porta; L) cordolo; P) rinforzo posteriore dell'antemurale. Nella parte inferiore si nota la torre poligonale, addossata ad F, cui si sovrappongono l'angolo delle mura a salienti ed un antemurale che prosegue verso sud (da VILLA 2004, p. 575, fig. 39).

[33] Sulla struttura, realizzata con tecnica edilizia e con fondazioni inferiore rispetto alla muratura originaria, restano alcuni dubbi circa l'effettiva posteriorità edilizia, soprattutto se si considera che la muratura originaria prima del potenziamento con il muro a lesene avrebbe avuto un spessore molto ridotto di soli 1,70 m, che appare che appare molto ridotto (su queste considerazioni cfr. nello specifico VILLA 2004, p. 578-579)., soprattutto se considerato al tratto meridionale dove la muratura si presenta molto più imponente (spessore XX).

[34] Villa 2004, p. 583; Buora 1988, pp. 341-342

[35] Sulla torre nello specifico cfr. VILLA 2004, pp. 580-582.

[36] Sono queste ad esempio le torri TTT2 e TTT3 che vennero realizzate entro l'alveo insabbiato del *Natiso cum Turro*, probabilmente in un momento successivo all'assedio del 361 d.C. (cfr. BONETTO 2004, pp. 185-186; BONETTO 2009, p. 88; VILLA 2004, pp. 570-600; cfr. inoltre *infra*).

1.2.3 - *Cinta urbica M3*

Un'ulteriore linea difensiva, individuata tra la porzione del porto e la zona sud-occidentale della città di Aquileia, consisteva in una struttura muraria corrente all'incirca parallela alla cortina M2, ad una distanza variabile da quest'ultima dagli 8 m ai 20 m (fig. VI.2)[37]. Questa muratura non era stata quindi pensata come sistema difensivo autonomo, ma fungeva da rinforzo della vecchia cinta M2 nei tratti probabilmente cedevoli o maggiormente esposti[38]. Secondo le più recenti ipotesi, la cronologia di questa fortificazione, sicuramente posteriore all'attacco attilano, sarebbe da ascrivere all'ultimo quarto del V sec. d.C.[39] o addirittura all'inizio del VI sec. d.C.[40].

1.2.4 - *Cinta urbica M4*

Pertinenti ad un ultimo intervento di ricostruzione della linea difensiva della città di Aquileia sono le mura a salienti, che di fatto andarono a troncare a metà la città antica in una linea corrente esattamente a sud del foro e del decumano di Aratria Gallia (fig. VI.2). Questo nuovo, imponente, intervento edilizio andò a connettersi, ad est e ovest, con la porzione meridionale delle precedenti mura M2 e M3, che vennero quindi in parte mantenute. La nuova cinta andava così a proteggere quello che in età tardoantica/altomedievale era divenuto il cuore della città, imperniato attorno al nucleo episcopale sviluppatosi attorno alle basiliche cristiane post-teodoriane. Le mura presentano un caratteristico andamento a zig-zag ed erano probabilmente site immediatamente dietro ad un antemurale (*proteichisma*), rinvenuto a tratti sulle spoglie della basilica civile romana. La datazione della cinta M4 al periodo della riconquista bizantina dei territori occidentali dopo la guerra greco-gotica (535-553 d.C.), si basa sulla posteriorità stratigrafica rispetto alle ristrutturazioni della cinta M2 e M3, a cui la cinta M4 va in appoggio, e sulle assonanze nella conformazione delle mura aquileiesi con quelle di ambito greco-orientale, che richiamano canoni edilizi frutto di rinnovate sperimentazioni e considerazioni poliorcetiche maturate in seno al mondo romano-orientale e bizantino[41].

1.3 - TECNICHE EDILIZIE E MATERIALI DA COSTRUZIONE

1.3.1 – *Cinta urbica M1*[42]

La cinta muraria di età repubblicana presenta tecniche edilizie leggermente differenti tra la porzione occidentale e quella orientale. Ad est, le fondazioni delle mura consistano in una struttura piena in laterizi[43]. Nel tratto scavato durante la campagna 2012, queste erano collocate entro un cavo di fondazione colmato, su ambo i lati, da una colata di calcestruzzo particolarmente tenace e predisposta al fine di dotare le fondazioni della cinta muraria della adeguata

[37] Difficile però associare quest'ultimo tratto, individuato esclusivamente presso la cinta bizantina M4, alla cinta M3, alla luce anche della presenza di diverse altre fortificazione in questa porzione della linea difensiva (VILLA 2004, p. 598).

[38] BONETTO 2009, pp. 90-91; PREVIATO 2015, pp. 56-57. Secondo L. Villa questa nuova cinta andò a potenziare in età tardo antica avanzata la porzione orientale del sistema difensivo urbano, in una zona che assunse il ruolo, nel periodo in oggetto, di principale diaframma tra la città e l'esterno (VILLA 2004, pp. 593-600).

[39] VILLA 2004, pp. 600-602.

[40] GROH 2011, cc. 187-188.

[41] VILLA 2004, pp. 606-614; BONETTO 2009, p. 92; GROH 2011, cc. 188-190; BUORA 2013. Per una storia delle ricerche sulla cinta M4 cfr. BUORA 2013, pp. 561-569.

[42] Per una analisi più esaustiva di tali aspetti cfr. PREVIATO 2015, pp. 51-54.

[43] BONETTO 2004, p. 158; PREVIATO 2015, p. 51; BONETTO-PREVIATO 2018, p. 311. Sul tratto scavato nel 2012 cfr. BONETTO, PAJARO 2012, p. 14; BONETTO *et alii* 2016, p. 32. La tecnica delle mura M1 ricade nella tipologia di fondazione F5 di PREVIATO 2015, pp. 260-263.

stabilità a fronte della natura umida e limacciosa del sostrato pedologico aquileiese, che si presenta particolarmente instabile soprattutto nei pressi del corso fluviale del *Natiso cum Turro*[44]. Nel lato occidentale la cinta impiega invece in fondazione blocchi squadrati di pietra d'Istria, posti al di sopra a livelli di sottofondazione in ghiaia e sabbia[45], come confermato da un recente sondaggio eseguito nel 2019 presso l'area dei Fondi ex-Comelli.

L'alzato, dello spessore di 2,40 m (8 piedi), è anch'esso realizzato con tecniche differenti in quanto, ad oriente, è costituito da una struttura piena in laterizi, messi in opera interi o in frammenti e legati da malta di calce[46]; ad occidente, risulta invece realizzato con tecnica a paramento in laterizi e nucleo in colata di calcestruzzo[47].

Un recente studio ha ipotizzato che fosse servito un tempo variabile tra i due e i nove anni per la realizzazione della cinta M1[48].

Per quanto concerne i materiali da costruzione, se in passato è stato documentato l'impiego di mattoni di 50 x 42 x 8-9 cm[49], nel recente scavo presso la porzione orientale delle mura sono stati individuati laterizi quadrati di 37,5 cm di lato, della tipologia *pentadoron* corrispondente a cinque palmi, impiegati sia interi che, soprattutto nella parte delle fondazioni posta a quota più alta, in frammenti (fig. VI.4)[50]. La matrice dimensionale di tali laterizi, aliena al piede romano, ha quindi da subito portato a riconoscere l'operato di maestranze di matrice culturale greca attive nel cantiere di costruzione delle mura[51]. Lo stesso Vitruvio ricorda infatti come laterizi con questo piede fossero impiegati per la costruzione di opere pubbliche di ambito greco[52]. Inoltre, anche la conformazione planimetrica pentagonale di due torri e la configurazione a cavedio delle porte urbiche rimanderebbero ad esperienze



Fig. VI.4 – Aquileia. Tratto sud-orientale della cortina M1 al termine dello scavo 2012, vista da sud (da BONETTO, PAJARO 2012, p. 4, fig. 2).

[44] BONETTO, PAJARO 2012, p. 15; PREVIATO 2015, pp. 52-52; BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016, p. 33-34; BONETTO, PREVIATO 2018, p. 315. Viene tuttavia avanzata l'ipotesi che queste consistenti colate di calcestruzzo siano state predisposte in una fase di restauro per consolidare la cinta M1. Non è inoltre sicuro che siano presenti in estensione in tutto il lato orientale della cinta e non siano invece soluzioni costruttive puntuali e limitate spazialmente.

[45] BONETTO 2004, p. 158; PREVIATO 2015, p. 52; BONETTO, PREVIATO 2018, pp. 313-314. Questo dato è stato da alcuni interpretato come una scelta tecnica-costruttiva in un settore urbano, quello occidentale, dotato da estrema instabilità idraulica (STRAZZULLA 1989, p. 213; BONETTO 2004, pp. 159-160); secondo altri invece tale differenza costruttiva indicherebbe il progredire del cantiere nel corso del tempo. Secondo l'ipotesi di C. Tiussi, essendo la pietra d'Istria giunta ad Aquileia solo in seguito alla sconfitta degli *Histri* nel 177 a.C. (TIUSSI 2006, p. 345), e la porzione occidentale della cinta M1 sarebbe successiva a quella orientale, più antica.

[46] BONETTO, PAJARO 2012, p. 14; PREVIATO 2015, p. 52; BONETTO *et alii* 2016, p. 32; BONETTO, PREVIATO 2018, p. 311; tipologia di alzato A8 di PREVIATO 2015, pp. 292-299.

[47] BONETTO 2004, p. 32; BONETTO 2009, p. 83; PREVIATO 2015, p. 52.

[48] Sono stati ritenuti necessari nove anni per la realizzazione della cinta disponendo di soli 100 operai. Tra i due e i tre anni sarebbero invece stati necessari qualora gli operai fossero stati in numero di 300 o 400 (BONETTO, PREVIATO 2018, p. 327).

[49] BONETTO 2004, p. 160; BONETTO 2009, p. 83; PREVIATO 2015, p. 53; BONETTO 2015, pp. 107-108; BONETTO, PREVIATO 2018, p. 311.

[50] BONETTO, PAJARO 2012, p. 14; BONETTO 2015, pp. 106-107; BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016, p. 32; BONETTO, PREVIATO 2018, p. 311.

[51] BONETTO 2015, pp. 109-111; BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016, pp. 32-33; BONETTO 2019, p. 322.

[52] VITR. II, 3, 3.

costruttive maturate in seno al mondo ellenico[53].

Per quanto riguarda le miscele leganti, recenti preliminari analisi hanno infatti già evidenziato le elevate proprietà pozzolaniche del calcestruzzo impiegato nel riempimento del cavo di fondazione del tratto murario indagato nel 2012 (fig. VI.5)[54], la cui composizione petrografica-mineralogica, nonché l'effettivo attivatore pozzolanico, saranno tuttavia più dettagliatamente determinate in questa sede[55]. Recentemente è stata avanza inoltre l'ipotesi che le sabbie impiegate nelle malte provenissero dalla *Natiso cum Turro*[56].

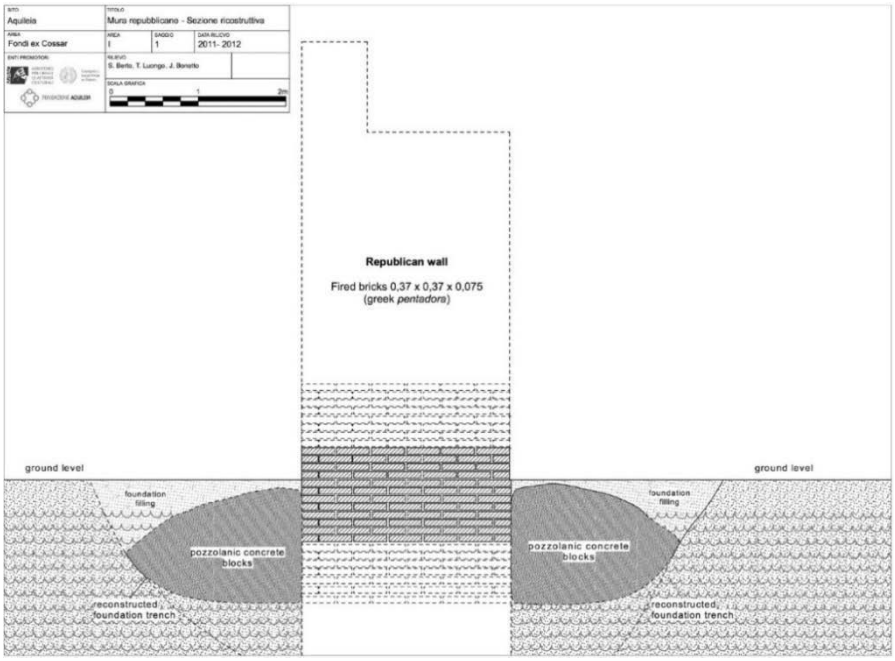


Fig. VI.5 – Aquileia. Schema ricostruttivo della struttura delle mura repubblicane nel tratto identificato presso lo scavo del 2012. Permangono dubbi sulla relazione tra i blocchi di calcestruzzo e il muro nei livelli profondi della fondazione (Da BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016, p. 34, fig. 3).

1.3.2 - *Cinta urbica M2*[57]

La cinta M2 è realizzata con tecniche e materiali differenti nei vari tratti messi in luce. È già stato osservato come le sottofondazioni delle mura, in prossimità del fiume, fossero consolidate da palificate, spesso costituite da tronchi di rovere[58].

Anche le fondazioni risultano edificate in maniera non uniforme: presso il porto fluviale si appoggiano alla banchina, nel tratto meridionale sono costituite da blocchi lapidei, in gran parte di reimpiego[59], mentre ad occidente sono realizzate in conglomerato[60] entro cavo di fondazione.

Tecniche differenti connotano anche l'alzato, che presenta infatti spessore variabile tra 0,7 e 3,3 m. Nel settore nord-occidentale questo è realizzato con paramento in laterizi e nucleo in colata di calcestruzzo[61]; tra il circo e l'anfiteatro è invece a paramento in blocchetti lapidei,

[53] BONETTO 2009, p. 83; BONETTO 2015, p. 109

[54] BONETTO *et alii* 2016, pp. 35-36.

[55] Cfr. campioni M1_PREP_1 e 2.

[56] BONETTO, PREVIATO 2018, pp. 317. Sulla base delle caratteristiche petrografiche delle sabbie e ghiaie impiegate non si può tuttavia escludere l'ipotesi di un bacino di approvvigionamento più ampio che includa anche l'area isontina (cfr. §1.6).

[57] Per una analisi più esaustiva di tali aspetti cfr. PREVIATO 2015, pp. 55-56.

[58] BONETTO 2004, p. 186; BONETTO 2009, p. 88; PREVIATO 2015, p. 55.

[59] PREVIATO 2015, pp. 55. Di questi ne è stata vista traccia nella muratura di potenziamento addossata al secondo antemurale (restauro c).

[60] BERTACCHI 1964, cc. 34-35.

[61] PREVIATO 2015, p. 55.



fig. VI.6 – Aquileia. Crollo di un tratto dell'alzato della porzione meridionale della cinta M2 (foto SD).

elementi fittili e elementi di reimpiego[62]; nel settore meridionale, si è recentemente constatato come qui la muratura presenti un paramento a filari di blocchi e ciottoli nella porzione inferiore dell'alzato alternati a filari di laterizi sagomati a forma triangolare in quella superiore (fig. VI.6)[63]. Come ampiamente dimostrato da L. Villa, le discrepanze nelle tecniche edilizie sono specchio di un susseguirsi di fasi ed interventi edilizi minori su diversi tratti delle mura a cui si deve inoltre connettere la pratica del reimpiego di materiale edilizio con conseguente disomogenea apparecchiatura[64].

Le tecniche costruttive adottate nei rinforzi murari di fase posteriore risultano inoltre chiaramente riconoscibili rispetto alla struttura tardoantica originaria: nel tratto immediatamente a sud del circo, il muro addossato alla cinta M2 consta di una struttura "di buona qualità" scandita da lesene poggianti su pilastri in laterizi[65], legati da malta di calce[66]. L'antemurale, posto a circa 10 m ad ovest da quest'ultima, è realizzato con una fondazione in blocchetti di pietra disposti per file regolari ed un alzato in laterizi impostato su di una netta risega; all'interno, la struttura era rivestita con marmo cipollino, mentre all'esterno in cocciopesto[67]. Medesima tecnica caratterizza anche la torre semicircolare in appoggio all'antemurale e supposta in fase con quest'ultimo[68]. infine, un setto murario muro in appoggio all'antemurale di 2 m circa aveva funzione di potenziamento e rinforzo ed era realizzato con fondazione in blocchi di pietra e alzato a paramento in laterizi a filari abbastanza regolari[69].

Le rimanenti torri erano anch'esse realizzate con nucleo e paramento in tecnica mista[70]. Si distingue tuttavia la torretta semicircolare individuata in località Monastero (p.c. 397/5) perché messa in opera su fondazione in laterizi disposti a spina di pesce, alzato con paramento in blocchetti di trachite euganea e nucleo in opera cementizia[71].

1.3.3 - *Cinta urbica M3*

La cinta M3 presenta uno spessore variabile tra 1,40 e 1,60 m. Le sottofondazioni sono costituite da una doppia palificata in pali di pioppo. Le fondazioni sono realizzate con diverso

[62] BONETTO 2004, pp. 183-185; VILLA 2004, pp. 570-593; BONETTO 2009, p. 88; PREVIATO 2015, pp. 55-56. Il corpo murario è ascrivibile alla tecnica A13 (alzato in opera mista) definita in PREVIATO 2015, pp. 306-307.

[63] La tecnica muraria è scrivibile agli alzati di tipo A12 (materiale eterogeneo in pietra e terracotta disposto per filari alternati) definito in PREVIATO 2015, p. 305-306.

[64] VILLA 2004, pp. 573-606.

[65] BERTACCHI 1968, cc 34-35; VILLA 2004, p. 578. Questo rinforzo è stato riscontrato anche nella porzione a nord del circo (cfr. VILLA 2004, pp. 570-572).

[66] Oss. personale (Campione M2_WM_1).

[67] BERTACCHI 1968, c. 37; VILLA 2004, pp. 579-580.

[68] BERTACCHI 1968, c. 37; VILLA 2004, pp. 580-582 e nota 36. La malta di allettamento dell'alzato è stata campionata (M2_WM_3).

[69] VILLA 2004, p. 588, nota 57. La malta di allettamento dell'alzato è stata campionata (M2_WM_2). Il muro venne realizzato in un momento in cui la cinta interna era parzialmente in disuso.

[70] BONETTO 2004, pp. 185-186; PREVIATO 2015, p. 56. Su numero, tipologia e dislocazione delle torri cfr. inoltre GROH 2011, cc. 177-188.

[71] BONETTO 2004, p. 186; VILLA 2004, p. 582; PREVIATO 2015, p. 56.

materiale di reimpiego tra cui laterizi, pietrame ed elementi architettonici legati, a dire del Brusin, "da malta grassa e pozzolana" [72].

1.3.4 - *Cinta urbica M4*

Le mura a salienti, dello spessore compreso tra 2 e 2,30 m, sono realizzate in alzato con paramento a pezzame laterizio e frammenti di pietra disposti per filari ordinati[73] e nucleo saldissimo in scaglie di mattoni e di pietra, allettate per livelli[74]. Come tecnica può essere accostato ad una variante del tipo F10/A13. L'elevato grado di perizia tecnica è ravvisabile nell'assoluto rispetto di multipli del modulo dimensionale del piede bizantino, rispettato in tutto l'*iter* progettuale fortilizio, dalla lunghezza delle mura (2900 piedi), ai lati dei salienti (150 piedi) allo spessore delle cortine (7 piedi)[75]. Nel tratto ubicato occidentale, sono impiegati mattoni sesquipedali padani interi nel paramento dell'alzato e in parte anche in fondazione[76], dove in alcuni punti sembrano essere messi in opera assieme a filari di conci di pietra[77]. Solo presso la basilica civile è presente un maggior numero di blocchi lapidei di reimpiego, probabilmente prelevati direttamente *in loco*[78]. Il legante degli elementi del paramento è costituito, come già osservato in passato, da una malta con elevate concentrazioni di conchiglie, impiegate come aggregato sia da intere che più finemente frammentate[79].

1.4 - CAMPIONAMENTO

16 campioni, relativi a miscele di allettamento di paramenti e nuclei di strutture murarie (WM) o da livelli di preparazione e fondazione (PREP) sono stati prelevati da porzioni strutturali dalle quattro cinte urbiche aquileiesi, in punti collocati in zone differenti della città antica, dove le evidenze monumentali degli impianti difensivi risultano ancora visibili (tab. VI.1; tav. 1-5).

Campione	US	Funzione strutturale			Tipologia struttura		Cronologia
M1_WM_2		allet.	struttura muraria	alzato	alzato in mattoni ad assise orizzontali	A8	prima metà II a.C.
M1_WM_4		allet.	struttura muraria	alzato	alzato in mattoni ad assise orizzontali	A8	prima metà II a.C. (restauro ?)
M1_WM_5		strutt.	colata cementizia	fond.	opera cementizia in cavo lineare	F4	III d.C. (restauro)
M1_PREP_1	10020	strutt.	colata cementizia	fond.			prima metà II a.C. (restauro ?)
M1_PREP_2	10020	strutt.	colata cementizia	fond.			prima metà II a.C. (restauro ?)
M2_WM_1		allet.	struttura muraria	alzato	alzato in mattoni ad assise orizzontali	A8	prima metà IV d.C. (restauro B2)
M2_WM_2		allet.	struttura muraria	alzato	alzato in opera mista	A13	metà IV - inizio V d.C. (restauro P)
M2_WM_3		allet.	struttura muraria	alzato	alzato in opera mista	A13	metà IV - inizio V d.C.(restauro F)
M2_WM_5		allet.	struttura muraria	alzato	alzato in opera mista	A13	metà IV - inizio V d.C. (restauro F)
M2_WM_6		allet.	struttura muraria	alzato	alzato in opera mista	A13	metà IV - inizio V d.C. (restauro P)
M2_WM_7		allet.	struttura muraria	alzato	alzato in opera mista	A13	metà IV - inizio V d.C.(restauro P)
M2_WM_11	2	allet.	struttura muraria	alzato	alzati a corpo omog. in opera mista a fasce	A12	prima metà IV d.C.
M3_WM_1	33	allet.	struttura muraria	fond.	alzato in opera mista	A13	ultimo quarto V d.C.
M4_WM_1		allet.	struttura muraria	alzato	alzato in opera mista	A13	metà VI d.C.
M4_WM_2		allet.	struttura muraria	alzato	alzato in opera mista	A13	metà VI d.C.
M4_WM_3		allet.	struttura muraria	alzato	alzato in opera mista	A13	metà VI d.C.

Tab. VI.1 - Elenco dei campioni analizzati dalle diverse cinte urbiche aquileiesi con relative strutture di provenienza e inquadramento cronologico.

Dal tratto orientale delle mura M1, recentemente rimesso a vista in seguito ad un mirato sondaggio di scavo condotto nel 2018, sono stati prelevati due campioni posti a quote differenti.

[72] PREVIATO 2015, p. 57 e bibliografia *ivi* citata.

[73] BERTACCHI 1968, cc. 42-43; VILLA 2004, p. 609; PREVIATO 2015, p. 57.

[74] BUORA 2013, p. 568. Osservazione personale ha permesso di avvallare questa ipotesi circa la conformazione del nucleo murario.

[75] Cfr. a riguardo BUORA 2014, p. 12.

[76] BUORA 2013, p. 571; PREVIATO 2015, p. 57.

[77] BUORA 2013, pp. 571-572.

[78] VILLA 2004, p. 609.

[79] BRUSIN 1934, pp. 47-48; BUORA 2013, pp. 567, 569; BUORA 2014, p. 12; DILARIA 2017B, p. 40 e figg. 11-12, p. 41.

Il primo (M1_WM_2) è riconducibile alle stesure di allettamento dei laterizi costituenti l'alzato murario della cinta repubblicana; il secondo (M1_WM_4) è pertinente ad una stesura di rivestimento in malta forse non attinente all'originario intervento edilizio, ma piuttosto ad un successivo restauro.

Inoltre, dalla gettata cementizia rinvenuta nelle fondazioni nell'angolo sud-orientale delle mura repubblicane M1 indagate nel 2012, sono stati nuovamente presi in esame due campioni (M1_PREP_1, 2), già oggetto di indagini preliminari pochi anni addietro[80], per più approfondite e mirate analisi sperimentali.

Infine, il campione M1_WM_5 proviene dal nucleo del setto murario semicircolare costituente la torre TT2, realizzata in occasione del restauro medio-imperiale della cinta M1.

Dal tratto orientale delle mura M2 sono stati prelevati 9 campioni, riferibili sia all'originaria cinta tardoantica che ai successivi interventi di restauro.

Nello specifico, dall'area meridionale della cinta, dove i recenti scavi condotti dall'Università di Verona presso il fondo Pasqualis ne hanno messo in luce una porzione in stato di crollo primario, è stata analizzato il campione M2_WM_11 (fig. VI.7, d), costituente la miscela di allettamento dei laterizi di paramento dell'alzato murario.

Dalla zona occidentale, dove le mura sono state interessate da più intense attività di rinforzo e potenziamento, è stato prelevato un campione dal nucleo in *opus caementicium* del più interno tratto murato di IV sec. d.C. (M2_WM_4), mentre un secondo proviene dai giunti della struttura muraria in laterizi conformata a lesene che vi andò in appoggio, costituendone il restauro di rafforzamento (M2_WM_1); ulteriori campioni provengono dalla struttura muraria costituente l'antemurale occidentale della cinta M1 (M2_WM_5), nonché dalla più possente struttura a nucleo e paramento di rinforzo (fig. VI.7, c) che le venne addossata (M2_WM_2, 6).

Alle due torri messe in luce in questo settore sono riconducibili il campione M2_WM_3 e M2_WM_7, afferenti rispettivamente alla torre a pianta semicircolare e a quella pentagonale.

Riferibile alla cinta M3 nella zona meridionale della città, presso il corso dell'antico *Natiso cum Turro*, è per ora il solo campione M3_WM_1, prelevato da una stesura di allettamento nei livelli dell'alzato murario.

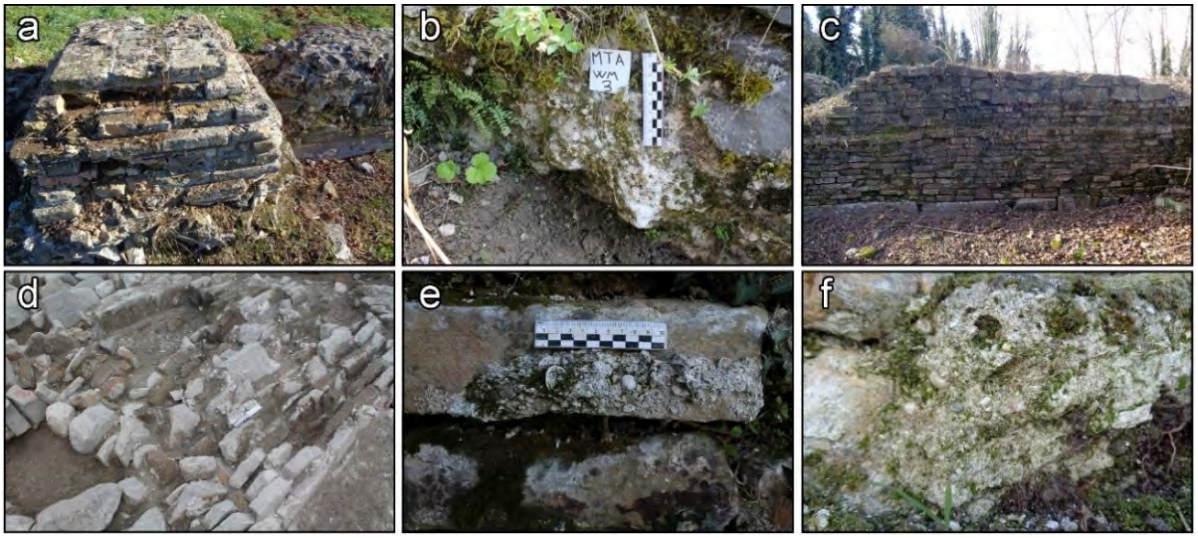


Fig. VI.7 – Aquileia, Cinte murarie urbiche. Campionamento. a) Antemurale di rinforzo della cinta M2, lato occidentale (restauro b2); b) Miscela di allettamento della fondazione della torre semicircolare in appoggio all'antemurale occidentale (restauro F); c) struttura di rinforzo all'antemurale P (restauro P); d) livello di crollo dell'alzato murario della cinta M2, lato meridionale; e) giunto di allettamento dell'alzato murario della cinta M4, lato occidentale; f) giunto di allettamento dell'alzato murario della cinta M4, lato orientale.

[80] Sui risultati delle analisi archeometriche cfr. nello specifico BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016, pp. 35-36.

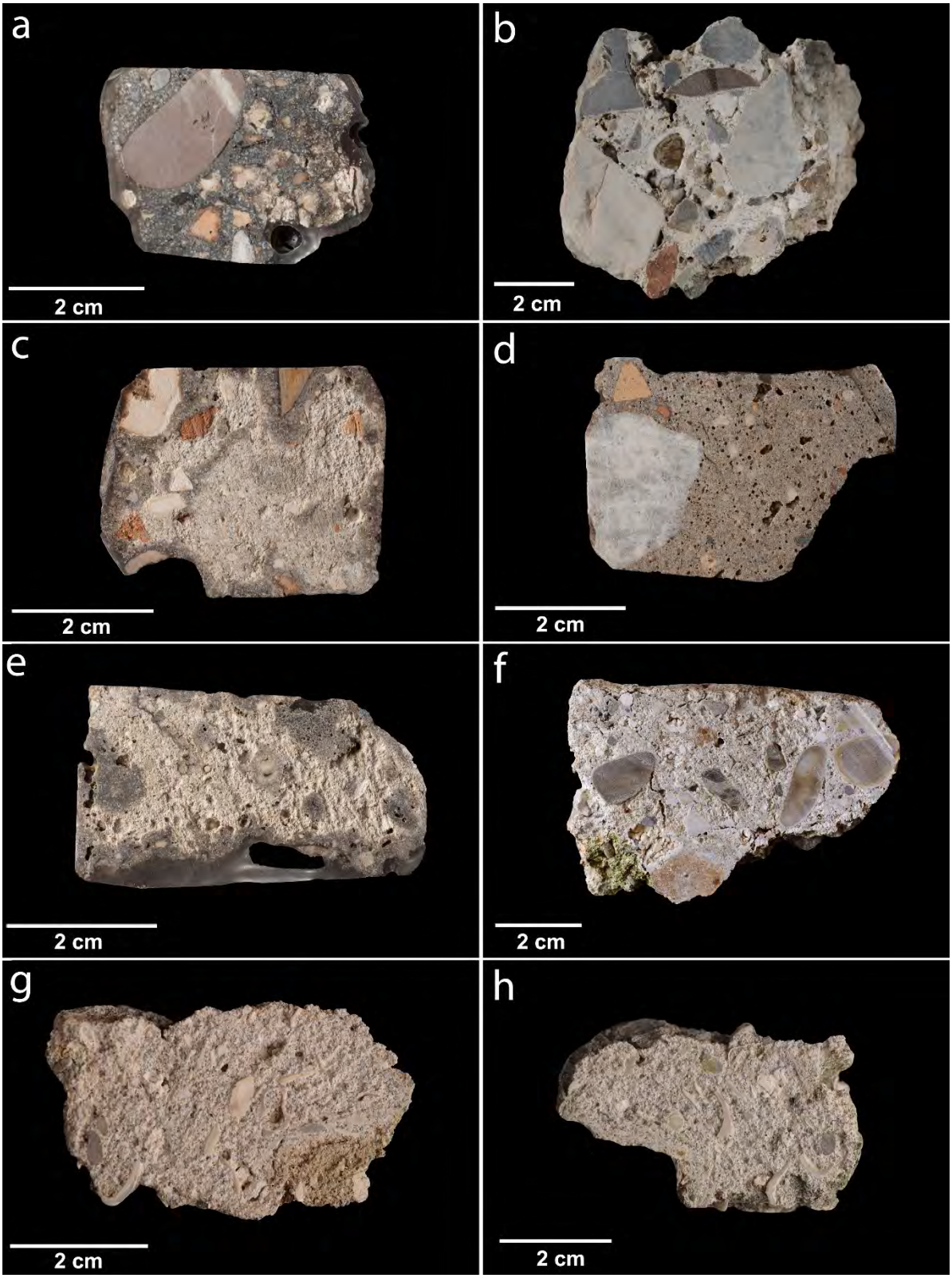


Fig. VI.8 – Tagli petrografici di una selezione di campioni di interesse prelevati dalle cinte murarie aquileiesi. a) M1_WM_2 (dopo consolidamento in resina epossidica); b) M1_PREP_1; c) M1_WM_5 (dopo consolidamento in resina epossidica); d) M2_WM_1 (dopo consolidamento in resina epossidica); e) M2_WM_6 (dopo consolidamento in resina epossidica); f) M2_WM_7; g1) M4_WM_1; g2) M4_WM_2.

Infine, sono stati prelevati campioni da due punti differenti delle mura a salienti della cinta di età bizantina (M4). M4_WM_1 e 2 provengono entrambi da porzioni strutturali ancora in luce

presso il tratto murario occidentale conformato a saliente d'angolo sub-trapezioidale (fig. VI.7, e); M4_WM_3 è stato invece campionato dall'estremità orientale delle mura M4 dove ne rimane ancora in luce un tratto presso l'area archeologica del porto fluviale (fig. VI.7, f).

Prima di procedere alle analisi archeometriche, i campioni sono stati tagliati tramite troncatrice a corona diamantata (Fig. VI.8) e ne è stato effettuato un preliminare studio macroscopico delle caratteristiche salienti (riportato nella descrizione petrografica dei composti).

Campione	OM	XRPD - *bulk*	XRPD - *binder*	XRPD - *lump*	SEM-EDS
WM samples					
M1_WM_2	x	x			
M1_WM_4	x	x	x		x
M1_WM_5	x	x			
M2_WM_1	x	x			
M2_WM_2	x				x
M2_WM_3	x				
M2_WM_4	x				
M2_WM_5	x				
M2_WM_6	x				
M2_WM_7	x				
M2_WM_11	x	x			
M3_WM_1	x				
M4_WM_1	x				
M4_WM_2	x				
M4_WM_3	x				
PREP Samples					
M1_PREP_1	x	x	x	x	x
M1_PREP_2	x				

Tab. VI.2 – Elenco analisi archeometriche effettuate sui campioni in esame delle cinte murarie aquileiesi.

1.5 - RISULTATI DELLE ANALISI ARCHEOMETRICHE

Su tutti i campioni in esame sono state effettuate analisi in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM). Su una selezione di campioni, rappresentativi dei gruppi individuati in seguito ad analisi OM, sono state inoltre condotte indagini mineralogiche tramite analisi in diffrazione ai raggi X delle polveri, operate sia sui campioni massivi (*XRPD-bulk*) che su alcune frazioni leganti separate (*XRPD-binder; XRPD-bulk*), nonché analisi chimiche e microstrutturali (SEM-EDS) finalizzate all'indagine della composizione chimica dei leganti e all'osservazione puntuale delle aree di reazione pozzolanica (Tab. VI.2).

1.5.1 - *Analisi Petrografiche (OM)*

Le analisi petrografiche hanno permesso di descrivere composizione e tessitura delle miscele leganti impiegate nelle porzioni strutturali delle cinte urbiche aquileiesi (Tab. VI.3). I risultati sono poi stati testati con metodi statistici multivariati (PCA). Ciò ha permesso di descrivere gruppi tra loro chiaramente riconoscibili in base ad una serie di caratteristiche petrografico-mineralogiche, di seguito discusse (fig. VI.9).

Gruppo 1 – Campioni M1_PREP_1, 2

Entrambi i campioni di questo gruppo provengono dalla colata di fondazione in calcestruzzo[81] individuata alla base delle mura repubblicane M1 presso l'angolo sud-orientale della cinta. Dal punto di vista macroscopico, presentano un colore di massa biancastro, una consistenza particolarmente tenace ed abbondante aggregato ghiaioso (fig. VI.8, b).

Microscopicamente, si osserva un legante a tessitura micritica e struttura poco omogenea, con diffuse aree a bassi colori interferenza che si ritiene essere interessate da zonature di carbonati antropogenici formatisi per carbonatazione della portlandite[82]. Grumi di legante non miscelato sono estremamente diffusi (15-25% ca vol. ca) e anch'essi caratterizzati come aree a bassi colori di birifrangenza. Di contro, sporadici sono i grumi completamente carbonatati, riconoscibili dagli alti colori di birifrangenza e la tessitura mediamente omogenea.

[81] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

[82] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2014, pp. 28-29.

La porosità si presenta variamente diffusa in entrambi i campioni (15-25% vol. ca) con macrovuoti (⌀ massimo 12 mm) di tipo *vughs*, dovuti all'impiego di eccessiva acqua nell'impasto del calcestruzzo. L'aggregato si attesta in percentuali di 55-60% vol. ca, ha una classazione ridotta per l'occorrenza di abbondante ghiaia media e grossolana, mentre la frazione fine è rappresentata da sabbia media e sporadicamente grossolana afferente a depositi fluviali-torrentizi. La distribuzione areale è poco omogenea. Il rapporto L/A del composto è stimato a 1:2.5.

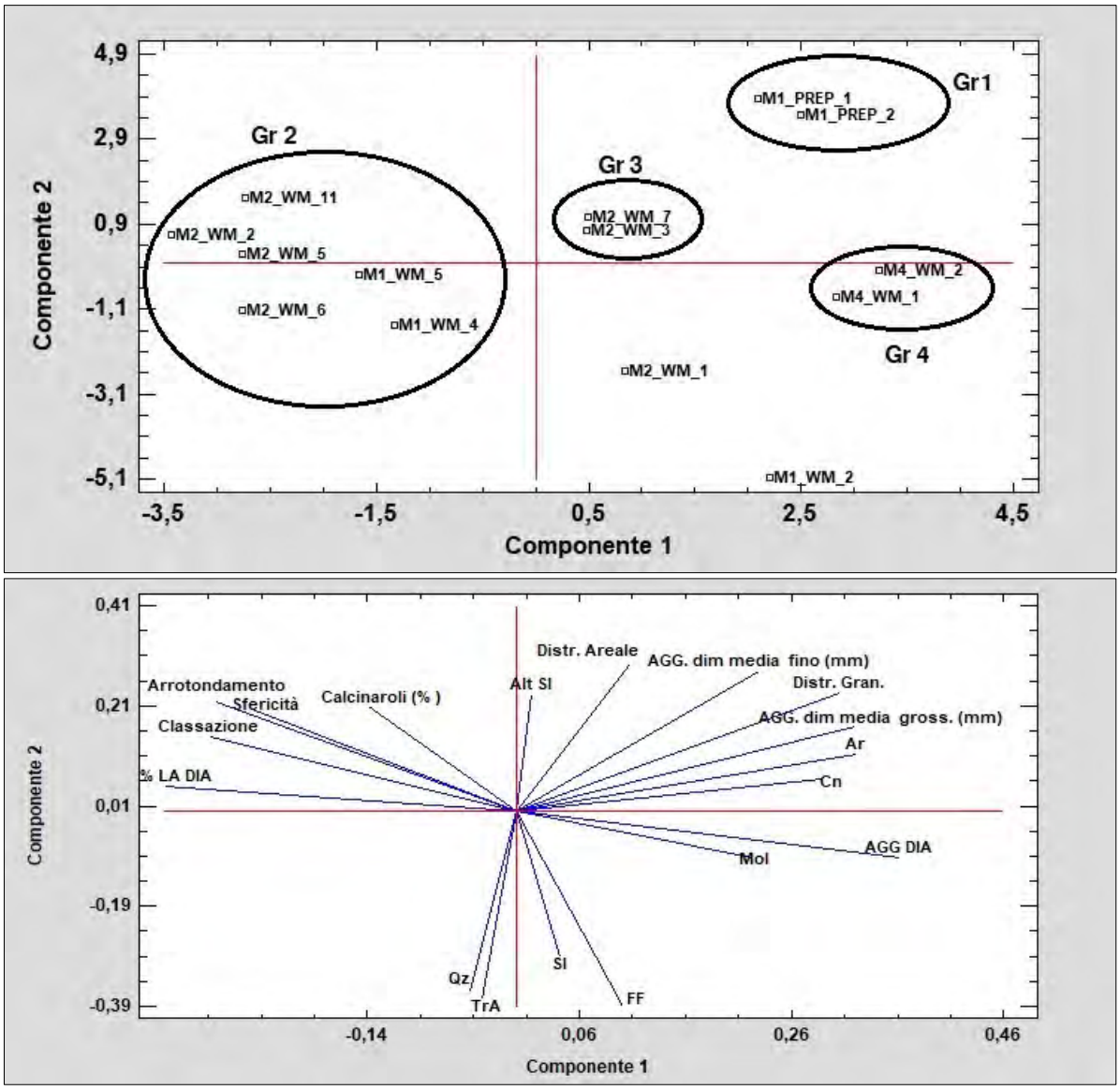


Fig. VI.9 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate sui campioni dalle cinte urbiche aquileiesi in relazione a: a) cronologia; b) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 61% della varianza totale. I gruppi individuati in base a sample-clustering sono cerchiati da ellissi.

Dal punto di vista petrografico, l'aggregato, sia ghiaioso che sabbioso, è prevalentemente carbonatico, con secondaria selce ed arenarie presenti, queste ultime, in misura rilevante soprattutto nel campione M1_PREP_2. La frazione quarzosa è presente in misura ridotta; in traccia si osservano miche, fillosilicati e feldspati plagioclasi nonché sporadiche infiltrazioni di origine terrigena, la cui occorrenza deve intendersi come non volontaria (fig. VI.10, b).

Evidenti sono i fenomeni di alterazione della componente selcifera, ravvisabili nella forma di bordi di reazione attorno all'aggregato silicatico[83] con la componente carbonatica associati a

[83] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2014, pp. 35-36.

fenomeni di parziale dissoluzione di alcuni clasti talvolta particolarmente evidenti in forme relitte di selce pressoché totalmente dissolute (fig. VI.11, a, b)[84]. Fenomeni di de-dolomitizzazione[85] appaiono evidenti in clasti resi pressoché completamente amorfi, all'apparenza opachi. Bordi di reazione si osservano attorno ai clasti ghiaiosi di arenarie quarzose (Fig. VI.11, c). Non si rileva la presenza di additivi.

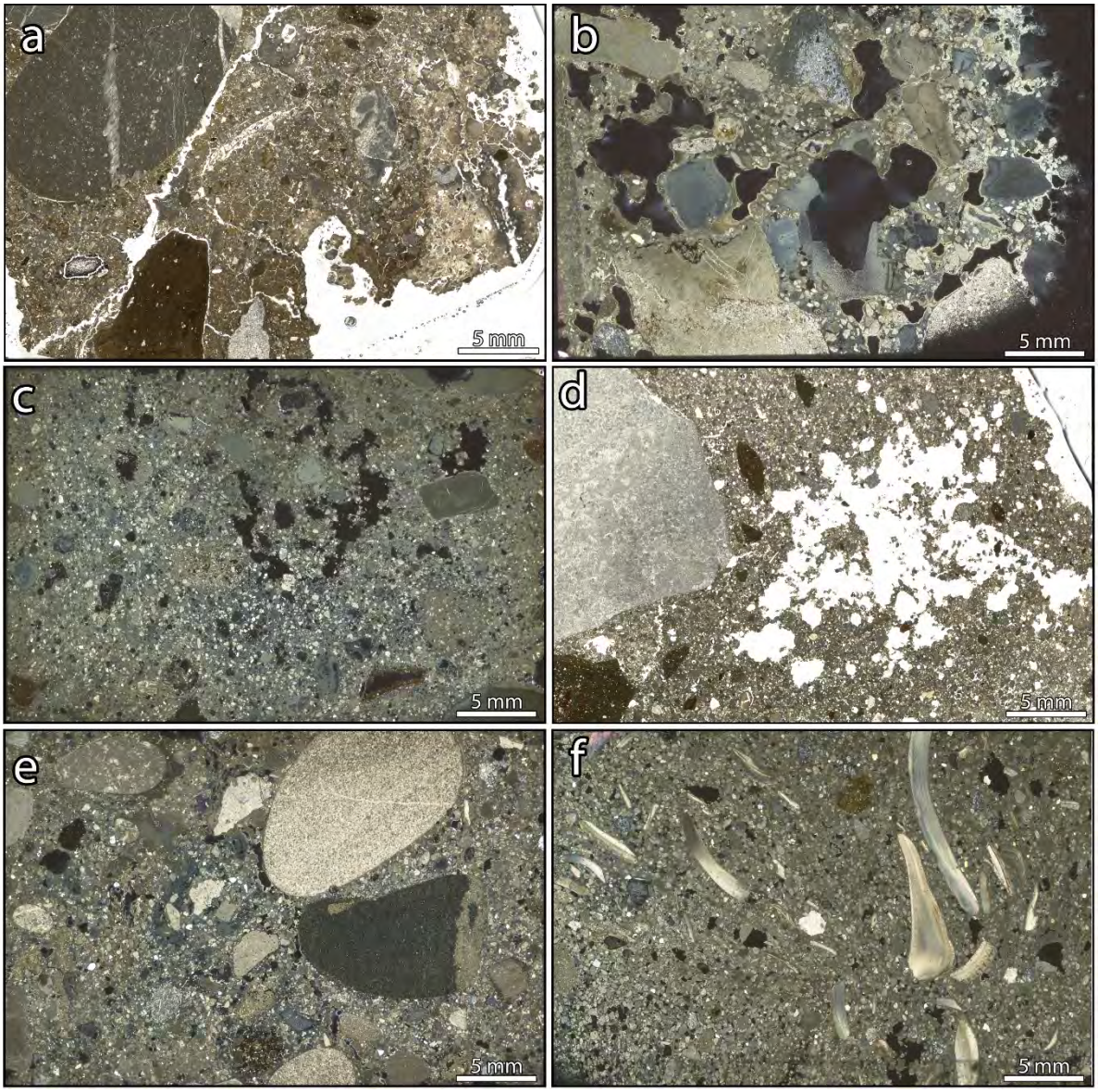


Fig. VI.10 – Acquisizioni in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM-TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN); a) M1_WM_2 (PN); b) M1_PREP_1 (XN); c) M1_WM_5 (XN); d) M2_WM_1 (PN); e) M2_WM_7 (XN); f) M4_WM_1 (XN).

Gruppo 2 – Campioni M1_WM_4, 5; M2_WM_2, 5, 6, 11

I campioni di questo gruppo provengono da miscele impiegate in strutture murarie della cinta tardoantica M2 e dei rifacimenti medio-imperiali della cinta M1. Il basso tasso di clusterizzazione dimostra come non siano tra loro perfettamente omogenei per ciò che concerne aspetti composizionali e tessiturali. I campioni di questo gruppo presentano infatti colorazione grigio-biancastra, a coesione variabile. Hanno aspetto arenaceo con sporadica occorrenza di clasti grossolani (fig. VI.8, c, e).

[84] BULTEEL, RAFAÏ, DEGRUGILLIERS, GARCIA-DIAZ 2004.
[85] KATAYAMA 2010; GÓRALCZYK 2012.

Campione	Spessore (cm)	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp.mineralogica	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante%	*Vughs v.*	*Vescicles v.*	*Planar v.*	*Channels v.*	Vuoti%	Agg. Dim max. (mm)	Agg. Dim min. (mm)	Agg. dim media gross. (mm)	Agg. dim media fino (mm)	Classazione	Distr. Gran.	Distr. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Orientazione	bordi di reazione	Clasti carbonatici	Selce	Dolomia alterata	Selce alterata	Quarzo	Calcite spatica	Arenaria	Frazione terrigena	Feldspati	Gusci di molluschi	Frammenti fittili	Clasti di rocce vulcaniche	Malte di riciclo	Miche	Carbone	Fibre vegetali	Prod. di neoformazione
		Desc. macroscop.				*Legante*			*Porosità*																																		
M1_WM_2	n.d.	GLEY 8/1	2	C	2	2	1:3.5	20	2	-	2	-	9	14,52	0,05	5,41	0,14	1	1	1	3	3	71	1	-	6	-	3	-	4	-	1	6	-	1	3	-	-	2	2	1	-
M1_WM_4	n.d.	GLEY 8/1	4	C	1	12	1:1	40	4	3	-	1	16	3,02	0,05	1,09	0,21	4	1	3	4	4	44	1	-	6	-	3	-	2	-	-	3	1	-	2	-	-	1	1	-	-
M1_WM_5	n.d.	GLEY 8/1	2	C	1	10	1:1.5	35	4	4	-	-	18	4,11	0,05	2,41	0,25	4	1	3	4	5	47	1	-	5	1	2	3	3	-	-	3	-	-	1	-	2	-	1	-	-
M1_PREP_1	n.d.	GLEY 8/1	-	C	-	25	1:2.5	23	4	4	-	-	23	17,56	0,05	9,23	0,42	3	2	5	4	4	54	-	1	7	1	-	3	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M1_PREP_2	n.d.	GLEY 8/1	-	C	-	15	1:2.5	26	4	2	-	-	15	19,46	0,05	8,11	0,41	3	2	5	4	4	59	-	1	6	1	-	2	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M2_WM_1	n.d.	GLEY 8/1	5	C	1	2	1:3	21	4	3	-	1	20	12,1	0,05	2,52	0,18	3	2	3	4	3	59	1	-	7	-	2	-	4	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-
M2_WM_2	n.d.	GLEY 8/1	5	C	1	7,5	1.5:1	47	3	-	-	1	19	1,72	0,05	0,46	0,26	6	1	4	5	5	34	1	-	5	-	2	-	3	-	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-
M2_WM_3	n.d.	GLEY 8/1	5	C	1	5	1:2	28	3	1	-	-	18	11,32	0,05	3,11	0,31	3	2	2	5	4	54	1	-	7	1	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M2_WM_5	n.d.	GLEY 8/1	4	C	1	30	1.5:1	47	4	3	-	-	20	3,04	0,05	0,75	0,27	4	1	2	4	4	33	1	-	5	1	2	1	2	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-
M2_WM_6	n.d.	GLEY 8/1	3	C	1	15	1:1	46	4	3	-	1	17	1,11	0,05	0,47	0,10	5	1	3	4	4	37	1	-	5	-	1	1	3	-	-	4	-	1	1	-	-	-	1	1	-
M2_WM_7	n.d.	GLEY 8/1	5	C	1	5	1:2	29	2	2	-	-	8	17,49	0,05	4,69	0,22	4	2	4	5	5	63	1	-	7	-	2	1	3	2	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-
M2_WM_11	n.d.	GLEY 8/1	5	C	1	7,5	1:1	50	2	2	1	-	8	0,69	0,05	0,54	0,28	6	1	5	5	5	42	1	-	6	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M4_WM_1	3,2	GLEY 8/1	5	C	1	1,5	1:1.5	36	4	2	-	-	8	13,81	0,05	3,88	0,44	4	2	5	3	3	56	1	-	6	-	4	-	3	1	3	2	-	5	1	-	3	-	-	-	-
M4_WM_2	2,8	GLEY 8/1	5	C	1	2,5	1:2	32	5	2	-	-	10	4,95	0,05	3,05	0,42	4	2	5	3	3	58	1	-	7	-	3	-	2	1	3	2	1	5	1	-	2	-	-	-	-

Tab. VI.3 – Tavola cumulativa dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di miscele leganti prelevati dalle diverse cinte urbiche aquileiesi.

Sotto il profilo microscopico il legante è micritico, carbonatico. La struttura appare variabile. In alcuni casi è chiaramente omogenea ad alti colori di birifrangenza (M1_WM_4; M2_WM_2), in altri (campioni M1_WM_5; M2_WM_5, 6, 7) appare zonata, con aree a basso colore di interferenza dovuta a occorrenza di carbonati antropogenici formatisi durante stadi successivi di carbonatazione della portlandite portlandite[86], con fenomeni diffusi anche nei grumi di legante non miscelati. L'occorrenza di calcinaroli è altamente variabile (5-25% vol. ca), così come la porosità (8-20% vol. ca). I vuoti sono attestati come micropori di tipo *vughs* o *vescicles*, dovuti alla presenza di eccessiva acqua nell'impasto. Elemento caratterizzante è l'elevato grado di classazione dell'aggregato, rappresentato da sabbia media-fina (⌀ 220 μm) o fina-molto fina nel solo campione M2_WM_6 (⌀ 100 μm). La distribuzione areale è in genere omogenea, in composti grassi con rapporto L/A variabile tra 1:1 e 1.5:1 con la componente d'aggregato attestata su percentuali pari o leggermente ridotte (35-47% vol. ca) rispetto alla frazione legante (35-50% vol. ca).

Petrograficamente, l'aggregato si caratterizza per dominante frazione carbonatica, associata ad una secondaria componente quarzosa, mentre minoritarie sono aliquote selcifere. Una discreta componente fittile sub-centimetrica (⌀ 2-3 mm) è presente soprattutto nel campione M1_WM_4. In traccia sono miche, feldspati e fillosilicati (fig. VI.10, c). La presenza di componente fine di origine terrigena è variabile, ma attestata in maniera sostenuta nel solo campione M2_WM_6 (fig. VI.11, f). In molti casi (campioni M1_WM_5; M2_WM_5, 6, 7) si osservano bordi di reazione[87] e fenomeni di alterazione delle selci e delle dolomie con intensità variabile. Non si rileva la presenza di additivi.

Gruppo 3 – campioni M2_WM_3, 7

Entrambi i campioni di questo gruppo provengono da stesure di allettamento dei corpi murari delle due torri messe in luce presso la porzione occidentale delle mura M2.

Macroscopicamente presentano un aspetto conglomeratico, colorazione biancastra ed una consistenza mediamente tenace, in particolar modo M2_WM_7 (Fig. VI.8, f). Sotto il profilo microscopico il legante si presenta micritico, carbonatico a tessitura omogenea nel campione M2_WM_3, mentre nel campione M2_WM_7 presenta zonature a bassi colori di birifrangenza (fig. VI.10, e). Grumi di legante non calcinato non sono particolarmente diffusi (5% vol. ca), mentre la porosità è variabile (8-18% vol. ca), con vuoti prevalentemente del tipo *vughs* o *vescicles*. Elemento caratterizzante in queste malte di allettamento è la presenza di ghiaia medio-grossolana (⌀ 3-5 mm ca), associata a sabbia media in proporzioni tali da determinare una classazione nettamente bimodale, evidente soprattutto per il campione M2_WM_7. La distribuzione areale dell'aggregato è, nel complesso, poco omogenea. Petrograficamente, appare dominante la frazione carbonatica, con selce e quarzo presenti in misura minore, mentre soprattutto tra le ghiaie si osservano arenarie e calcareniti (fig. VI.11, e).

Gruppo 4 – campioni M4_WM_1, 2, 3

Tutti i campioni di questo gruppo provengono da stesure di allettamento dei paramenti dell'alzato murario della cinta bizantina M4 e presentano caratteristiche tra loro alquanto omogenee ravvisabili nell'alto grado di clusterizzazione nel grafico a fig. VI.9, a.

Macroscopicamente i campioni si presentano come malte grigiastre, a tessitura arenacea e coesione discreta. Si caratterizzano per la presenza, in quantità variabili, di aggregato conchiglifero di litorale costiero, intero o più spesso finemente tritato (fig. VI.8, g-h).

Sotto il profilo microscopico il legante si presenta micritico, ad alti colori di birifrangenza e a tessitura omogenea. La porosità, caratterizzata da vuoti di tipo *vughs*, non appare particolarmente diffusa (8-10% vol. ca). L'aggregato (56-58% vol. ca) è rappresentato da sabbia media (⌀ 440 μm), piuttosto classata con distribuzione granulometrica unimodale ed una omogenea distribuzione areale. Una secondaria frazione conchiglifera appare presente in egual misura in

[86] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2014, pp. 28-29.

[87] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2014, pp. 35-36.

entrambi i campioni (circa il 30% dell'aggregato complessivo). Sotto il profilo petrografico, vi è una dominante occorrenza di aggregato carbonatico, con secondarie selci e quarzi in quantità non irrilevanti. Arenarie sono sporadicamente presenti nonché clasti di marmi, la cui presenza è stata riscontrata nel campione M4_WM_1. In traccia sono presenti miche e feldspati. Una discreta componente fina di origine terrigena è stata riscontrata in particolare nel campione M4_WM_1. Si distinguono infine chiaramente i clasti conchigliferi, abbondanti. Alcune zonature di probabile alterazione sono riconoscibili attorno ad alcuni dei clasti selciferi (fig. VI.10, f)[88]. Non si rileva la presenza di additivi.

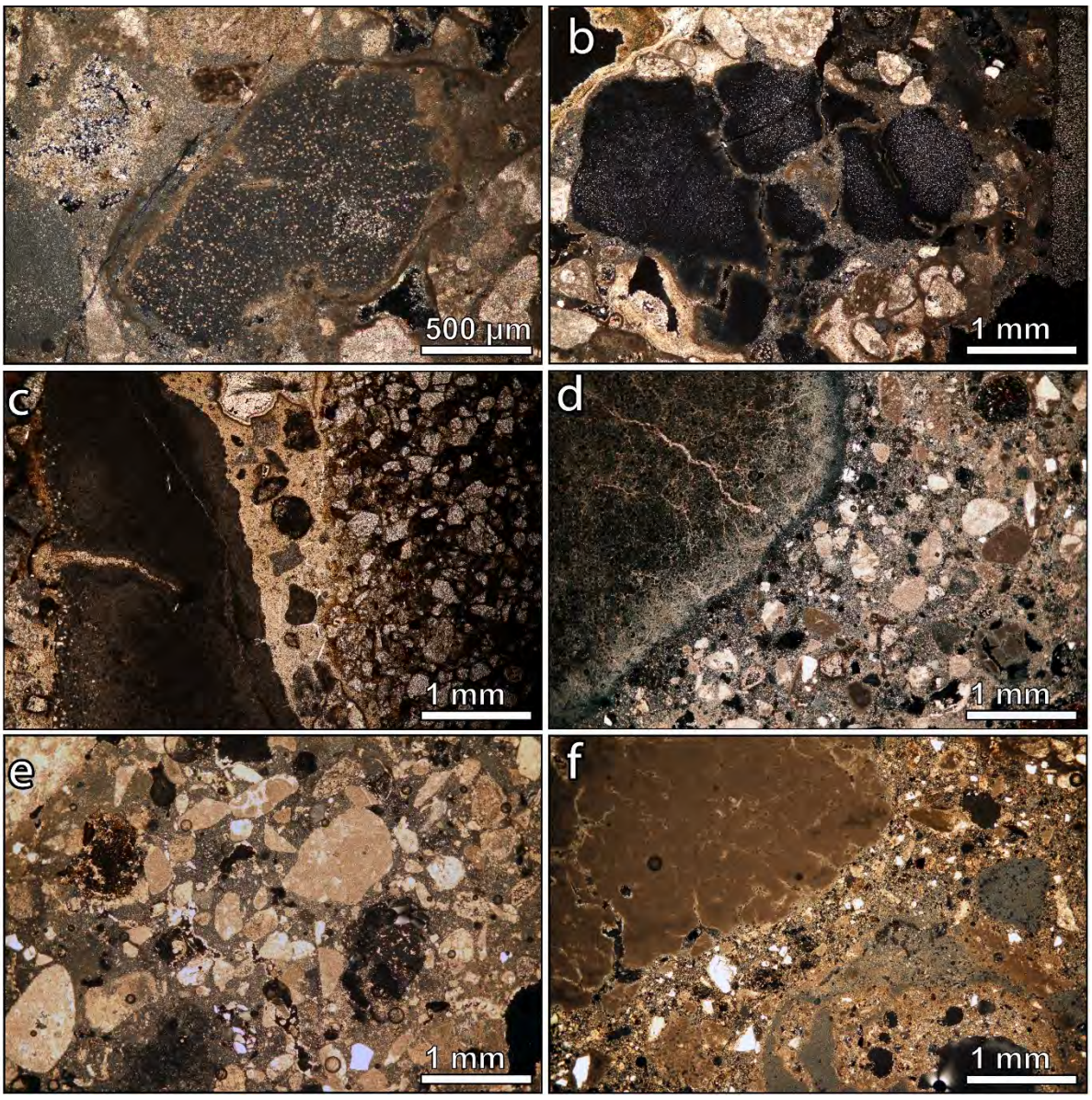


Fig. VI.11 – Acquisizioni di dettaglio in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM-TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN). a) M1_PREP_2 (XN). Si osserva un clasto di selce alterato (in alto a sx) ed un fantasma di selce del tutto discioltosi. b) M1_PREP_1 (XN). Fantasmi di selce fortemente alterati; c) M1_PREP_2 (PN). Bordo di reazione interfacciale tra un clasto di arenaria quarzosa e la matrice legante; d) M1_WM_5 (XN). Fenomeni di alterazione a bassi colori di birifrangenza di un grumo di legante non miscelato; e) M2_WM_7 (XN). Matrice del campione a bassi colori di birifrangenza impotabile ad una non completa carbonatazione del legante; f) M2_WM_6 (XN). Grumo di legante completamente carbonatato (in alto a sx). La matrice legante presenta diffuse intrusioni fini di natura terrigena (in basso a dx).

[88] BULTEEL, RAFAÏ, DEGRUGILLIERS, GARCIA-DIAZ 2004.

Campioni non associabili

Campione M1_WM_2

Il campione M2_WM_1, proveniente dall'allettamento del paramento murario di rinforzo della cinta M2, appare chiaramente distinguibile da tutti gli altri (VI.8, a). Elemento caratterizzante è la presenza di abbondante sabbia fina (60% vol. ca) miscelata al legante in rapporti L/A di 1:3, proporzioni tali da permetterne una chiara distinzione da tutti gli altri presi in esame in questa sezione. La porosità è inoltre abbastanza diffusa (20% vol. ca), con microvuoti di tipo *vughs/vescicles*. Sotto il profilo petrografico la composizione non appare invece dissimile da quella descritta per gli altri gruppi qui analizzati, ma si rileva la presenza di frammenti fittili subcentimetrici (⌀ 4-5 mm) in quantità non irrilevanti (fig. VI.10, a).

Campione M2_WM_1

Il campione M2_WM_1 proviene dall'allettamento del corpo murario dell'alzato in laterizi della cinta M1, nella sua porzione orientale. L'elevata contaminazione con frazione terrigena ne permette una descrizione come malta di terra composta (fig. VI.8, d)[89].

Macroscopicamente presenta aspetto conglomeratico di colore grigio-bruno (10YR3/4), e consistenza friabile. Sotto il profilo microscopico il legante appare essere un mix di calce e frazione terrigena argillosa, in rapporti tra loro variabili e stimabili a circa 1:1. Grumi di legante non miscelato sono pressoché assenti. La porosità è ridotta (9% vol. ca) con vuoti prevalentemente di tipo *planar voids* derivati dal ritiro in fase di presa. L'aggregato ha classazione bimodale, distribuzione areale disomogenea ed è rappresentato da ghiaia media, frammenti fittili e sabbia media in percentuali difficili da valutare ma stimate attorno al 70% vol. ca. L'elevato grado di arrotondamento e sfericità ne dimostra la provenienza da depositi fluviali. Petrograficamente, è rappresentato da prevalenti clasti carbonatici, con secondaria selce, quarzo. Arenarie, così come fillosilicati, miche e feldspati sono presenti in traccia. Diversi sono i grumi terrigeni non miscelati (fig. VI.10, d). Quali additivi sono state trovate tracce di carbone e fibre vegetali il cui impiego è probabilmente non intenzionale e portato stesso dell'argilla impastata nel composto.

1.5.2 - *Analisi XRPD*

Le analisi in diffrazione XRPD-*bulk* sono state condotte su di una selezione di campioni rappresentativi dei gruppi individuati in seguito ad analisi petrografica (tab. VI.4). I dati quantitativi sono poi stati sottoposti ad analisi statistica tramite metodo multivariato (PCA) al fine di verificare i raggruppamenti riconosciuti in seguito ad indagini OM.

Sulla base dei dati mineralogici, la distribuzione spaziale dei campioni non sembra allinearsi del tutto con l'analisi petrografica, ma anzi in taluni casi si pone in disaccordo con quanto definito in precedenza (fig. VI.12). Va tuttavia sottolineato come la sola indagine mineralogica non ponga in evidenza le caratteristiche tessiturali dei campioni, elementi che risultano fondamentali per distinguere le modalità produttive delle miscele leganti, alla luce di un profilo mineralogico che, di contro, appare essere sempre abbastanza uniforme (tab. VI.4).

Nel complesso le fasi riconosciute rappresentano un *assemblage* mineralogico costante in tutti i campioni sotto il profilo qualitativo. La calcite è da connettere sia all'aggregato carbonatico che alla matrice legante, quasi sempre rappresentata da calce prodotta da calcinazione di calcari. La dolomite, presente in percentuali alquanto variabili[90], è prevalentemente riferibile a clasti di dolomia nell'aggregato sabbioso-ghiaioso[91]. La componente quarzosa è da riferire sia

[89] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 50.

[90] Alla luce di questa estrema variabilità che sembra riconducibile a dinamiche di campionamento, la dolomite non è stata considerata quale fase mineralogica di interesse nell'analisi PCA rappresentata nella fig. VI.12.

[91] L'assenza di brucite dimostra come non sia stata impiegata dolomia come pietra da calce (cfr. BLÄUER-BÖHM, JÄGERS 1997). Tuttavia, pur essendo presenti relitti di calcinazione di dolomie, sembra che i fenomeni da temperatura o di dissoluzione della componente dolomitica non sempre portino alla formazione di brucite cristallina (KATAYAMA 2010, in part. p. 673).

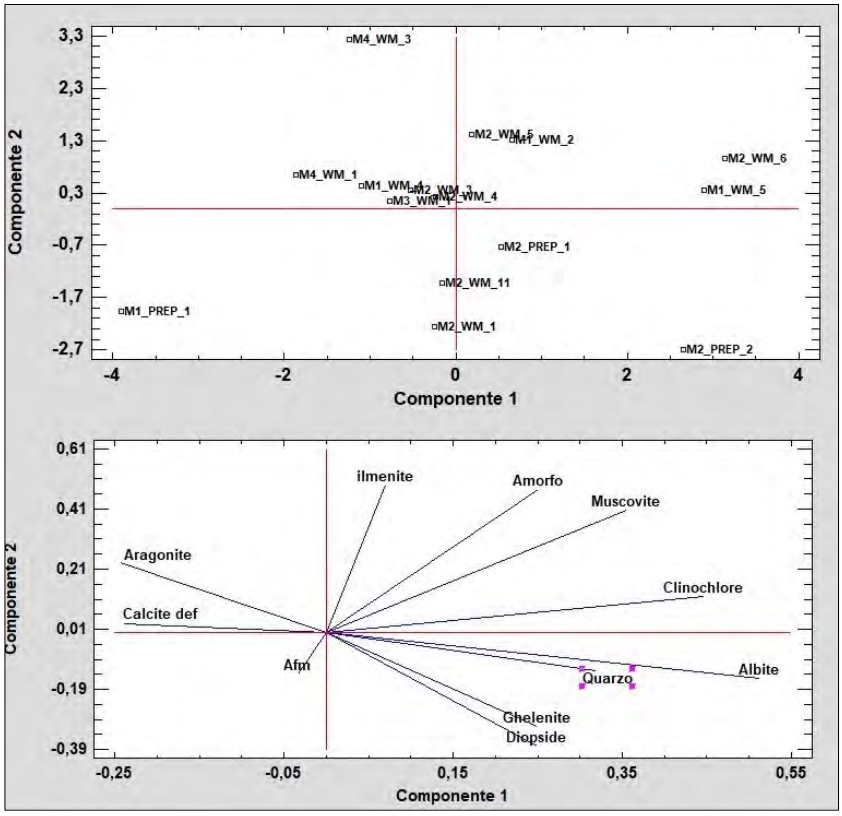


Fig. VI.12 NON DEF - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi XRPD-*bulk* condotte su una selezione di campioni dalle diverse cinte murarie aquileiesi, in riferimento ad: a) Fase edilizia; b) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 rappresentative del 50% della varianza totale. I gruppi principali individuati in base a sample-clustering sono stati raggruppati da ellissi.

alla selce che ai minerali singoli. Feldspati e miche sono presenti in tracce (plagioclasio e muscovite). Ematite ed ilmenite sono minerali accessori presenti nei depositi sabbiosi o di suolo.

Si distinguono nel complesso alcuni campioni per alcune particolarità mineralogico composizionali, rispetto al nucleo centrale della fig. VI.12, a, rappresentato da campioni afferenti principalmente al Gr 2.

M1_WM_2, 5 e M2_WM_5, 6 si caratterizzino per accentuata frazione amorfa, fase che accorpa composti vetrosi o gel non cristallini di diversa genesi. Come osservato in seguito ad analisi OM, nel campione M1_WM_2 tale componente è ascrivibile ad abbondante frazione terrigena di natura siltitico-argillosa distribuita nel campione. Nei restanti casi, la componente amorfa si deve piuttosto ascrivere, perlomeno in parte, anche a fasi di neoformazione, non cristalline, verosimilmente prodottesi in seguito a fenomeni di dissoluzione della componente selcifera e di de-dolomitizzazione (ARS gels; M-S-H), la cui occorrenza è stata meglio indagata tramite indagini SEM-EDS[92].

M2_WM_11 e M2_WM_1 si distinguono dai campioni sopra menzionati per la frazione amorfa ridotta. Le matrici di questi campioni, ad indagine petrografica, apparivano infatti piuttosto depurate dalla presenza di intrusioni terrigene e non sono stati riscontrati i fenomeni di alterazione della componente selcifera e dolomitica sopra evidenziati.

M4_WM_3 e, in misura minore, M4_WM_1 (Gr4), si caratterizzano dagli altri per elevati tenori di aragonite, in gran parte riferibili ai gusci conchigliferi impiegati quale aggregato e non calcinati[93].

M1_PREP_1 (Gr 1), si distingue infine chiaramente rispetto al nucleo centrale per l'occorrenza di fasi non attestate negli altri campioni ossia: a) brucite da riferire agli accentuati processi di de-dolomitizzazione già osservati con altre tecniche[94], piuttosto che a fasi di neoformazione prodottesi in seguito a calcinazione di roccia dolomitica[95]; b) Tobermorite 14 Å (3,2% wt%), fase pozzolanica riferibile a silicati di calcio idrati, associata a limitate formazioni di alluminati di calcio idrati, ossia fasi AFm (0,2% wt%). La limitata presenza di idrati a base alluminosa (AFm;

[92] Cfr. *infra*.

[93] BRYSBAERT 2007. La calcinazione di conchiglie determina la modificazione dell'abito cristallino del materiale da aragonite in più comune calcite.

[94] KATAYAMA 2010; cfr. Inoltre §. 1.5.1 3 1.5.3.

[95] BLÄUER-BÖHM, JÄGERS 1997.

C-A-S-H) non risponde all'ipotesi dell'impiego di aggregato pozzolanico tradizionale, quale può essere la polvere fittile o le ceneri vulcaniche piroclastiche[96], la cui occorrenza non è stata riscontrata neppure in seguito ad indagine OM (fig. VI.13, a)

Campione	Calcite	Dolomite	Aragonite	Brucite	Tobermorite 14 Å	AFm	Quarzo	Plagioclasio	K-feldspato	Mmicrolino	Diopside	Ghelenite	Analcime	Biotite	Muscovite	Clinochlore	Hematite	Ilmenite	Amorfo
M1_WM_2	66,5	1,3	0,7	0	0	0	4,8	0,5	0,5	0	1,1	0	0	0	1,9	1,1	0	0,5	21,2
M1_WM_4	71,4	9,1	0,4	0	0	0	6,0	0,5	0	0	0	0	0	0	1,3	0	0,3	0,5	10,4
M1_WM_5	56,3	8,7	0	0	0	0	13,1	1,1	0	0	0	0	0	0	3,2	1,9	0	0,4	15,4
M2_WM_1	57,4	17,6	0	0	0	0	12,3	0,7	0	0	2,4	0	0	0,4	0,9	0,5	0,3	0	7,5
M2_WM_11	58,2	24,1	0	0	0	0	6,5	1,0	0	0	0	0	0	0	1,2	1,0	0	0	8,5
M2_WM_3	72,4	0,6	0,5	0	0	0	10,1	0,4	0	0	0	0	0	0	1,8	0	0	0,4	12,7
M2_WM_4	73,4	1,8	0	0	0	0	9,8	0,4	0	0	0	0	0	0	1,7	0,7	0	0,4	11,7
M2_WM_5	74,1	0,3	0	0	0	0	4,2	0,5	0	0,5	0	0	0	0	2,1	1,1	0	0,5	16,6
M2_WM_6	51,0	9,1	1,0	0	0	0	11,8	1,2	0	0	0	0	0	0	2,7	1,9	0	0,5	19,9
M4_WM_1	55,9	6,6	19,7	0	0	0	7,9	0,2	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0,5	8,9
M4_WM_3	50	0,7	26,1	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0,7	18,6
M3_WM_1	69,2	7,1	0	0	0	0	7,9	0,3	0	0	0	0	0	0	1,3	0,4	0	0,3	13,6
M1_PREP_1	78,9	3,2	0	0,8	3,2	0,2	4,0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	8,8

Tab. VI.4 - Risultati delle analisi mineralogiche (XRPD-bulk) sui campioni massivi prelevati dalle cinte murarie aquileiesi.

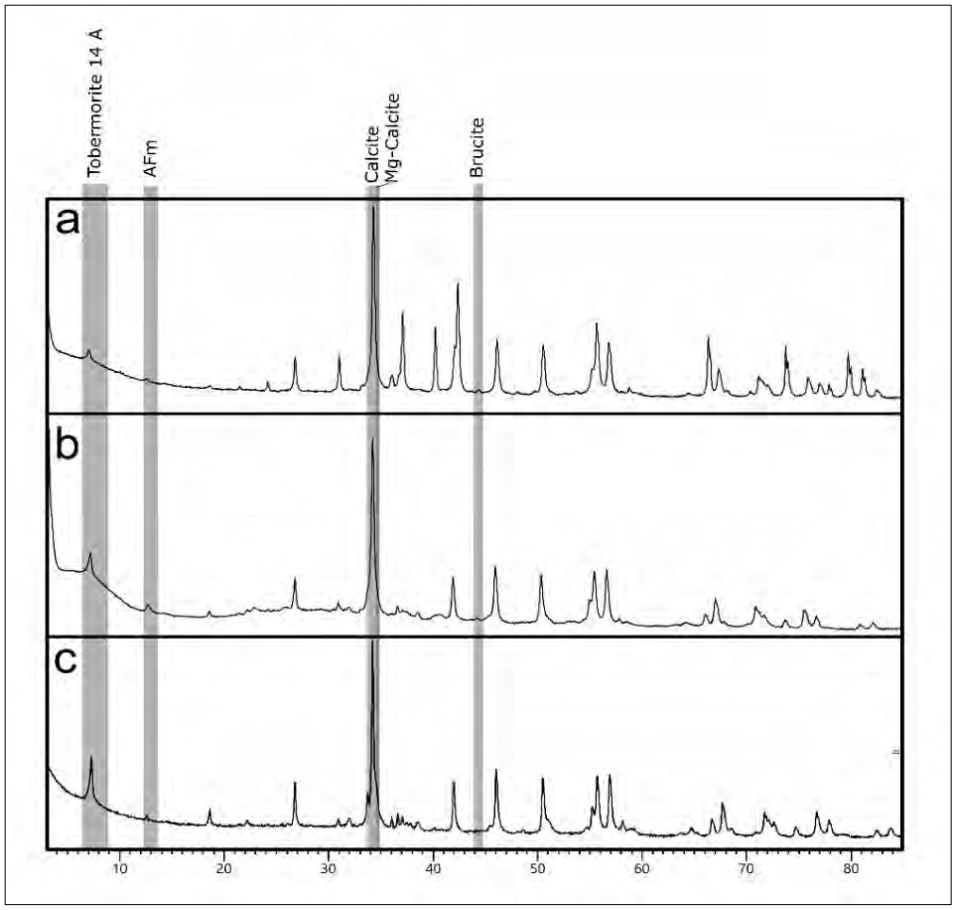


Fig. VI.13 – Aquileia. Difrattogrammi mineralogici dei campioni: a) M1_PREP_1-*bulk*; b) M1_PREP_1-*binder*; c) M1_PREP_1-*lump*. In evidenza le fasi mineralogiche principali.

[96] Come precedentemente supposto in BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016.

In dettaglio, l'analisi della sola frazione legante M1_PREP_1-*binder*, conferma quanto già indiziato da *bulk analysis*. Si osservano chiaramente i picchi di Tobermorite 14 Å a cui deve essere sicuramente associata una parte della frazione amorfa di tipo C-S-H, mentre le fasi AFm appaiono di gran lunga minoritarie (fig. VI.13, b). Risultano inoltre di interesse i risultati desunti dall'analisi di un singolo grumo di calce (M1_PREP_1-*lump*), macroscopicamente visibile nella matrice del calcestruzzo e meccanicamente separato. Il campione appare composto principalmente da calcite, con secondaria calcite magnesiaca. Ciò dimostra la calcinazione combinata di calcari e calcari debolmente magnesiaci/dolomie[97]. Secondariamente, si continuano a riscontrare i picchi di Tobermorite 14 Å, con assenza di fasi AFm (fig. VI.13, c). La pressoché totale assenza di fasi alluminose nel sistema permette quindi di escludere la calcinazione di marne; la formazione di AFm sembrerebbe quindi avvenuta solo in un secondo momento di reazione con l'aggregato. L'occorrenza di silicati di calcio idrati, ossia fasi C-S-H pure nel grumo stesso del legante, inducono a considerare la calcinazione diretta di una pietra da calce altamente silicatica, quale un calcare selcifero, determinando così la formazione di una calce naturalmente idraulica[98]. La fase amorfa potrebbe quindi essere anch'essa riferibile a formazioni C-S-H paracristalline[99]. Si osserva, inoltre, l'occorrenza di quarzo, che non andrebbe quindi ricondotto ad una contaminazione del campione con l'aggregato della malta stessa, ma sarebbe più verosimilmente ascrivibile alla frazione selcifera originaria non reagita. L'evidenza mineralogica non consente tuttavia di escludere aprioristicamente altre ipotesi, ossia che la formazione di fasi pozzolaniche sia avvenuta in seguito alla produzione del calcestruzzo, per fenomeni di reazione della calce con la componente silicatica a seguito della mobilitazione di ioni Si^{+} entro le micro-porosità del grumo legante stesso[100], entrati poi in reazione con la frazione carbonatica calcica.

Si riscontrano infine deboli picchi di hydroxilapatite, fase che rimane a testimonianza di un combustibile di natura animale impiegato nel processo di cottura di calcinazione.

1.5.3 - *Analisi SEM-EDS*

Le analisi SEM-EDS sono state operate su una limitata selezione di campioni (Tab. VI.4), al fine di osservare la composizione chimica dei leganti o per individuare puntualmente la distribuzione di eventuali fasi pozzolaniche e di neoformazione (C-S-H, M-S-H) diffuse nelle matrici, sulla base di quanto riscontrato tramite analisi petrografiche e mineralogiche.

L'analisi dei campioni M1_PREP_1 e 2 provano quanto già ipotizzato precedentemente. L'indagine EDS delle aree leganti e, soprattutto, dei grumi di legante stessi restituisce esclusivamente significativi picchi di silicio e calcio (fig. VI.14, a-b), a testimonianza della diffusa occorrenza di fasi pozzolaniche, già evidenziate in seguito ad analisi mineralogica[101]. Micro indagini in micrscopia elettronica a scansione ad alta risoluzione hanno permesso infatti di verificare la presenza di nanocristalli di tobermorite (fig. VI.14, c-d-e), chiaramente riconoscibili dalla conformazione aciculare[102], evidenti soprattutto nei nuclei stessi di quei grumi che, se osservati in OM-TL, presentavano bassi colori di birifrangenza. Il CI *index* per le aree matrice e per i grumi sempre > 1.7 è caratteristico di miscele eminentemente idrauliche (fig. VI.14, f-g)[103]. Seppur anche l'analisi chimica dei leganti induca a confermare l'ipotesi della calcinazione diretta di una pietra calcarea con infiltrazioni selcifere o di calcedonio, non si devono escludere fenomeni secondari di mobilitazione di ioni silicato per attivazione alcalina (ASR)[104], che, una volta permeati all'interno delle microporosità dei grumi di calce idrata, potrebbero aver attivato fenomeni di reazione con la componente calcica determinando così la formazione di prodotti pozzolanici.

[97] PAVÍA, FITZGERALD, HOWARD 2005; CHEVER, PAVÍA, HOWARD 2010.
[98] MOROPOULOU, BAKOLAS, ANAGNOSTOPOULOU 2005, p. 296; ELSEN, VAN BALEN, MERTENS 2011, p. 126.
[99] JANIK, KURDOWSKI, PODSIADLYC, SAMSET 2001.
[100] Cfr. §1.5.3.
[101] Cfr. §1.5.2.
[102] TAYLOR 2003, pp. 123-136
[103] BOYNTON 1980, pp. 274-275; BANFILL, FORSTER 1999, p. 177.
[104] TAYLOR 2003, p. 361-366; BULTEEL, RAFAÏ, DEGRUGILLIERS, GARCIA-DIAZ 2004.

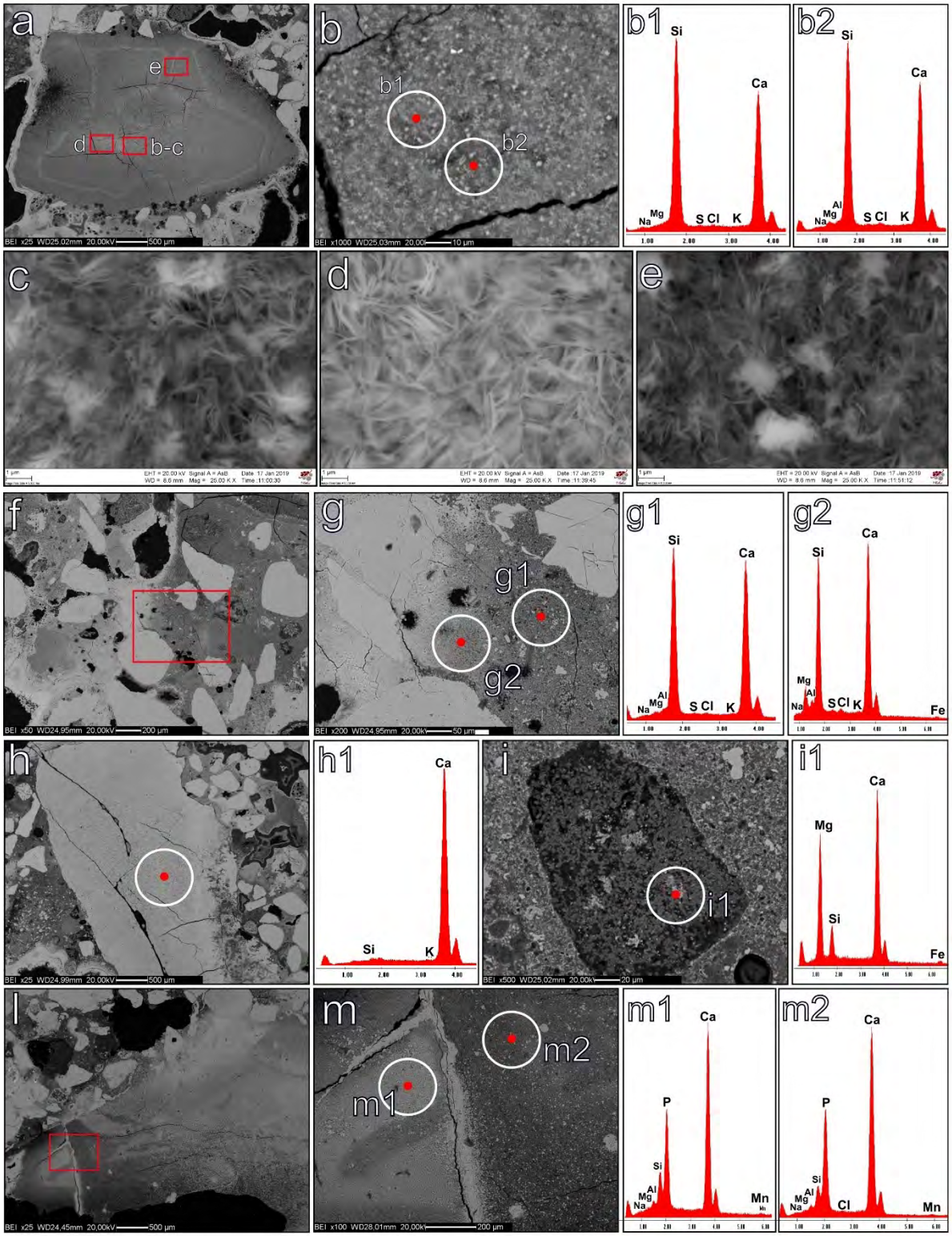


Fig. VI.14 - Analisi SEM-EDS. Acquisizioni a elettroni retrodiffusi (BSE). a) M1-PREP_1, grumo di calce; b) ingrandimento dell'area evidenziata fig. a; b1) microanalisi EDS di un'area interna del grumo di calce; a2) microanalisi EDS di un'area interna del grumo di calce; c, d, e) Acquisizioni ad alta risoluzione dei punti indicati nella fig. a; f) M1_PREP_1, area di matrice; g) ingrandimento dell'area evidenziata fig. a; g1) microanalisi EDS di un'area della matrice; g2) microanalisi EDS di un'area della matrice; h) M1_PREP_1; grumo di calce; h1) microanalisi EDS di un'area interna del grumo di calce; i) M1-PREP_1, clasto di dolomia in corso di de-dolomitizzazione; i1) microanalisi EDS di un relitto di dolomia debolmente alterato; l) M1_PREP_2, grumo di calce; m) ingrandimento dell'area evidenziata nella fig. l; m1) microanalisi EDS di un area interna del grumo legante; m2) microanalisi EDS di un area interna del grumo legante.

Infatti, indagini EDS puntuali di quei grumi che da analisi petrografica presentavano alti colori di birifrangenza, ne dimostrano una natura appieno calcica; ciò testimonierebbe come sicuramente, perlomeno parte della calce utilizzata nel processo di produzione dei calcestruzzi sia stata ottenuta da calcinazione di calcari pressoché puri (fig. VI.14, h).

In alcuni grumi gli elevati tenori di fosforo sono da ricondurre alla presenza di apatite, già osservata anche tramite indagini XRPD, la cui occorrenza derivata, con tutta probabilità, dal combustibile animale utilizzato per la produzione della calce viva (fig. VI.14, l-m).

Sono state di conseguenza condotte anche indagini ad alta risoluzione presso i clasti di aggregato al fine di evidenziarne i fenomeni di reazione. In relazione alle selci, una progressiva penetrazione di ioni calcio si osserva procedendo dai nuclei verso le aree interfacciali dei clasti relitti, a testimonianza di progressivi fenomeni di dissoluzione e reazione della componente silicatica (Fig. VI.15)[105]. Processi di de-dolomitizzazione[106] sono stati evidenziati anche in relazione ad alcune dolomie (fig. VI.14, i), con forme relitte altamente magnesiache e porzioni in dissoluzione presso le aree interfacciali dei clasti. Oltre che ai C-S-H, la mobilitazione di ioni silicatici nel sistema deve aver contribuito, assieme alla componente ionica magnesiaca, alla formazione di gel silicatico-magnesiaci di tipo M-S-H[107].

Tali fenomeni devono essere stati determinati da un rialzo del pH nei materiali cementizi, dovuto probabilmente ad una componente salina nell'acqua impiegata nel confezionamento del composto[108].

Simili considerazioni possono essere sostenute anche per un'altra serie di campioni che già in seguito ad indagini OM sembravano presentare fenomeni di alterazione della componente silicatica (fig. VI.16, a) e delle dolomie (fig. VI.16, b) ma che, come comprovato da indagini XRPD, non risultano evidenziare alcuna fase pozzolanica. Le matrici di M1_WM_5, M2_WM_6; M2_WM_7; M4_WM_1 e M4_WM_3 sono caratterizzate da percentuali elevate nei tenori di magnesio e silicio, con rapporto SiO_2/MgO in %wt che tende ad assumere valori omogenei e compresi tra 1:1 e 1:2, chiaramente indipendenti dalla componente carbonatica (fig. VI.15). In assenza di C-S-H, è possibile in questo caso meglio parametrizzare la formazione delle fasi M-S-H[109], poco o per nulla cristalline e quindi descritte, dall'analisi difrattometrica, come

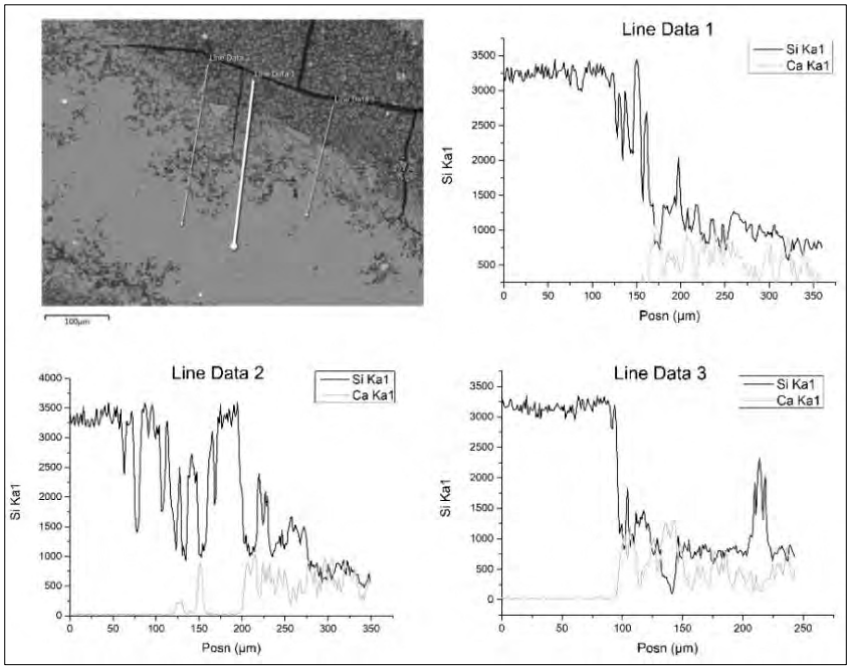


Fig. VI.15 – Frammento di selce ed interfaccia con la matrice legante. Dalle diverse sezioni si può osservare la progressiva permeazione di ioni calcio entro le aree interfacciali del clasto silicatico alterato, con probabile formazione di C-S-H.

[105] BULTEEL, RAFAÏ, DEGRUGILLIERS, GARCIA-DIAZ 2004.
[106] KATAYAMA 2010; GÓRALCZYK 2012.
[107] BREW, GLASSER 2005; ROOSZ *et alii* 2015.
[108] KARIM, JAHANGIR, HOQUE 2017; SONAT, TEO, UNLUER 2018; BERNARD, LOTHENBACH, POCHARD, CAU-DIT-CUMES 2019.
[109] BREW, GLASSER 2005; ROOSZ *et alii* 2015.

fase amorfa, particolarmente elevata soprattutto in relazione ai medesimi campioni qui discussi[110].

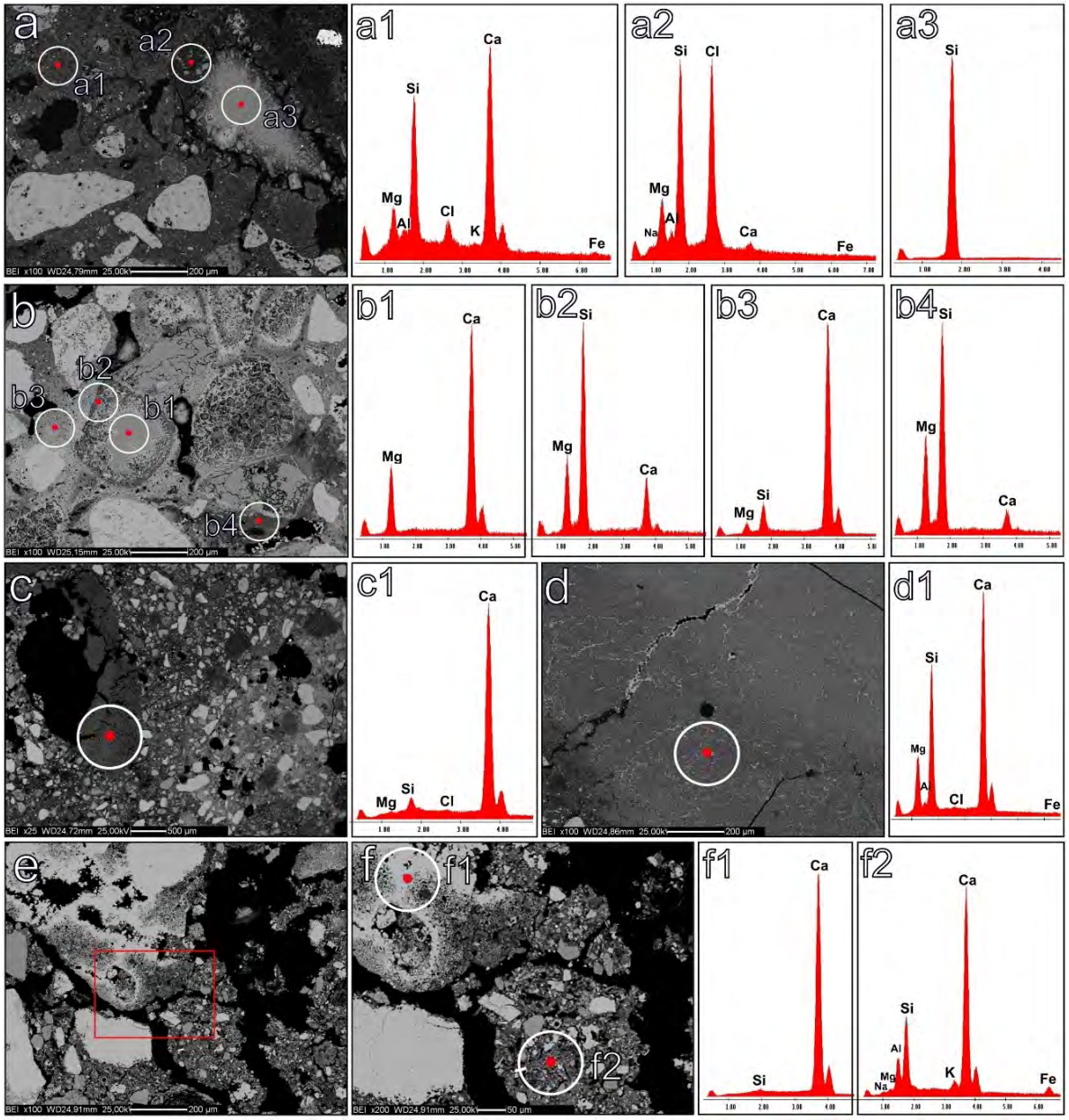


Fig. VI.16 – Analisi SEM-EDS. Acquisizioni a elettroni retrodiffusi (BSE). a) M2_WM_7, matrice legante; a1) microanalisi EDS di un relitto di selce non alterato; a2) microanalisi EDS di un area di reazione di un clasto di selce; a3) microanalisi EDS di un'area di matrice legante; a4) microanalisi EDS di un area di matrice legante; b) M4_WM_1, area di matrice legante; b1) microanalisi EDS di un relitto di dolomia non alterato; b2) microanalisi EDS di un areale di un clasto di dolomia in corso di de-dolomitizzazione; b3) microanalisi EDS di un'area della matrice legante; b4) microanalisi EDS di un'area della matrice legante; c) M2_WM_6, grumo di calce; c1) microanalisi EDS di un'area interna del grumo di calce; d) M1_WM_5, grumo di calce; d1) microanalisi EDS di un'area interna del grumo di calce; e) M1_WM_2, matrice legante del campione; f) ingrandimento dell'area evidenziata nella fig. e; f1) microanalisi EDS di un accumulo carbonatico nella matrice legante; f2) microanalisi EDS della matrice legante.

Nel complesso, la permeazione dei gel silicatico-magnesiaci appare largamente più accentuata nel campione M1_WM_5 che, infatti, presentavano già in seguito ad indagini OM chiari ed evidenti fenomeni di reazione nella matrice legante, nei grumi e nella frazione d'aggregato (fig.

[110] Cfr. *infra*.

VI.16, d); tali caratteristiche risultano, di contro, molto più contenute nei campioni M2_WM_6, 7 (fig. VI.16, c) e M4_WM_1, 3. La composizione chimica del legante originario, indagata tramite micro-analisi EDS nei grumi non alterati, restituisce tenori di CaO superiori a 90% wt., a testimonianza della calcinazione di calcari puri per la produzione di calce. Nel campione M2_WM_6 la matrice appare inoltre caratterizzata dalla presenza di una componente terrigena fine, come comprovato dalle aliquote considerevoli nei tenori di Al_2O_3 e FeO_2 assenti nei campioni sopra citati[111], e presenti, in forma sostenuta, solo in M1_WM_2 (fig. VI.16, e-f).

La sporadica occorrenza di picchi del cloro in alcuni punti indagine testimonia a favore della presenza di una componente salina (NaCl) nell'acqua impiegata al momento del confezionamento delle miscele. La ridotta attestazione dei picchi imputabili a sodio nelle matrici si deve probabilmente a fenomeni di lisciviazione meteorica.

Nel complesso, sembra possibile descrivere differenti fenomeni chimici tra i campioni M1_PREP_1 e M1_PREP_2 e gli altri finora descritti. Se in questi ultimi l'alcalinità del sistema appare aver determinato la mobilitazione ionica di ioni silicato e magnesio stabilizzatasi nella formazione di gel silicatico-magnesiaci, in rapporti SiO_2/MgO compresi tra 2:1 e 1:1, lo stesso non si può dire per i campioni M1_PREP_1 e M1_PREP_2. Nei campioni M1_WM_5; M2_WM_6; M2_WM_7; M4_WM_1 e M4_WM_3 la sola alcalinità del sistema non sembra aver infatti determinato la formazione di fasi C-S-H a lato di quelle dominanti M-S-H.

Le indagini microchimiche hanno dimostrato come nei grumi di calce dei campioni M1_PREP_1 e 2 la componente magnesiaca sia solo minimamente attestata, mentre si assume una più diretta iterazione tra la frazione silicatica e quella carbonatica. La presenza stessa di magnesio in alcuni punti analisi non deve essere associata a fasi di neoformazione quanto piuttosto alla natura dolomitica o calcico-magnesiaca della pietra da calce stessa. Di contro, proprio i rapporti tendenzialmente costanti nei valori di SiO_2 e MgO restituiti da indagini puntuali dei grumi leganti degli altri campioni discussi, dimostrerebbero la sostanziale indipendenza dei sistemi M-S-H dalla componente calcica. Tale evidenza permetterebbe quindi di avvallare l'ipotesi che per la produzione dei calcestruzzi M1_PREP_1 e M1_PREP_2 sia stata impiegata una pietra da calce con diffuse infiltrazioni silicatiche che hanno favorito la produzione di una calce naturalmente idraulica, in seguito ad una calcinazione ad elevatissima temperatura[112]. Secondariamente, la presenza di una certa salinità nell'acqua impiegata in fase di confezionamento della miscela o presente nell'ambiente transizionale in cui il calcestruzzo fondazionale venne disposto[113], avrebbe determinato la formazione di gel M-S-H, strutturalmente indipendenti dalle fasi pozzolaniche propriamente dette.

Di contro, il campione M2_WM_11 appare non interessato da alcuno dei fenomeni sopra descritti, tanto che le matrici restituiscono tenori di CaO > 90% wt., con assenza di frazione silicatica o magnesiaca.

1.6 - CONTESTUALIZZAZIONE ARCHEOLOGICA DEI DATI ANALITICI E ANALISI DELLE FASI DI CANTIERE

1.6.1 - *Cinta urbica M1*

Dalla cinta M1 sono stati analizzati quattro campioni con caratteristiche composizionali tra loro differenti.

Le colate di *opus caementicium* individuate grazie al sondaggio del 2012 ai piedi delle fondazioni presso l'angolo sud-orientale della cinta muraria presentano caratteri di particolare tenacità e coesione che sono già stati ascritti ad evidenti fenomeni di reazione pozzolanica[114].

[111] CARÒ, RICCIARDI MAZZILLI, SAVINI 2008, p. 95; CRISCI *et alii* 2004, pp. 265-266.

[112] Il problema delle temperature raggiunte nella camera di combustione della calcara è un tema su cui si cercherà di tornare con future indagini.

[113] BONETTO, PAJARO 2012, p. 15; BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016, pp. 31-34. La colata, attualmente immerse nell'acqua di falda moderna, potrebbe essere stata gettata in ambiente acquitrinoso già in antico. Non è noto inoltre lo sviluppo in profondità di tale gettata.

[114] Cfr. §1.5.2 e 1.5.3.

Estremamente interessanti appaiono i dati desunti dalle nuove indagini dei due campioni di calcestruzzo M1_PREP_1, e M1_PREP_2, grazie alle quali si è riusciti a determinare come le spiccate qualità pozzolaniche descritte tramite l'impiego integrato di diverse tecniche archeometriche non risultino essere in alcun modo riconducibili alla presenza, nei composti, di un aggregato vulcanico piroclastico reagito con la componente legante carbonatica aerea: l'analisi petrografica e microstrutturale di dettaglio ha infatti dimostrano l'esclusiva occorrenza nei composti di aggregato locale, affine a quello cavabile dai depositi fluviali del comprensorio Isonzo-Natisone-Torre[115], rappresentato da ghiaia e ciottoli prevalentemente carbonatici con secondarie arenarie quarzose, selci e singoli minerali di quarzo. Ciononostante, le indagini chimiche e microstrutturali ad alta risoluzione hanno evidenziato la diffusa produzione di tobermorite 14 Å cristallina non soltanto nei campioni massivi, ma pure – e soprattutto – nelle zonature interne ai grumi di legante non miscelato. I diversi fenomeni di alternazione della componente selcifera e di dedolomitizzazione individuati in seguito ad indagini OM e SEM-EDS, annesse ad evidenti forme di alterazione della componente silicatica delle arenarie, non sono quindi riconducibili – o perlomeno non esclusivamente riconducibili – alla formazione di fasi M-S-H, prodottesi in seguito alla mobilitazione di gel silicatico-magnesiaci determinati dall'aumento del pH dei composti, che come supposto in altri casi qui presi in esame[116], potrebbe essere dovuto all'impiego di acqua salmastra in fase di confezionamento dei materiali cementizi o ad una contaminazione secondaria del materiale originario per fenomeni di giacitura in ambiente acquitrinoso debolmente salino (acqua di falda moderna). Si è già detto, inoltre, come gli stessi grumi di legante non miscelato, meccanicamente separati e successivamente esaminati tramite indagini XRPD, abbiano evidenziato la diffusa formazione di silicati di calcio idrati[117]. Le indagini microstrutturali SEM hanno permesso di osservare proprio in queste aree la diffusa formazione di cristalli di tobermorite, chiaramente riconoscibili dalla microstruttura aghiforme[118]. Non essendo assolutamente riconoscibile l'attivatore pozzolanico nella frazione d'aggregato, le evidenti fasi idrate C-S-H e AFm impongono di considerare la possibilità dell'impiego di un legante calcico naturalmente idraulico, prodottosi in seguito a fenomeni occorsi ad elevata temperatura, che non sembra impossibile ascrivere a pratiche di calcinazione di calcari ad alta carica silicatica. Come osservato nel caso dei calcestruzzi del ponte di Augusto a Narni, l'impiego di calci idrauliche derivate da cottura di calcari selciferi – quindi ad alta componente silicatica – non sembra essere una pratica sconosciuta in età romana[119]. Di contro, come comprovato da analisi SEM-EDS, la pressoché totale assenza di frazione alluminosa nei grumi non miscelati di calce e, in generale, nella matrice dei campioni M1_PREP 1 e 2, non sembra ascrivibile a calcinazione di calcari marnosi, ossia ad alta componente argillosa. Le analisi XRPD dimostrano infatti come la frazione pozzolanica riferibile a fasi AFm risulti particolarmente limitata se confrontata con le aliquote di tobermorite 14 Å, connesse a sistemi eminentemente silicatici (C-S-H). Similarmente al caso aquileiese invece, i campioni dei calcestruzzi del Ponte di Augusto a Narni rivelano l'occorrenza di tobermorite 14 Å, in questo caso associata a tobermorite 11 Å di neoformazione (assente nei campioni prelevati dal calcestruzzo aquileiese) senza evidenza alcuna della formazione di silico-alluminati di calcio idrati caratteristici di fasi AFm (hydrocalumite, hydrotalcite, monocarbonato ecc.).

Nel contesto umbro l'utilizzo risulta intenzionale, in quanto il composto a miglior resistenza meccanica, ossia quello prodotto tramite calcinazione di calcare selcifero, venne adeguatamente studiato per essere impiegato nel punto a maggior tensione strutturale, ossia alle reni di imposta delle arcate del ponte augusteo (fig. VI.17, Mortar 2)[120].

---

[115] GAZZI *et alii* 1973, pp. 7, 10-13, fig. 11, p. 16, tab. 1a, p. 28; MAROCCO 2009, pp. 73-74.

[116] Cfr. inoltre in particolare Cap. VI, §2.5.2 e 2.5.3.

[117] Cfr. analisi SEM_EDS

[118] Cfr. analisi SEM_EDS.

[119] CANTISANI *et alii* 2002.

[120] Lo studio è stato condotto tramite un carotaggio effettuato dalla base fino alle fondazioni di uno dei piloni del ponte, dai cui sono stati individuati 4 tipologie di calcestruzzi, applicati a quote differenti (DRDÁCKÝ, FRATINI,

L'intenzionalità non sembra così evidente invece nel caso aquileiese, dove il calcestruzzo pozzolanico particolarmente tenace potrebbe essere stato prodotto in seguito ad una reazione non volontaria. Seppur difficilmente dimostrabile, a supporto di questo assunto vi è il fatto che nessun altro composto analizzato in questo studio appare presentare caratteristiche simili ai casi appena citati. Se le proprietà del materiale fossero state conosciute in antico, anche in merito a tradizioni edilizie specificatamente locali che non hanno avuto trasmissione nella fonte scritta, risulta arduo ipotizzare che calcestruzzi tenaci, che potevano essere realizzati tramite calcinazione di calcari ad alta frazione selcifera, non fossero stati prodotti anche per la realizzazione di strutture ad elevato sforzo statico-compressivo quali le platee di fondazione di altri edifici monumentali quali il teatro o l'anfiteatro aquileiese[121], seppur bisogna comunque tenere in considerazione un innegabile iato cronologico di oltre 200 anni tra i momenti di costruzione degli edifici per spettacolo e le mura M1.

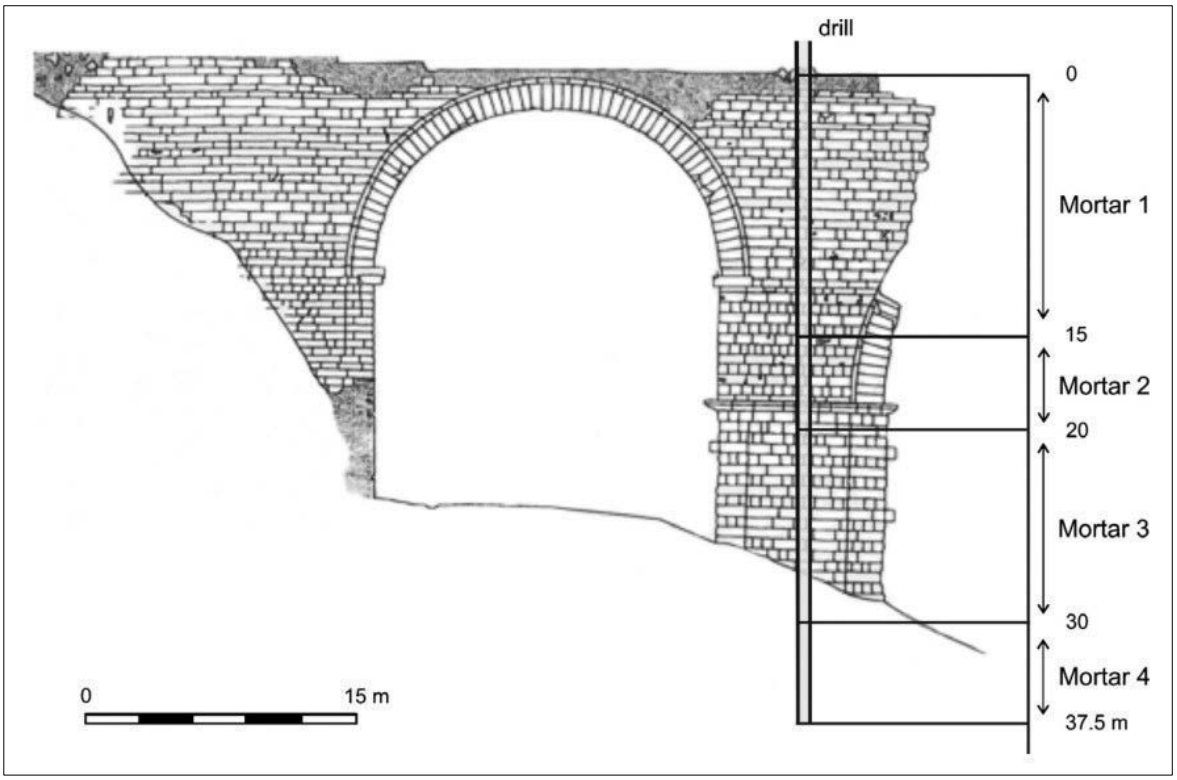


Fig. VI.17 – Narni. Carotaggio effettuato nel pilone del Ponte di Augusto. In evidenza la distribuzione verticale delle tipologie di calcestruzzi individuati alle diverse quote di impiego (da DRDÁCKÝ, FRATINI, FRANKEOVÁ, SLÍZŇOVÁ 2013, fig. 2, p. 1118). I campioni indagati nello studio di CANTISANI *et alii* 2002 provengono dal tipo Mortar 2.

Diverse sono le spiegazioni alternative, ma nessuna di esse risulta chiaramente dimostrabile.

FRANKEOVÁ, SLÍZŇOVÁ 2013). Le miscele della porzione superiore (tipo 1, 2) consistevano in calcestruzzi a calce idraulica prodotta da cottura di calcari selciferi. Nello specifico la tipologia a miglior resistenza meccanica (tipo 2) è stato oggetto dello studio edito in CANTISANI *et alii* 2002 precedentemente menzionato. Nella porzione inferiore del pilone e nelle fondazioni stesse del ponte le caratteristiche pozzolaniche erano invece conferite dall'impiego nei composti di scorie tufacee provenienti dai distretti vulcanici Vulsini o Cimini. Ciò pone in evidenza la ragionata logica applicativa da parte dei costruttori in base alle diverse quote di impiego dei calcestruzzi al mutare del carico in peso cui la struttura era soggetta (*ibidem*, p. 1128).

[121] Cfr. Cap. VI, §2.6 e §3.6.

Pur essendo stato dimostrato come maestranze greche fossero state incaricate della costruzione delle mura aquileiesi in quanto portatrici, per il periodo in esame, di comprovata esperienza nell'ambito delle tecniche poliorcetiche[122], connettere questa modalità produttiva dei calcestruzzi fondazionali a conoscenze anch'esse maturate in seno all'ambito greco non sembra sostenibile non essendovi alcuna testimonianza archeologica della produzione di materiali cementizi con le medesime proprietà in periodi antecedenti al caso discusso in questa sede[123].

Un'altra causa della mancata diffusione di questa tecnica produttiva potrebbe risiedere nella difficoltà di approvvigionamento ad Aquileia di litotipi carbonatici con le caratteristiche fisiche sopra discusse. Se è probabile che per il contesto umbro calcari selciferi fossero reperibili dai comprensori appenninici nelle vicinanze di Narni[124], diverso è il caso di Aquileia, in quanto è possibile che l'ubicazione di vene con infiltrazioni selcifiere in formazioni calcaree, seppur appaiono frequenti, in misura variabile, in tutti i comprensori carnico-alpini friulani[125], rimanessero ignote (o ignorate) in antico[126]. L'ipotesi di una importazione di questo materiale via terra o via mare, forse dalle stesse zone dell'Appennino umbro nelle vicinanze di Narni, non sembrerebbe quindi scartabile aprioristicamente[127]. Tuttavia, essendo state di frequente osservate in questo studio, infiltrazioni selcifere nei ciottoli e nelle ghiaie carbonatiche localmente reperibili ed adoperati come aggregato nei materiali cementizi, nonché negli elementi lapidei calcarei impiegati per la costruzione di strutture quali setti murari[128], sembra, d'altro canto, plausibile ipotizzare al contempo una diretta calcinazione di questi materiali in fase di realizzazione dei calcestruzzi fondazionali qui esaminati.

In attesa di future indagini sull'argomento, non si può non fare qui menzione ad una fonte rinascimentale, richiamata dal Palladio[129] e dallo Scamozzi[130], per cui vengono esaltate le qualità di particolari calcari, menzionati con il termine di *scaglia* dagli autori, che si cavavano dai colli presso Padova e che erano particolarmente idonei per costruzioni e fondazioni in ambienti umidi o direttamente in acqua. Tali calci, derivate da cottura di quei calcari grigi e neri citati per la prima volta solo dagli autori rinascimentali, vengono considerate, dalla letteratura moderna[131], calci naturalmente idrauliche, che non sarebbe errato associare, sulla base anche delle caratteristiche colorimetriche descritte dagli autori rinascimentali, a calcari con le tipiche screziature grigio-bluastre delle venature selcifere.

Per concludere, considerando l'ubicazione puntuale della colata di calcestruzzo pozzolanico rispetto all'intero corso della cinta M1 e i dubbi sopra esposti circa composizione, metodo di produzione e modalità di approvvigionamento del materiale legante, risulta difficile, in base

---

[122] BONETTO 2015; BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016, pp. 32-33.

[123] Per queste considerazioni cfr. in dettaglio Cap. IX, §2.1.

[124] Viene supposta dagli autori (CANTISANI *et alii* 2002, p. 122) la possibilità che il calcare selcifero impiegato nel ponte di Augusto possa essere compatibile con le sequenze carbonatiche dell'appennino Umbro nei pressi del centro di Narni.

[125] *L'attività estrattiva in Friuli Venezia Giulia* 2010.

[126] La distribuzione delle cave di pietra romane note per l'area veneto friulana non sembra, a oggi, interessare stratificazioni calcaree con caratteristiche selcifere (Cfr. BONETTO, PREVIATO 2013; PREVIATO 2015 pp. 411-457; PREVIATO, MAZZOLI 2018).

[127] Il trasporto, via terra, avrebbe potuto seguire il percorso della Via Annia, che recenti studi hanno dimostrato dipartirsi da Roma, passando nei pressi di Narni, prima di raggiungere la costa adriatica e, da lì, Aquileia (UGGERI 2012). Tuttavia, la cronologia di realizzazione del percorso dell'Annia (cfr. da ultimo UGGERI 2012) è più recente rispetto al momento di fondazione della cinta urbica M1, che dovrebbe risalire al momento di fondazione della colonia nel 181 a.C. ed essere stata conclusa perlomeno nel 169 a.C. Ciò fermo restando che la colata di calcestruzzo individuata nel 2012 non possa essere riferibile ad un restauro più tardo, come cautamente ipotizzato dagli studiosi (BONETTO, ARTIOLI, SECCO, ADDIS 2016, p. 33). Una soluzione alternativa prevede il trasporto delle pietre calcaree via terra lungo il corso dalla stessa Via Flaminia, realizzata tra 220 a.C. e 219 a.C. (MESSINEO 1991) che, passando per Narni, raggiungeva poi Rimini[127]. Da qui il trasporto poteva avvenire via mare.

[128] L'evidenza è dalla dall'osservazione macroscopica in cantiere delle infiltrazioni selcifere nei calcari impiegati come materiale costruttivo di setti murari della *Domus* delle Bestie ferite. Cfr. Cap. VIII, §1.1.1.2.

[129] PALLADIO 1570, I, 5. Cfr. inoltre ARCOLAO 2002, p. 4.

[130] SCAMOZZI 1615, II, 7, 17.

[131] MOROPOULOU, BAKOLAS, ANAGNOSTOPOULOU 2005, p. 296; ELSEN, VAN BALEN, MERTENS 2011, p. 126.

ai risultati delle analisi dei campioni M1_PREP_1 e 2[132], desumere conclusioni di massima circa le modalità produttive di questo particolare materiale cementizio[133].

Più semplice risulta invece descrivere le miscele impiegate nell'alzato murario. L'analisi OM e XRPD del campione M1_WM_2, prelevato dalla stesura di allettamento dei mattoni costituenti l'alzato della porzione orientale delle mura, appare chiaramente distinguibile rispetto a tutti gli altri campioni indagati (cfr. fig. VI.9). Elemento caratterizzante è la presenza di abbondante frazione terrigena miscelata al legante carbonatico, in proporzioni di circa 1:1. L'aggregato grossolano è rappresentato inoltre da ghiaia poco classata e frammenti fittili in quantità non irrilevante, mentre non vi è traccia dell'impiego di materiali importati per la preparazione delle miscele di allettamento dei giunti murari, segnalati, probabilmente erroneamente, nel caso delle mura di Ravenna[134]. L'impiego di malte ad elevata frazione terrigena è richiamato in età repubblicana nella c.d. *Lex Puteolana* del II sec. a.C.[135] dove si faceva espressamente riferimento alla miscelazione di argilla alla frazione legante nel corso della preparazione dei composti cementizi; di contro, fonti più tarde suggeriscono l'impiego delle tradizionali malte composte esclusivamente da calce e sabbia[136]. Sui tratti arcaizzanti dei composti a base di calce e argilla appare inoltre interessante porre un confronto con quanto tramandato da Tito Livio circa le caratteristiche delle malte di terra argillosa impiegate nei giunti di allettamento dei laterizi costituenti il corpo murario delle mura di Sagunto (III sec. a.C.). L'autore ci tiene a puntualizzare la scarsa funzione legante di queste miscele che rendevano le mura, al momento dell'assedio romano del centro dell'*Hispania* ancora controllo cartaginese, facili da danneggiare[137]. Ancora, l'uso di legante argilloso sembra essere impiegato nei giunti di allettamento dei laterizi costituenti il corpo delle mura repubblicane di Modena[138] e di Parma[139] datate, le prime, alla fine del III sec. a.C. e, le seconde, alla prima metà del II sec. a.C.[140] La malta ad alta frazione argillosa analizzata per il tratto della cinta aquileiese qui analizzato non sembra invece comparabile a quella "buona malta" citata dal Brusin in relazione al tratto murario da lui indagato[141], o a quelle miscele di allettamento impiegate per l'alzato di quella porzione sud-orientale della cinta indagata nel 2012, descritte visivamente come "malta di calce"[142]. Le miscele appena menzionate sembrerebbero piuttosto confrontabili a M1_WM_4, prelevato da una lisciatura del paramento murario posta a quota di poco inferiore rispetto a M1_WM_2, che risulta essere anch'esso una malta di calce, depurata e a ridotta frazione terrigena, con occorrenza di frazione fittile. Il composto, di cui non si è da escludere la pertinenza ad un intervento di restauro, non si presenta comunque, neanch'esso, particolarmente tenace. Sarà quindi necessario in futuro aumentare il campione analitico prima di avanzare ulteriori ipotesi circa le tecniche produttive delle miscele leganti impiegate nel cantiere (o meglio nei cantieri) delle mura repubblicane[143]. Si può infatti notare, da quanto sopra esposto, come i campioni analizzati non possano fornire stime verosimili in termini quantitativi se raffrontati all'estensione del circuito murario. Di conseguenza, il presente studio non può fornire alcuna sensibile integrazione sulla conoscenza delle fasi edilizie

[132] L'osservazione dell'applicazione di calcestruzzi pozzolanici con le caratteristiche dei campioni M1_PREP_1 e 2 in altri punti della cinta permetterebbe di valutare più adeguatamente le possibilità più sopra esposte.

[133] Ulteriori considerazioni e confronti sono avanzati al Cap. VIII, §3.1 e Cap. IX, §2.1.

[134] COSTA, GOTTI, TOGNON 2001. Su questo aspetto si tornerà oltre cfr. Cap. VII, §1.3.1.1 e Cap. IX, §2.1.

[135] CIL X, 1781, II, 19-20. Il composto costitutivo dell'*opus structile* (struttura per murature), deve essere realizzato con una parte di calce e terra argillosa miscelata a tre parti di elementi lapidei di piccole dimensioni. Cfr. inoltre GRECO 2011, p. 43.

[136] Cfr. Cap. IX.

[137] LIV. *Ab. Urb. Cond*. XXI, 28. Sul passo in questione cfr. anche GRECO 2011, pp. 91-92.

[138] LABATE, MALNATI, PELLEGRINI 2019, p. 296

[139] MARCHI, SERCHIA 2019, p. 386.

[140] Per questi confronti cfr. inoltre Cap. IX, §2.1

[141] BRUSIN 1932a, c. 68.

[142] BONETTO, PAJARO 2012, p. 13

[143] BONETTO, PREVIATO 2018, p. 327

di questa imponente opera difensiva, che sono già state studiate nell'esaustivo lavoro di J. Bonetto e C. Previato menzionato in precedenza[144].

Riferibile ai restauri di età medio-imperiale, è il campione M1_WM_5 afferente ad una delle torri addossate alla cinta M1 in occasione dell'assedio di Massimino il Trace. Dal punto di vista petrografico il campione si distingue chiaramente da M1_WM_2 ed è stato ascritto alle miscele del Gr 2 che riuniscono campioni afferenti a porzioni strutturali della cinta M2[145]. Va sottolineato come le analisi abbiano evidenziato, in relazione al campione M1_WM_5, diffusi fenomeni connessi alla formazione di fasi M_S-H che potrebbero essere riconnesse all'impiego di acqua salmastra nell'impasto di questo campione[146].

1.6.2 - *Cinta urbica M2*

L'eterogeneità composizionale dei campioni afferenti ai diversi tratti murari della cinta M2 qui presi in esame conferma quanto già evidenziato dallo studio della tecnica edilizia della struttura nel suo complesso, per la quale è stata evidenziata "un'accentuata disomogeneità di tecniche e materiali"[147] "probabilmente a causa del fatto che [le mura M2] furono costruite in fretta in un momento in cui la città, sottoposta a molteplici assedi, necessitava di difesa immediata"[148]. I dati analitici desunti dallo studio delle miscele leganti dimostrano come la costruzione di questo circuito murario – il più lungo di Aquileia – abbia rappresentato, per forza di cose, un intervento protrattosi nel tempo a più riprese, forse non ottimamente coordinato a livello dell'amministrazione centrale e probabilmente commissionato a maestranze di diversa provenienza.

Da indagine petrografica, si osserva come tutti i campioni di miscele strutturali afferenti agli episodi costruttivi e di potenziamento della cinta muraria M2 precedentemente descritti rientrino in buona misura nel Gr 5. Seppur il ridotto tasso di clusterizzazione, nonché i valori opposti nella PC2, non consentano di riconoscervi l'esito di interventi unitari, dal punto di vista composizionale queste miscele rientrano in una tradizione tecnico-produttiva del periodo tardoantico che ne permette una chiara distinzione dalle miscele di età precedente e successiva trattate in questa sezione. Innanzitutto, il rapporto L/A di 1:1 o superiore si pone in disaccordo con i precetti tramandati dalla letteratura tecnica del periodo tardo imperiale[149]. Inoltre, a prescindere dalle singole variabilità interne, i campioni del Gr 5 sono caratterizzati da un'elevata classazione dell'aggregato, afferente a litologie carbonatiche e secondariamente silicatiche. La natura petrografico-mineralogica delle sabbie ne conferma la pertinenza a depositi fluviali del comprensorio isontino[150], seppur l'elevato tasso di classazione e la distribuzione dimensionale suggerisca di non escludere aprioristicamente l'ipotesi di attività di cavatura delle sabbie dalle dune delle vicine località di Beligna e Belvedere[151], zone la cui frequentazione in età tarda è stata già verificata sulla base di evidenze archeologiche di impianti produttivi[152] e sepolcrali[153].

Va infine osservato come il campione M2_WM_1, pertinente al restauro B2 della cinta occidentale M2, sia chiaramente distinto dai campioni del Gr. 5, a conferma dell'alterità di questo intervento edilizio rispetto alla fase originaria (B1) della cinta M2 occidentale. Altro aspetto di interesse riguarda il discreto grado di clusterizzazione dei due campioni M2_WM_3 e M2_WM_7,

---

144 BONETTO, PREVIATO 2018; cfr. *supra*. §1.2.1.

145 Cfr. *infra*.

146 Su tutti questi aspetti cfr. *infra*.

147 BONETTO 2004, p. 183;

148 PREVIATO 2015, p. 183.

149 PALL. *Op. Agr*, I, 10, 3. Su questi aspetti cfr. inoltre Cap. IX, §2.4.

150 GAZZI *et alii* 1973, pp. 7, 10-13, fig. 11, p. 16, tab. 1a, p. 28; MAROCCO 2009, pp. 73-74.

151 LENARDON, MAROCCO 1994, in part. pp. 16-18.

152 Nella zona di Belvedere indagini del secolo scorso hanno messo in luce quella che sembra essere una calcara (cfr. GRADIN 2012/2013, in part. pp. 98-99).

153 MAGGI, ORIOLO 2014, pp. 208-209.

caratterizzati dalla classazione bimodale per occorrenza di aggregato ghiaioso e afferenti a giunti strutturali delle due torri del lato occidentale, conformate rispettivamente a pianta semicircolare a pentagonale. Tale evidenza indurrebbero a considerarle parte di un medesimo intervento di consolidamento, seppur lo studio tecnico-costruttivo le ascriva, a mio avviso giustamente, ad interventi di potenziamento differenti.

Le indagini XRPD, accoppiate all'indagine petrografica e microchimica hanno inoltre permesso di distinguere quei campioni con elevato contenuto di amorfo che, soprattutto grazie ad indagine SEM_EDS, è stato possibile associare alla formazione di gel M-S-H[154]. Sono questi, in particolar modo, i campioni M2_WM_5, 6 e 7 prelevati da strutture ubicate nella zona occidentale della città. Se, come supposto precedentemente, si debba ascrivere la formazione di questi gel silicatico-magnesiaci all'effetto di dissoluzione dell'aggregato silicatico e dolomitico dovuto alla presenza di una certa percentuale di cloruro di sodio, appare plausibile supporre l'utilizzo di acque salate o salmastre nella preparazione di questi composti. È già stato evidenziato come l'area occidentale di Aquileia fosse in una zona di basso morfologico da sempre caratterizzata dalla presenza di paludi ed acquitrini[155]. Anche gli stessi composti impiegati nel vicino teatro, seppur datato ad un periodo precedente la costruzione della cinta M2, hanno dimostrato le medesime caratteristiche. Se per il caso del teatro è sembrato valido riconoscere in Canale Anfora una delle più valide opzioni per l'approvvigionamento dell'acqua, più difficile è dimostrarlo per le fasi in questione, quando gran parte del letto doveva essere già stato tombato[156], seppur alcuni autori propendano per l'ipotesi di una continuità d'uso di questa infrastruttura, almeno nella porzione più distante dalla città, fino al IV-V sec. d.C.[157]. Ciononostante, non si può aprioristicamente escludere che oltre a tratti non dismessi dell'Anfora, l'acqua non potesse essere recuperata dai diversi acquitrini presenti nella località depressa delle Marignane ubicata, per l'appunto, nella zona sud-occidentale della città romana.

Un altro aspetto di interesse è dato dal confronto dei campioni sopra menzionati con quello prelevato da giunti di allettamento dell'alzato della porzione meridionale della cinta M2. M2_WM_11 non presenta alcuno dei fenomeni d'alterazione sopra descritti; l'*argumentum ex silentio* lascia supporre che questo composto sia stato miscelato con acqua dolce, che poteva essere attinta direttamente dal *Natiso cum Turro*, il cui letto, che distava pochi metri dal tratto meridionale della cinta M2, al momento della costruzione di queste fortificazioni non doveva essere ancora stato interessato dalle attività di insabbiamento e avulsione volute da Giuliano L'Apostata in occasione dell'assedio di Aquileia del 367 d.C.

1.6.3 - *Cinta urbica M3*

L'unico campione analizzato riferibile a questa cinta rientra nel Gr 2 e presenta caratteristiche tecnico-produttive del tutto compatibili con quelle degli altri campioni di età medio-tardo imperiale analizzati in questa sezione.

1.6.4 - *Cinta urbica M4*

Per quanto riguarda la cinta M4 sono stati analizzati tre campioni prelevati da stesure di allettamento dell'alzato delle mura a salienti di età bizantina. Come osservato in seguito ad analisi PCA sui dati desunti da tecniche petrografiche e mineralogiche di indagine (Fig. VI.9), i campioni, seppur prelevati da punti opposti della cinta – ossia due dal lato occidentale (M4_WM_1,

154 Cfr. §1.5.3.

155 Cfr. Cap.II.

156 Il recente scavo di un tratto orientale del canale propone che questo tratto dell'infrastruttura idrica fosse stato tombato entro la fine del III sec. d.C. (cfr. GADDI 2017, pp. 33-34).

157 MAGGIO, ORIOLO 2014, p. 206 e riferimenti bibliografici a nota 15.

2) e uno da quello orientale (M4_WM_3) – presentano, tra loro, caratteristiche del tutto affini per quanto concerne i caratteri composizionali, ed un elevato grado di clusterizzazione. Elemento chiaramente caratterizzante è la presenza di conchiglie negli impasti che, come osservato macroscopicamente, appartengono a specie proprie di ambienti pericostieri e di litorale marittimo[158]. La presenza di aggregato conchiglifero nei materiali cementizi sembra essere un elemento ricorrente in età bizantina, ma non è estraneo ai periodi precedenti[159].

Bisogna inoltre valutare le modalità per cui conchiglie ricorrono quali aggregati nei materiali cementizi, ossia se la loro presenza sia primaria, quale elemento costituente il deposito sedimentario sfruttato per la produzione di malte e calcestruzzi, o secondaria, e quindi aggiunta alla frazione d'aggregato nel momento della produzione degli impasti. Non di rado infatti la loro presenza rimane a testimonianza di fenomeni di riuso e smaltimento di grosse discariche di gusci conchigliferi il cui originario approvvigionamento era motivato dal consumo alimentare dei molluschi o, nel caso di alcune specie di murice, finalizzato ad attività artigianali, quali la produzione della porpora[160]. Nelle mura bizantine di Leptis Magna l'aggregato conchiglifero è rappresentato da gusci di *murex* smaltiti nel corso del processo di produzione della pregiata tintura e successivamente "riciclate" in grande quantità quali aggregati nelle miscele da applicare nei giunti e nel nucleo strutturale dell'apparecchiatura muraria della cinta giustinianea di difesa della città nord-africana[161]. Tuttavia, il confronto col caso nord-africano nella realtà non strettamente correlabile con il contesto in esame.

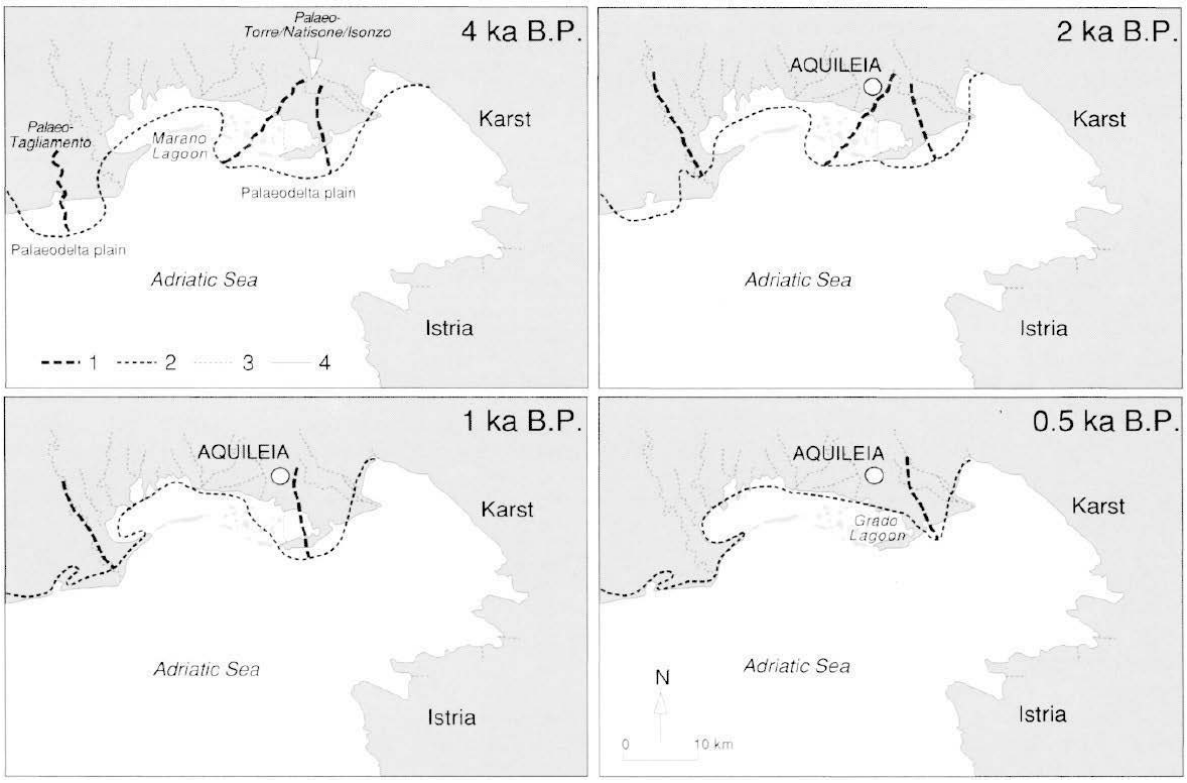


Fig. VI.18 - Ricostruzione paleo idrografica delle più recenti linee di riva del Golfo di Trieste (da ARNAULD FASSETTA *et alii* 2003, fig. 2, p. 231).

Le conchiglie nelle miscele costituenti i giunti murari dell'alzato murario della cinta bizantina sono state in buona parte rinvenute sotto forma di piccoli frammenti sub-centimetrici e po-

158 DILARIA 2017b, p. 40.
159 Da ultimo cfr. DILARIA 2017b.
160 Sulle forme di reimpiego di conchiglie a fini edilizi cfr. DILARIA 2017b e bibliografia *ivi* riportata.
161 BLANC 1958, p. 187, pl. XCIV-XCV; WILSON 2002, p. 433.

trebbe costituire quindi un aggregato a lungo tritato al fine di migliorarne la presa con la componente legante e quindi intenzionalmente aggiunto. È quindi altamente probabile che l'aggregato conchiglifero possa essere parte integrante del deposito sabbioso cavato per la produzione dei materiali cementizi e successivamente setacciato e frammentato. La specie documentate dimostrerebbero quindi la provenienza delle sabbie da un'area litoraneo-costiera prossima al centro aquileiese[162]. L'identificazione di questa nella vicina zona gradese è un'ipotesi che merita di essere valutata con attenzione. Come noto, la laguna di Grado venne formandosi in seguito a eventi eustatici di innalzamento del livello marino, connessi ad accentuati fenomeni di subsidenza, che interessarono la zona nord adriatica soprattutto dal IV-V sec. d.C. e nel corso dei secoli successivi (fig. VI.18)[163]. Tuttavia, sembra che la completa trasformazione del paesaggio in ambiente lagunare si fosse conclusa solamente tra VII e IX sec. d.C.[164], e quindi in un periodo di poco più tardo rispetto al momento di edificazione della cinta bizantina, che dovrebbe risalire al pieno VI sec. d.C.[165].

La zona costiera prossima al centro gradese risulterebbe essere quindi, in seguito a queste considerazioni, l'area di provenienza meglio compatibile, anche in virtù di una ulteriore serie di aspetti di seguito delineati. Le sabbie dei litorali friulani, da Grado a Lignano, vennero producendosi in seguito a fenomeni di dispersione litoranea degli apporti pelitico-sabbiosi del complesso isontino, tanto da non distinguersi da questi ultimi sotto il profilo mineralogico-petrografico[166], se non per ciò che concerne la natura dell'aggregato inorganico conchiglifero, ovviamente secondaria in quanto derivata dalla commistione delle dispersioni isontine con l'ambiente marino.

La scelta di aree di cavatura delle sabbie sicuramente diverse da quelle sfruttate in epoca precedente al periodo bizantino è spiegabile in termini geografico-spaziali e, soprattutto, politico-territoriali. Si deve innanzitutto considerare come diversi studi condotti negli anni recenti abbiano indagato ampiamente i fenomeni di avulsione dei corsi fluviali che attraversano la bassa pianura friulana permettendo, al contempo, di ottenere una visione diacronica abbastanza accurata di queste dinamiche. Se si può dare per assodato l'ormai ultimato impaludamento, in questo periodo, del *Natiso cum Turro*, il deposito fluviale sabbio-ghiaioso più prossimo al centro urbano è da ricercarsi nei depositi del corso fluviale dell'Isonzo che occupava, in età post-romana, un alveo collocato a circa a circa 2,5 km dal centro aquileiese (fig. VI.19, perc. E), prima che un serie di ulteriori divagazioni portassero il fiume nella zona dove si trova oggi, nei pressi del centro di San Canziano[167]. Secondariamente anche i paleo-depositi sabbiosi delle dune in località Belvedere e Beligna, probabilmente formatesi per apporti isontini nel corso del Neolitico[168], risulterebbero, da un lato, meglio compatibili in termini di *assemblage* litologico-dimensionale con l'aggregato dei campioni M4_WM_1, 2, 3 rispetto ai meno classati depositi fluviali isontini[169]; dall'altro, sono più vicini rispetto ai depositi sabbiosi peri-costieri gradesi. Si deve infatti considerare che la linea di costa doveva essere collocata, nel periodo in esame, ad una distanza stimabile tra 5 e 10 km dalla città di Aquileia[170], con l'area portuale gradese ubicata a circa 11 km dal centro romano di terraferma (fig. VI.19).

---

[162] Si riconoscono, in particolare, le specie di *Cardiidae* e *Glycymeridae* tipiche delle coste sabbiose dell'Alto Adriatico. Si ringrazia per il riconoscimento delle specie la dott.ssa S. Bandera.

[163] MAROCCO 1991; MAROCCO 2004; MAROCCO 2009, pp. 77-82.

[164] BROGIOLO, CAGNANA 2005, p. 88

[165] VILLA 2004, p. 606.

[166] GAZZI *et alii* 1973, in part. p. 13.

[167] Questa distanza è valutata calcolando il punto più prossimo al centro aquileiese dal percorso E del fiume Isonzo ipotizzato in relazione alle divagazioni orientali isontine (FONTANA 2006; MAROCCO 2009, pp. 74-75).

[168] Cfr. Cap. II.

[169] LENARDON, MAROCCO 1994, p. 16-18.

[170] Tale distanza è valutata considerando una media tra le ipotetiche linee di costa antiche proposte in MAROCCO 1991, fig. 4, p. 229 e ARNAULD FASSETTA *et alii* 2003, fig. 2, p. 231, per il periodo compreso tra 2000 B.P. (età imperiale) e 1000 B.P. (inizio età basso medievale).

Deve essere quindi considerata anche tutta un'altra serie di fattori che possono aver contribuito a determinare la scelta del luogo idoneo all'approvvigionamento delle sabbie nelle aree peri-costiere gradesi. È infatti storicamente nota la stratta relazione di Grado da Aquileia: il centro marittimo sorse, tra il pieno IV sec. d.C. e la prima metà del V, come pieve connessa con il porto a mare della città romana, che venne strutturandosi in seguito alla dismissione del porto fluviale aquileiese a causa del progressivo insabbiamento del *Natiso cum Turro*; in un momento successivo al saccheggio unno della città dell'entroterra o, più probabilmente, in seguito alla guerra greco-gotica[171], Grado acquisì maggior indipendenza politico-amministrativa e religiosa tanto da assumere una nuova conformazione urbanistica (*castrum*). A questo evento si accompagnarono una serie di attività edilizie riconoscibili nei potenziamenti dei principali centri di culto paleocristiani che fecero divenire il *castrum* costiero, in seguito al sinodo gradese del 579 d.C., il centro episcopale propulsore di direzione e controllo di tutte le diocesi bizantina della *Venetia et Histria*[172].

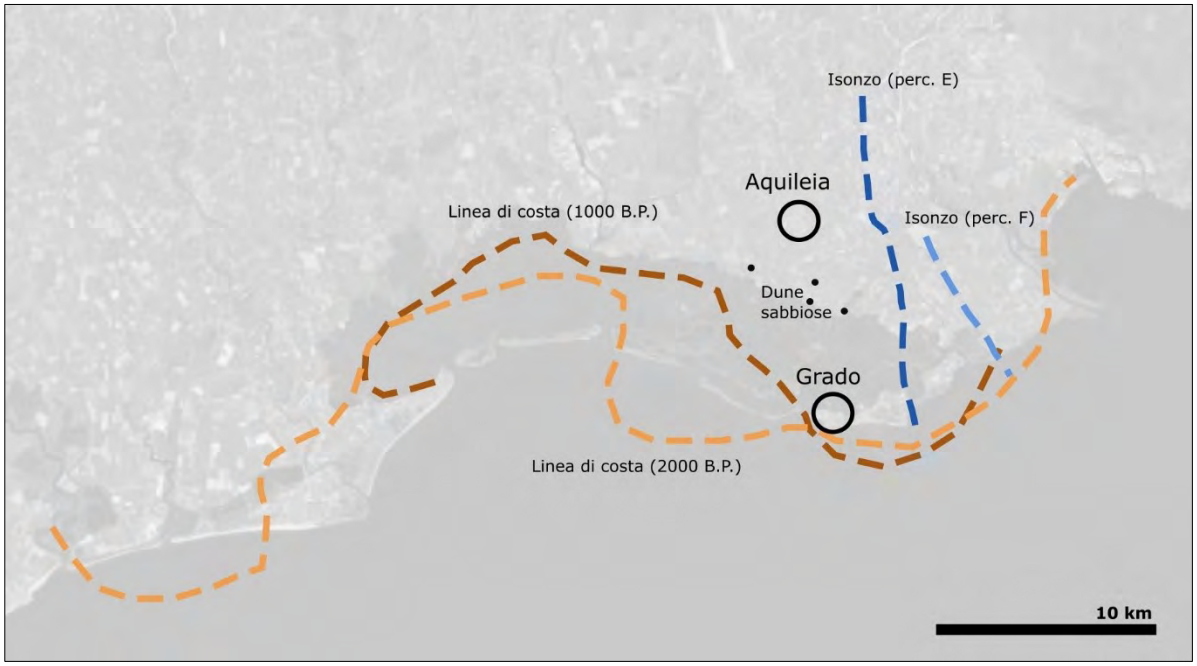


Fig. VI.19 – Bassa pianura friulana ed area costiera. Carta cumulativa delle rotte idrografiche isontine in età altomedievale e della linea di costa tra l'età romana e l'inizio dell'età basso medioevale. In blu: Isonzo, percorso E, attivo in età post-romana (modificata da MAROCCO 2009, fig. 4, p. 73); in azzurro: Isonzo, percorso F, attivo tra VII-IX sec. d.C. (modificata da MAROCCO 2009, fig. 4, p. 73); in arancione: linea di costa nel 2000 B.P. (modificata da MAROCCO 1991, fig. 4, p. 229; ARNAULD FASSETTA *et alii* 2003, fig. 2, p. 231); in marrone: linea di costa nel 1000 B.P. (modificata da MAROCCO 1991, fig. 4, p. 229; ARNAULD FASSETTA *at alii* 2003, fig. 2, p. 231).

È quindi probabile che le aree costiere venissero sfruttate in quanto territori maggiormente difesi e sotto diretto controllo dell'amministrazione civile bizantina gradese. È già stato detto come le caratteristiche poliorcetiche delle mura aquileiesi sembrino rappresentare evoluzioni di tecniche orientali sperimentate in seno al mondo bizantino, che si possono riconoscere nelle caratteristiche planimetrico-costruttive delle mura di Salonicco, tanto che quelle aquileiesi potrebbero rappresentarne, forse, addirittura un'evoluzione[173]. Inoltre, apparecchiature murarie simili a quelle del tratto murato M4, furono adottate nell'edificazione di fabbriche bizantine paleocristiane a Grado, soprattutto in relazione alle modalità produttive delle miscele leganti. Inclusioni di conchiglie di ambiente costiero, intere o in frammenti, sono state documentate da

[171] Sulle fasi tarde Aquileiesi cfr. da ultimo MARANO 2012.
[172] MOR 1972; BERTACCHI 1980b, pp. 275-277; BROGIOLO, CAGNANA 2005.
[173] Cfr. da ultimo VILLA 2004, p. 612 e nota 99.

diversi studiosi, nelle malte dei giunti murari di edifici paleocristiani gradesi quali il Battistero ottagono[174], il Duomo di Sant'Eufemia[175] e, in misura minore, la Chiesa di Santa Marie delle Grazie[176].

È quindi possibile che le committenze, probabilmente le *élites* politiche delle diocesi aquileiesi o gradesi, abbiano commissionato l'opera a maestranze bizantine, forse provenienti dall'area costiera; il rifornimento di materiali da costruzione, in particolar modo delle sabbie, si doveva concentrare quindi con tutta probabilità in aree di cava già note, in quanto miscele ad aggregato conchiglifero furono già prodotte per la costruzione (o ricostruzione) dei succitati edifici di poco più antichi rispetto alle mura aquileiesi come il Battistero ottagono (inquadrato tra la seconda metà del V sec. d.C. e l'inizio del VI sec. d.C.[177]), o di cronologia affine a queste ultime (seconda metà VI sec. d.C.) quali la seconda fase del Duomo di Sant'Eufemia, iniziata probabilmente all'epoca di Niceta e completata al periodo del vescovo Elia (seconda metà VI sec. d.C.)[178], e la Basilica di Santa Maria delle Grazie, la cui conformazione attuale si deve alla ricostruzione promossa, ancora una volta, dall'evergetismo eliano (seconda metà VI sec. d.C.)[179].

Il trasporto del materiale poteva avvenire via terra, tramite carri lungo la via tra Grado e Aquileia, oppure via acqua. Un recente contributo di M. Buora ha preso in considerazione l'ubicazione dei porti di Aquileia in età bizantina, che dovevano essere ancora attivi per il trasporto di merci ed il vettovagliamento delle truppe di stanza ad Aquileia. L'autore, sulla base di evidenze storico-epigrafiche e topografiche, propone di riconoscere l'ubicazione del porto bizantino nella zona meridionale della città, in un'area dell'attuale Natissa esattamente prospicente all'angolo sud-occidentale delle mura tardoantiche[180], ma non esclude che in qualche forma pure l'Anfora dovesse essere attivo in questo periodo con una terminazione ristretta alla parte direttamente ad ovest del saliente d'angolo occidentale delle mura M4[181], e quindi in un'area poco distante dal luogo dove le sabbie conchiglifere provenienti dall'area costiera sarebbero state impiegate.

Per ciò che concerne l'attività cantieristica vera e propria, l'estrema assonanza composizionale dei campioni prelevati da punti diametralmente opposti del tratto murario della cinta M4 consente di stimare, sia per la fase di progettazione che nel momento attuativo, un grado di perizia tecnico-esecutiva e un'organizzazione cantieristica nel complesso certamente maggiore rispetto a quello che portò alla costruzione delle più antiche fortificazioni, in particolar modo per la cinta M2 che appare eterogenea, non solo per quanto riguarda le tecniche edilizie e l'apparecchiatura muraria nel suo complesso, ma anche per ciò che concerne le caratteristiche composizionali delle miscele leganti in essa impiegate[182]. Premesso come la realizzazione del tratto altomedievale abbia rappresentato uno sforzo economico-progettuale certamente minore rispetto a quello richiesto nella costruzione delle mura tardoantiche, se si considera che, a sud, ovest ed est la cinta M4 ne sfruttava le preesistenze, risulta comunque evidente l'elevata *ratio* tecnico-organizzativa che stava alla base di questo impegnativo progetto edilizio, probabilmente coordinato *in loco* da responsabili militari[183], che portò alla costruzione di alcune delle

[174] ZANETTO 2017, pp. 246-247; DILARIA 2017B, p. 34; BUORA 2014, p. 12; BUORA 2013, p. 569.

[175] ZANETTO 2017, p. 247.

[176] ZANETTO 2017, p. 246.

[177] L'edificio viene ascritto al periodo del vescovo Niceta da MIRABELLA ROBERTI 1966, p. 110; MIRABELLA ROBERTI 1972, p. 321; per la datazione all'inizio del VI sec d.C. cfr. BERTACCHI 1980b, p. 300. La datazione rimane incerta tra le due vecchie posizioni in BROGIOLO, CAGNANA 2005, p. 84.

[178] MIRABELLA ROBERTI 1972, p. 319, 321; BERTACCHI 1980b, p. 279-281;

[179] MIRABELLA ROBERTI 1972, p. 321; BERTACCHI 1980b, p. 295; BROGIOLO, CAGNANA 2005, p. 84.

[180] BUORA 2014, p. pp. 16-18. L'autore riconosce l'area ubicata nei pressi dell'odierno Municipio di Aquileia.

[181] BUORA 2014, pp. 18-19. Tale evidenza sembra più difficilmente sostenibile alla luce della recente monografia sullo scavo di un tratto del canale posto più ad ovest rispetto al punto citato, e che gli autori dimostrano essere stato colmato con scarichi di materiali entro la fine del III sec. d.C. (cfr. da ultimo GADDI 2017, pp. 33-34). Altri studiosi ritengono che il canale venne dismesso totalmente entro il IV-V sec. d.C. (cfr. MAGGIO, ORIOLO 2014, p. 206 e riferimenti bibliografici a nota 15) e quindi in un momento comunque antecedente la realizzazione della cinta M4.

[182] Cfr. *supra*.

[183] BUORA 2014, p. 13.

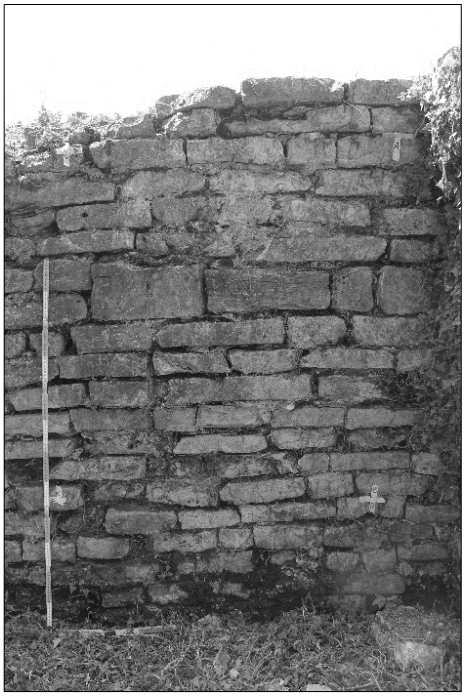


Fig. VI.20 - Aquileia. Cinta M4. Paramento esterno della struttura (lato ovest). I

mura più imponenti nell'occidente bizantino[184]. Si può avvertire da questo come, all'indomani della riconquista giustinianea dei territori nord-italici, sia stata sentita l'urgenza di predisporre al più presto di un rinnovato sistema difensivo, da realizzarsi con termini attuativi talvolta drastici che, pur determinando la riduzione dello spazio fortificato alla sola metà meridionale del centro romano, permisero di dotare delle adeguate difese il nuovo polo urbano, non più gravitante attorno al foro (lasciato direttamente all'esterno della nuova cinta M4) ma ora incentrato attorno ai complessi basilicali post-teodoriani, secondo un modello della città medievale retratta che non trova particolari confronti in età medievale[185]. Seppur non sia possibile, in questa sede, proporre una stima effettiva dei tempi/costi di costruzione, appare verosimile supporre lo sfruttamento di un'unica, estesa, area di cava delle sabbie destinate alla produzione dei materiali cementizi da applicare nella costruzione di quest'opera fortificatoria nel corso dell'intero *iter* edilizio. Considerando lo spessore medio dei giunti murari (fig. VI.20)e i valori %aggregato in volume nelle malte conchiglifere del Gr 4, possiamo stimare che, solo per la realizzazione del primo metro di alzato murario, fossero stati cavati 1.915 m^3 di sabbia dalle zone costiere gradesi e di conseguenza, analizzando il rapporto con i parametri di %legante, 1.171 m^3 di calce[186]. Se ipotizziamo un'altezza dell'alzato murario attorno ai 6,3 m (altezza media dei resti delle mura di Salonicco[187]), o di 7 m (altezza delle mura di *Nikopolis*[188]), otteniamo una stima di circa 12.064-13.405 m^3 per la sabbia conchiglifera e 7.377-8.197 m^3 per la calce legante. Le indagini SEM-EDS indiziano che il legante era prodotto da calcinazione di calcari puri anche se frequentemente le matrici, cosi come i grumi non miscelati, appaiono alterati da fenomeni di reazione secondaria di tipo M-S-H[189]. È altamente probabile che schegge, blocchi e altri elementi calcare di diversa origine, probabilmente recuperati in seguito, nuovamente, a fenomeni di spoliazione di strutture romane, fossero poi stati indistintamente destinati alla calcinazione.

Nel complesso, sembra quindi plausibile ritenere che l'intero processo di costruzione del tratto murario M4 sia stato condotto in un arco temporale non troppo dilatato. A supporto di questa ipotesi, i risultati delle analisi SEM-EDS delle matrici leganti dimostrano come la formazione di gel M-S-H possano essere ascritti alla presenza di sali nei composti, forse non tanto originariamente presenti nell'acqua impiegata negli impasti, quanto piuttosto portati dall'aggregato stesso; quest'ultimo, una volta prelevato dalle fasce sabbiose litoranee a diretto contatto con un ambiente salino marino, non venne quindi opportunamente lavato prima della messa in

[184] VILLA 2004, p. 612. Il modulo dimensionale del piede bizantino sembra essere rispettato in tutto l'*iter* progettuale fortilizio, dalla lunghezza delle mura (2900 piedi), dei lati dei salienti (150 piedi) e dello spessore (7 piedi). Cfr. a riguardo BUORA 2014, p. 12.

[185] BROGIOLO, GELICHI 1998.

[186] La stima è effettuata calcolando la superficie delle mura e rapportandola con la percentuale di malta nei paramenti, calcolata tramite analisi di immagine (software ImageJ) di ortofoto di moduli di 1x1 m di paramento murario. Successivamente la percentuale di malta in rapporto all'areale del paramento murario è stata a sua volta suddivisa tra %aggregato e %legante valutati prendendo le medie dei valori desunti da analisi petrografica (cfr. tab. VI.3). Le stime qui presentate devono intendersi come del tutto indicative e saranno meglio valutate in futuro con più dettagliate indagini.

[187] CROW 2001, p. 95.

[188] *Ibidem*.

[189] Cfr. §1.5.3.

opera, forse intenzionalmente al fine di velocizzare le tempistiche di cantiere. Sappiamo di come Rutilio Palladio nel suo trattato di edilizia avvisasse i costruttori antichi, impegnati nella produzione di malte e calcestruzzi, degli effetti dannosi dei sali contenuti nelle sabbie marine[190], per cui ne sono successivamente indicate le modalità di lavaggio dalla salsedine[191]. È quindi probabile che il passo in questione non rappresenti altro che il biasimo ad un fenomeno ampiamente diffuso al tempo in cui visse il trattatista tardoantico e puntualmente riscontrati nel caso in questione.

Concludendo, il dato archeometrico sembra integrarsi pienamente col panorama storico di VI sec. d.C., quando la città di Aquileia, ormai ristretta a roccaforte in un territorio non controllato dall'amministrazione bizantina, pur non avendo un controllo stabile sull'entroterra, manteneva ancora solide relazioni diplomatico-commerciali con la diocesi di Grado che, affacciandosi direttamente sulle aree costiere, si poneva in diretto contatto con le propaggini adriatiche e dalmate dell'Impero Romano d'Oriente.

[190] PALL., I, 10, 2.

[191] PALL., I, 10, 3. Viene inoltre da alcuni interpretato questa informazione, innovativa nelle fonti rispetto alla trattatistica di età precedente, come la segnalazione della necessità al ricorso di sabbie marine nelle attività edilizie tardoantiche, che fornisce, al contempo, un indizio sulle difficoltà di veicolazione dei materiali costruttivi più idonei nel periodo tardo (GRECO 2011, p. 126).

2 - IL TEATRO

2.1 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E STORIA DELLE RICERCHE

Per molti anni l'ubicazione del teatro aquileiese rimase dubbia e discussa. Nel 1875, il Gregorutti ritenne di averlo individuato in un complesso di strutture nella zona nord-occidentale della città, poi riconosciute essere la porzione emiciclica terminale del circo, contrapposta ai *carceres*. Successivamente, L. Bertacchi ne propose una collocazione a nord dell'attuale Museo archeologico Nazionale di Aquileia, ipotesi presto rivelatasi, anch'essa, errata[192]. La studiosa, pochi anni dopo, sulla base di diverse evidenze di carattere architettonico ed epigrafico, supportate da evidenze archeologiche messe in luce in seguito a sondaggi di scavo da lei condotti tra 1968 e 1969, avanzò una seconda ipotesi circa una possibile ubicazione dell'edificio presso i fondi ex-Comelli, nella zona occidentale della città. Tali supposizioni furono poi avvalorate dai risultati di prospezioni geofisiche condotte nel 1978 presso il fondo Comelli e nel 1984 presso il confinante fondo Moro[193]. Un ulteriore indizio a supporto della tesi sopra addotta sta nel toponimo per la contrada in questione di "*Zadris/Çadris*"[194], riportato in alcuni documenti medievali databili fra XIII e XV secolo. Il teatro veniva così a trovarsi, secondo l'ipotesi di L. Bertacchi, in una ampia zona della città definita proprio come "quartiere degli spettacoli", grazie ai già riconosciuti resti dell'anfiteatro (noti da XIV secolo), del circo (noto da scavi della seconda metà dell'Ottocento-primi decenni Novecento) e delle c.d. Grandi Terme (1922)[195]. Nello specifico, nella pianta ricostruttiva proposta dalla Bertacchi (fig. VI.1), alla porzione settentrionale dell'edificio scenico, che si collocava esattamente a sud del decumano di Aratria Gallia, andò in appoggio la cinta fortificata di età bizantina. Tuttavia, i resti strutturali di quello che doveva essere il teatro erano limitati, fino a qualche fa, ad un singolo setto murario con andamento obliquo, riferibile alle sostruzioni della cavea, ad una coppia di muri paralleli (P-Q) corrispondenti all'angolo del *proscaenium*, e ad una serie di strutture gravitanti attorno ad un'area lastricata, retrostante la scena, identificata come *porticus post scaenam*.

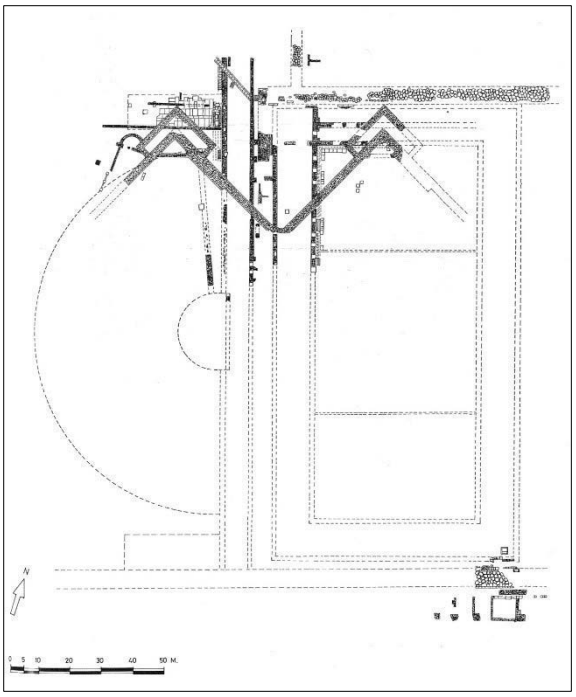


Fig. VI.1 - Aquileia, pianta ricostruttiva del teatro e dell'ipotetica *porticus post scaenam* nell'elaborazione proposta da L. Bertacchi, con parziale sovrapposizione delle mura bizantine a salienti (da BERTACCHI 1994, fig. 1).

In anni recenti, le ricerche sul teatro aquileiese sono riprese grazie all'avvio di un nuovo progetto di indagine archeologica, promosso dal Dipartimento di Beni Culturali dell'Università

---

[192] Sulle ricerche di L. Bertacchi e degli anni passati cfr. da ultimi GHIOTTO *et alii* 2018, pp. 1-2; PREVIATO 2015, pp. 124-125.

[193] BERTACCHI 1990, c. 181. "si ritiene dunque che nel fondo ex Comelli e nell'adiacente fondo ex Moro si debba cercare il teatro" (*ibidem*, pp. 186-187).

[194] Il riferimento al toponimo Zadro/Zairo/Zaro/Çadro è spesso adottato in età medievale in riferimento ai teatri antichi, quali quelli vicini di Padova, Brescia e Pola. Il richiamo aquileiese farebbe però riferimento ad una intera area, cui fa parte anche l'"Arena" o una *via publica* detta "de Zadris". cfr. BASSO 2004, p. 321

[195] BASSO 2004, pp. 328-334. Circa le ricerche sull'anfiteatro cfr. §3; circa le c.d. "Grandi Terme" cfr. §4.

di Padova e coordinato dal prof. A. R. Ghiotto. Alle mirate prospezioni geofisiche, effettuate sul terreno demaniale dei fondi ex Comelli-Moro[196], hanno fatto seguito gli scavi, condotti tra 2015 e 2018 che, oltre a dimostrare la validità dell'intuizione di L. Bertacchi, hanno fornito nuove evidenze circa l'esatta ubicazione e dimensioni dell'edificio e le tecniche edilizie adottate nella sua costruzione (fig. VI.2). Aspetti questi che saranno discussi di seguito.

2.2 - ARTICOLAZIONE PLANIMETRICA E FASI EDILIZIE

I recenti scavi hanno permesso di definire meglio impianto ed articolazione planimetrica del teatro. Finora non sono state indagate stratigrafie precedenti all'impianto dell'edificio.

Fase I. Il teatro aquileiese venne realizzato circa 50 m a sud del decumano di Aratria Gallia, in un'area esterna alle mura repubblicane che non dovevano quindi più svolgere, al momento della costruzione dell'edificio, alcun ruolo difensivo per la città[197]. La cavea[198], con il suo diametro di circa 95 m[199], risulta del tutto comparabile con quella dei maggiori teatri della *Regio Venetia et Histria* (Verona, Vicenza, Brescia, Padova, e Pola)[200]. Un muro curvilineo divideva i setti murari di sostruzione della *summa* e *media cavea*. i muri radiali si sviluppavano in continuità tra i due settori ad intervalli regolari sia nel settore esterno che in quello interno; negli ampi spazi compresi al loro interno gli altri radiali si dispongono invece a ritmo alternato: ogni due radiali della fila esterna ne corrisponde uno della fila interna. I setti andavano così a definire dei vani di forma tendenzialmente trapezoidale che dovevano essere coperti da strutture voltate. Inoltre, delle aperture ricorrenti lungo il muro curvilineo dovevano probabilmente consentire il passaggio tra i vani sottostanti la *summa* e la *media* cavea[201]. Non sono attestate gallerie curvilinee collocate presso la fronte della struttura o correnti al di sotto delle diverse porzioni della cavea. Il settore interno, corrispondente all'*ima cavea* era invece realizzato su una massicciata di fondazione che si approfondiva entro terra per 3,6 m circa. Immediatamente ad est si apriva l'orchestra, il cui piano di calpestio è attualmente collocato a quota 0,4 m s.l.m. Meno sappiamo sull'assetto della *scenae frons* (non essendo ancora

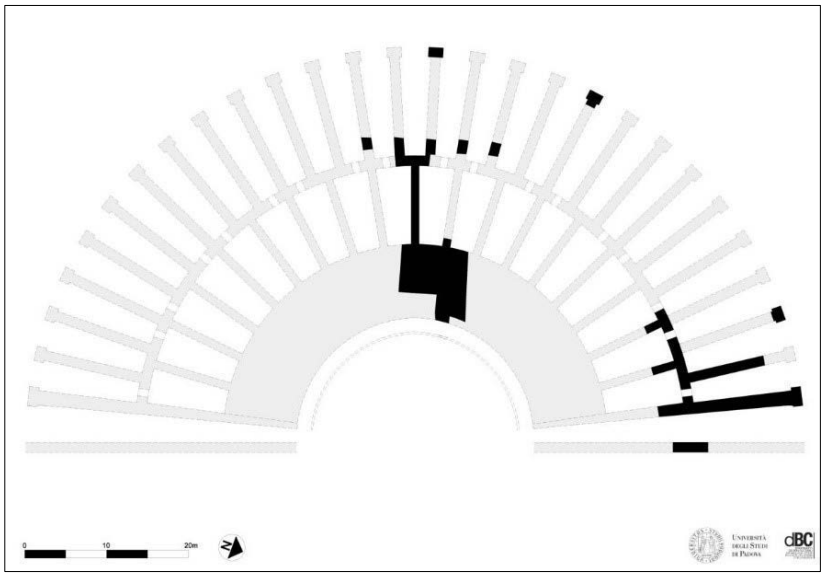


Fig. VI.2 - Aquileia, teatro romano: pianta ricostruttiva della cavea, aggiornata alla campagna di scavo 2017; in nero le porzioni strutturali indagate negli anni 2015-2017 (da GHIOTTO *et alii*, 2018, p. 17, fig. 21).

[196] Le indagini sono state condotte dalla dott.ssa R. Deiana, mediante tomografie elettriche di georesistività (ERT) nell'aprile 2015. Ulteriori indagini ERT, georadar e FDEM sono state poi condotte tra 2015 e 2016 (cfr. GHIOTTO *et alii* 2018, pp. 4-6 e nota 7).

[197] BASSO 2004, pp. 321-322

[198] Su planimetria e assetto della cavea del teatro cfr. GHIOTTO *et alii* 2018, pp. 14-19; Ghiotto 2018, p. 253-255.

[199] Quindi leggermente inferiore rispetto a quanto supposto da L. Bertacchi (115,80 m).

[200] GHIOTTO *et alii* 2018, p. 15.

[201][201] Su questo particolare aspetto cfr. GHIOTTO *et alii* 2018, p. 8; GHIOTTO 2018, p. 253.

stata indagata dalle recenti campagne di scavo) e della sua relazione con la cinta muraria repubblicana[202]. Secondo L. Bertacchi, alle spalle dell'edificio teatrale doveva svilupparsi una *porticus post scaenam* di cui l'archeologa ritiene di aver messo in luce l'angolo nord-occidentale, conformata come *porticus duplex*[203]. Diversamente da quanto supposto dalla studiosa, invece, i recenti scavi hanno dimostrato come il teatro non abbia alcun rapporto strutturale con le mura bizantine[204].

Lo spazio attorno all'edificio scenico, non essendo edificato, fu destinato a garantire una migliore accessibilità e ad accogliere attività molteplici e diversificate, come testimoniato da un ampio spazio su cui si conservano battuti pavimentali[205], progressivamente rialzati.

I recenti scavi non hanno permesso ancora di definire con precisione la cronologia di costruzione dell'edificio, che, per ora, rimane databile tra la metà I sec. a.C. e l'età proto-augustea[206], sulla base di epigrafi iscritte in blocchi sporadici in trachite, forse provenienti proprio dall'edificio scenico in questione[207].

Fase II. Probabilmente da riferire a fasi successive all'impianto dell'edificio sono alcuni piani pavimentali rinvenuti all'esterno della cavea teatrale, che non è ancora stato possibile inquadrare cronologicamente con precisione.

Fase III. In un momento successivo, ancora da inquadrare cronologicamente, l'edificio per spettacoli vide fenomeni di di riuso dei suoi spazi. Nella porzione centrale dell'edificio, tra i radiali sottostanti la *summa cavea*, vennero probabilmente ad installarsi impianti per la lavorazione del ferro, come attestato dal rinvenimento di scorie di lavorazione e *hammerscale*s[208]. Nella porzione settentrionale, invece, gli scavi hanno messo in luce due strutture murarie, una in laterizi e l'altra in tecnica mista di laterizi, pietra e materiali litici lavorati di reimpiego, riferibili ad una modesta costruzione impostata sulle fondazioni del teatro, ormai in disuso[209].

Fase IV. Successivamente, le attività di spoglio, che si susseguirono fino ad età moderna, portarono allo smantellamento ingente delle strutture del teatro, conservatosi pressoché esclusivamente a livello di fondazione[210]. Tra gli scarti è stata rinvenuta una quantità considerevole di marmi, attualmente in corso di studio[211], che dovevano decorare gli ambienti interni.

2.3 - MATERIALI E TECNICHE EDILIZIE

I recenti scavi hanno permesso di avere una migliore conoscenza sui materiali e sulle tecniche edilizie, che ad oggi conoscevamo esclusivamente grazie alle sporadiche informazioni riportate da L. Bertacchi, non prive di ambiguità e libere ad interpretazioni, talvolta fuorvianti[212].

Il setto murario terminale della cavea consiste in una struttura a doppio paramento di conci lapidei e nucleo in *opus caementicium* dello spessore compreso tra 1,45 e 1,65 m. Filari

---

[202] GHIOTTO 2018, p. 255.

[203] Successivamente questo spazio è stato reinterpretato dalla studiosa come primo foro coloniario (BERTACCHI 2003, p. 40.). Non si esclude infine la possibilità che fosse un edificio autonomo, collocato all'interno della cinta M1 (GHIOTTO 2018, p. 259).

[204] GHIOTTO 2018, p. 258.

[205] GHIOTTO *et alii* 2018, pp. 10, 17.

[206] BERTACCHI 1995, p. 128. Più di recente, il teatro è stato inserito tra gli edifici presenti nella colonia di età repubblicana (BERTACCHI 2003, pp. 93-94). Cfr. inoltre GHIOTTO 2018, p. 255.

[207] BANDELLI 1987, pp. 101-103.

[208] GHIOTTO *et alii* 2018, p. 12. Sull'argomento è stata elaborata una tesi di laurea magistrale da parte di A. Borsato (BORSATO 2017/2018).

[209] GHIOTTO *et alii* 2018, pp. 8-9.

[210] GHIOTTO *et alii* 2018, pp. 9, 12.

[211] ZANUS FORTES 2018.

[212] Per una rassegna delle informazioni tecnico costruttive riportate da L. Bertacchi cfr. PREVIATO 2015, p. 126.



Fig. VI.3 - Aquileia, teatro romano. i primi muri radiali della serie più interna all'estremità nord della cavea e il muro curvilineo che li separa dalle sostruzioni del settore esterno; visti da est (da GHIOTTO *et alii* 2018, p. 8, fig. 10).



Fig. VI.4 - Aquileia, teatro romano. I primi quattro gradoni dell'*ima cavea*, visti da nord-est (da GHIOTTO *et alii* 2018, p. 11, fig. 15.

passanti di sesquipedali rettangolari fungevano probabilmente da marcapiani e ripartivano le diverse porzioni della struttura. La terminazione della muratura è rappresentata da pilastri monolitici parallelepipedi di 2,4 x 1,2 m (8 x 4 piedi romani)[213].

Anche i muri radiali della *summa cavea* pur essendo realizzati con medesima tecnica, hanno spessore inferiore (1,2 m), così come di dimensioni inferiori sono i pilastri monolitici posti a terminazione dei setti (1,8 x 1,2 m ovv ero 6 x 4 piedi romani). Anche per queste murature sono presenti ricorsi di mattoni passanti[214].

Ancora nella medesima tecnica sono i setti murari a sostruzione della *media cavea*[215], così come la struttura muraria curvilinea che divideva i muri radiali della serie esterna da quelli della serie interna (corrispondenti alle sostruzioni rispettivamente di *summa* e *media cavea*)[216].

Gli spazi compresi tra i radiali esterni, hanno, di conseguenza, pianta vagamente trapezoidale (12 x 2,5 m nella parte interna e 3,8 m nella parte esterna); gli spazi trapezoidali risparmiati tra i radiali interni hanno invece dimensioni inferiori (lunghezza 9,6 x 2,85 m nella parte interna e 4,35 m nella parte esterna)[217] e risultano colmati, almeno nella porzione settentrionale dell'edificio, da stesure a "livelli sovrapposti di ghiaia sciolta, […] pietre di medie dimensioni e […] malta molto compatta" (fig. VI.3)[218].

L'*ima cavea* era infine fondata su una struttura piena larga 9,15 m, che si approfondisce entro terra per oltre 3,6 m (fig. VI.4)[219]. Questa è costituita da diverse colate di calcestruzzo, miscelato a scapoli e conci lapidei (per la maggior parte in calcare), gettati sciolti direttamente sul luogo di impiego per livelli successivi (*opus caementicium*), come testimoniano le ampie cavità e gli interstizi osservati laddove la colata di calcestruzzo non penetrava adeguatamente. Tale massicciata era compartimentata, verso la *media cavea*, da un paramento murario, probabilmente a facciavista, perché regolarizzato con filari di conci regolari, allettati in stesure di miscela legante. Nella sua porzione più prossima all'orchestra la massicciata cementizia della *ima*

[213] GHIOTTO *et alii* 2018, p. 7. Lo spessore massimo del muro in questione raggiungeva in alcuni punti gli 1,8 m (*ibidem*, p. 18). La visione autoptica della struttura ha permesso di definire gli elementi lapidei del paramento come blocchetti squadrati (cfr. GINOUVÈS MARTIN 1985, p. 55) di forma sub-prismatica e di dimensioni differenti, impiegati anche in tutti i setti radiali finora messi in luce e nel setto curvilineo. L'alzato del setto può essere ascritto alla tipologia A4 (cfr. PREVIATO 2015, pp. 279-280), con fondazione realizzata nella medesima tecnica (F11, inedita).

[214] GHIOTTO *et alii* 2018, pp. 7, 10. L'alzato del setto può essere ascritto alla tipologia A4 (cfr. PREVIATO 2015, pp. 279-280), con fondazione realizzata nella medesima tecnica (F11, inedita).

[215] GHIOTTO *et alii* 2018, pp. 7, 11. I setti, dello spessore di 1 m circa (*ibidem*, p. 18.), presentano alzato ascrivibile alla tipologia A4 (cfr. PREVIATO 2015, pp. 279-280), con fondazione realizzata nella medesima tecnica (F11, inedita).

[216] GHIOTTO *et alii* 2018, pp. 7-8, 11. La struttura, dello spessore di 1,3 m, presenta un alzato ascrivibile alla tipologia A4 (cfr. PREVIATO 2015, pp. 279-280), con fondazione realizzata nella medesima tecnica (F11, inedita).

[217] GHIOTTO *et alii* 2018, p. 11.

[218] GHIOTTO *et alii* 2018, p. 8.

[219] GHIOTTO *et alii* 2018, p. 18. La struttura della platea è stata indagata tramite un carotaggio effettuato nel 2017, denominato S1 (2017) cfr. NICOSIA 2017.

cavea va digradando in quattro gradoni, sui quali dovevano poggiare le ultime quattro file di sedili direttamente prospicenti l'orchestra[220].

Il piano dell'orchestra originario non è ancora stato individuato. Pertinenti probabilmente ad una fase di rifacimento sono alcune lastre di calcare, larghe circa 1,9 m, poste in quota con il gradone più basso dell'orchestra che servivano, forse, come appoggio per una ulteriore fila di sedili[221]. Delle pavimentazioni individuate nella zona esterna all'edificio, da riferire a fasi di rialzo successive all'impianto del teatro, quella meglio nota è la più tarda consistente in un battuto in malta di terra composta, su cui si conservano ancora tracce del passaggio di carri[222].

2.4 - CAMPIONAMENTO

Dalle strutture del teatro aquileiese sono stati prelevati un totale di 25 campioni (fig. VI.25; tav. 6), relativi a: a) miscele di allettamento di paramenti e nuclei di strutture murarie (WM); b) miscele leganti a stesura orizzontale e messe in opera con funzione strutturale, impiegate sia per colate di fondazione che come supporti pavimentali (PREP).

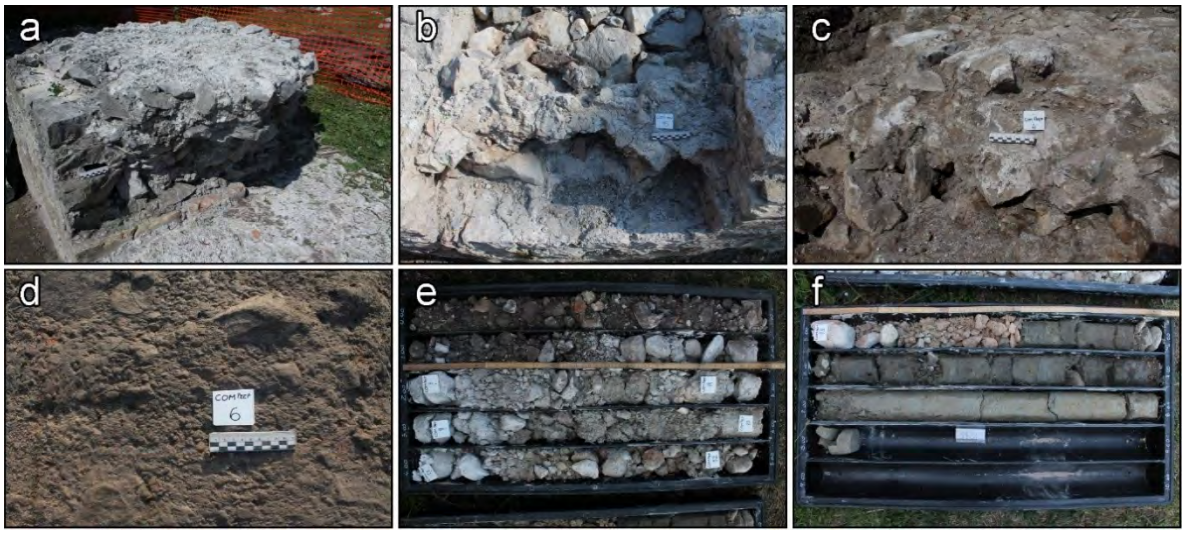


Fig. VI.5 – Aquileia, teatro romano. Campionamento. a) Nucleo dell'alzato del setto radiale terminale della cavea; b) Tamponatura strutturale nel setto curvilineo di divisione tra *media* e *summa* cavea; c) Porzione superiore della massicciata di fondazione dell'*ima cavea*; d) Piano in malta di terra battuta della pavimentazione più tarda esterna al teatro; e) S1 (2017), porzione superiore; b) S1 (2017), porzione inferiore.

Campioni di miscele leganti dai setti murari dell'edificio sono prelevati da più zone (tab. VI.5). Il primo radiale di fondo della cavea (fig. VI.25, a) è stato campionato in diversi punti (COM_WM_3, 6, 9, 10)[223]. Dai radiali della *media cavea* provengono i campioni COM_WM_7, 8. Dal muro curvilineo di raccordo tra *media* e *summa cavea* provengono i campioni COM_WM_1, 11, 12, oltre al campione COM_WM_15, prelevato da una tamponatura strutturale, forse pertinente all'originaria fase di cantiere dell'edificio scenico (fig. VI.25, b). Infine, i campioni COM_WM_13 e 14 provengono dall'estremità di un setto radiale della *summa cavea*, a diretto contatto con un plinto terminale del teatro. I campioni COM_PREP_1, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 13B, 14 provengono dall'*ima cavea*. I primi due sono stati prelevati dalla porzione della massicciata di fondazione messa in luce nel corso degli scavi (fig. VI.25, c), mentre tutti gli altri sono

[220] GHIOTTO *et alii* 2018, p. 11.

[221] GHIOTTO *et alii* 2018, pp. 11-12. I dati saranno meglio chiariti in seguito alla campagna di scavo 2019.

[222] GHIOTTO *et alii* 2018, p. 10. La determinazione composizionale di queste stesure è basata sull'osservazione personale e sull'analisi del campione COM_PREP_6 (cfr. *infra*).

[223] Nello specifico, il campione COM_WM_3 proviene da un livello di allettamento dei ricorsi di mattoni sesquipedali padani con funzione di marcapiano, mentre gli altri da porzioni differenti del paramento o nucleo murario.

stati selezionati dal carotaggio S1 (2017) mirato all'indagine dello sviluppo in profondità di tale struttura cementizia (fig. VI.25, e-f). Infine, altri due campioni (COM_PREP_5, 6) provengono da due stesure pavimentali all'esterno del teatro, relative a due fasi di rialzo dei piani di calpestio (fig. VI.25, d)[224].

Campione	US	Funzione	Tecnica struttura/pavimentazione			Tipolog.	Cronologia
WM Samples							
COM_WM_1	1020	strutt.	str. muraria	alzato	nucleo in *opus caementicium* (gettato)	A4/F11	50 a.C. - 0 d.C.
COM_WM_3	2048	strutt.	str. muraria	alzato	nucleo in *opus caementicium* (allettato per livelli)	A4/F11	50 a.C. - 0 d.C.
COM_WM_6	2048	allett.	str. muraria	fondaz.	paramento in conci squadrati ad assise orizzontali	A4/F11	50 a.C. - 0 d.C.
COM_WM_7	1039	allett.	str. muraria	fondaz.	paramento in conci squadrati ad assise orizzontali	A4/F11	50 a.C. - 0 d.C.
COM_WM_8	1039	strutt.	str. muraria	fondaz.	nucleo in *opus caementicium* (gettato)	A4/F11	50 a.C. - 0 d.C.
COM_WM_9	2048	allett.	str. muraria	alzato	paramento in conci squadrati ad assise orizzontali	A4/F11	50 a.C. - 0 d.C.
COM_WM_10	2048	strutt.	str. muraria	alzato	nucleo in *opus caementicium* (allettato per livelli)	A4/F11	50 a.C. - 0 d.C.
COM_WM_11	2060	allett.	str. muraria	alzato	paramento in conci squadrati ad assise orizzontali	A4/F11	50 a.C. - 0 d.C.
COM_WM_12	2060	strutt.	str. muraria	alzato	nucleo in *opus caementicium* (gettato)	A4/F11	50 a.C. - 0 d.C.
COM_WM_13	4013	allett.	str. muraria	alzato	paramento in conci squadrati ad assise orizzontali	A4/F11	50 a.C. - 0 d.C.
COM_WM_14	4013	strutt.	str. muraria	alzato	nucleo in *opus caementicium* (gettato)	A4/F11	50 a.C. - 0 d.C.
COM_WM_15	-	strutt.	tamponatura				?
PREP Samples							
COM_PREP_1	1040	strutt.	massic. di fond. cavea		*opus caementicium* (gettato)		50 a.C. - 0 d.C.
COM_PREP_4	1040	strutt.	massic. di fond. cavea		*opus caementicium* (gettato)		50 a.C. - 0 d.C.
COM_PREP_5	-	strutt.	-		piano pavimentale (?)		?
COM_PREP_6	3184=3073	strutt.	-		piano pavimentale		?
COM_PREP_7	S1	strutt.	massic. di fond. cavea		*opus caementicium* (gettato)		50 a.C. - 0 d.C.
COM_PREP_8	S1	strutt.	massic. di fond. cavea		*opus caementicium* (gettato)		50 a.C. - 0 d.C.
COM_PREP_9	S1	strutt.	massic. di fond. cavea		*opus caementicium* (gettato)		50 a.C. - 0 d.C.
COM_PREP_10	S1	strutt.	massic. di fond. cavea		*opus caementicium* (gettato)		50 a.C. - 0 d.C.
COM_PREP_11	S1	strutt.	massic. di fond. cavea		*opus caementicium* (gettato)		50 a.C. - 0 d.C.
COM_PREP_12	S1	strutt.	massic. di fond. cavea		*opus caementicium* (gettato)		50 a.C. - 0 d.C.
COM_PREP_13A	S1	strutt.	massic. di fond. cavea		*opus caementicium* (gettato)		50 a.C. - 0 d.C.
COM_PREP_13B	S1	strutt.	massic. di fond. cavea		*opus caementicium* (gettato)		50 a.C. - 0 d.C.
COM_PREP_14	S1	strutt.	massic. di fond. cavea		*opus caementicium* (gettato)		50 a.C. - 0 d.C.

Tab. VI.5 - Elenco dei campioni analizzati dal sito del teatro aquileiese con relative strutture di provenienza e inquadramento cronologico (sulla base della datazione – ancora incerta – riportata in GHIOTTO 2018, p. 255).

Campione	OM	XRPD - *bulk*	XRPD - *binder*	SEM-EDS
WM samples				
COM_WM_1	x	x		
COM_WM_3	x	x	x	x
COM_WM_6	x	x		
COM_WM_7	x	x		
COM_WM_8	x			x
COM_WM_9	x			
COM_WM_10	x			
COM_WM_11	x			
COM_WM_12	x			
COM_WM_13	x			
COM_WM_14	x	x		
COM_WM_15	x			
PREP Samples				
COM_PREP_1	x	x		x
COM_PREP_4	x			
COM_PREP_5	x			
COM_PREP_6	x	x		
COM_PREP_7	x			
COM_PREP_8	x	x		
COM_PREP_9	x	x		
COM_PREP_10	x			
COM_PREP_11	x	x	x	x
COM_PREP_12	x	x	x	x
COM_PREP_13	x	x		
COM_PREP_13B	x		x	x
COM_PREP_14	x	x		x

Tab. VI.6 – Elenco analisi archeometriche effettuate sui campioni in esame del teatro aquileiese.

Prima di procedere alle analisi archeometriche, i campioni sono stati tagliati tramite troncatrice a corona diamantata (fig. VI.26) e ne è stato effettuato un preliminare studio macroscopico delle caratteristiche salienti (riportato nella descrizione petrografica dei composti).

2.5 - RISULTATI DELLE ANALISI ARCHEOMETRICHE

Su tutti i campioni in esame sono state effettuate analisi in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM). Su una selezione di campioni, rappresentativi dei gruppi individuati in seguito ad analisi OM, sono state inoltre condotte indagini mineralogiche tramite analisi in diffrazione ai raggi X delle polveri, operate sia sui campioni massivi (*XRPD-bulk*) che su

[224] Il campione COM_PREP_5 è riferibile alla pavimentazione più antica, obliterata da una più tarda, testimoniata dal campione COM_PREP_6. Non è chiaro se la prima sia essa stessa un piano pavimentale o solo la preparazione di una pavimentazione non individuata.

alcune frazioni leganti separate (*XRPD-binder*), nonché analisi chimiche e microstrutturali (SEM-EDS) finalizzate all'indagine della composizione chimica dei leganti e all'osservazione puntuale delle aree di reazione pozzolanica (tab. VI.6).

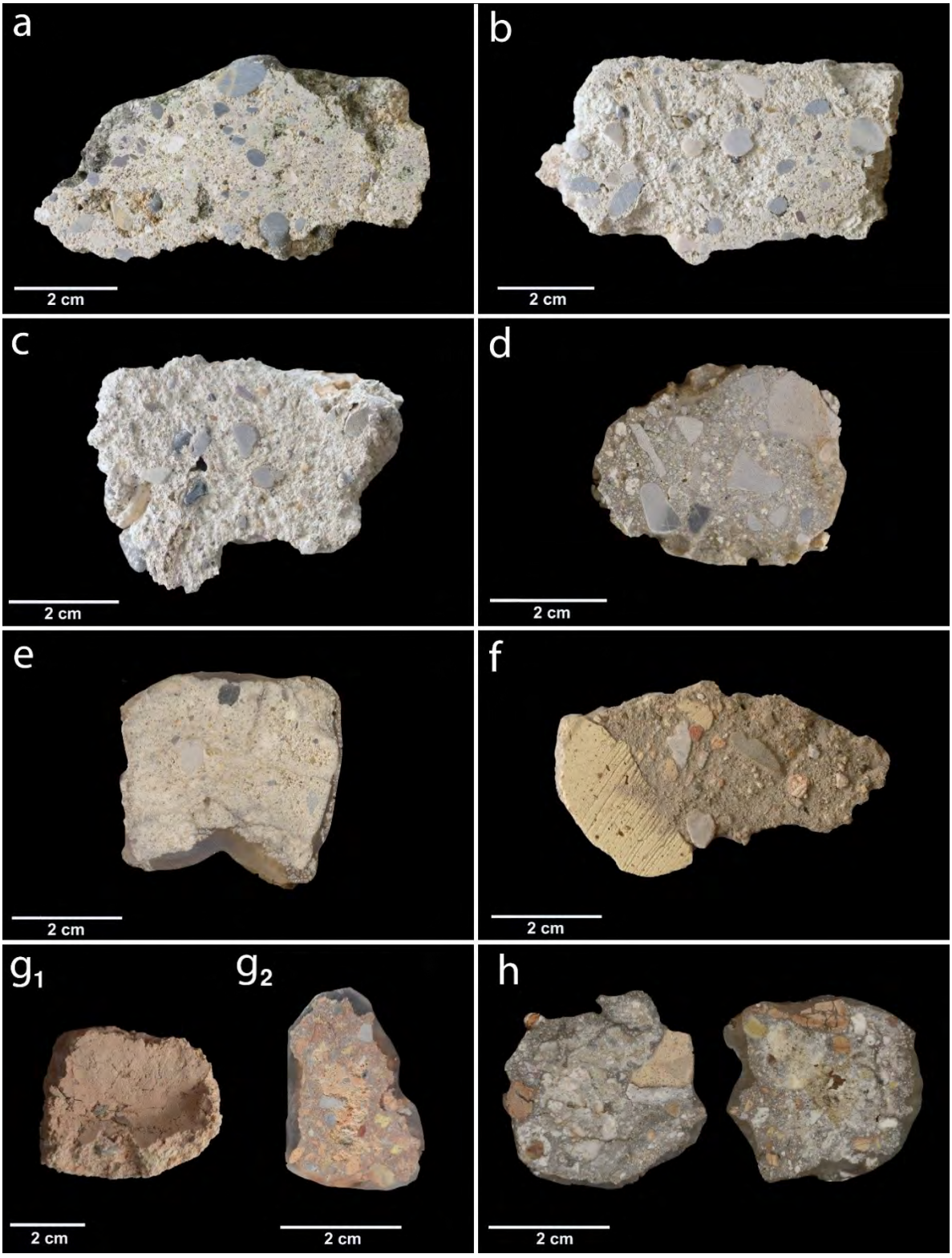


Fig. VI.6 – Tagli petrografici di una selezione di campioni di interesse prelevati dal sito del teatro. a) COM_WM_9; b) COM_WM_15; c) COM_PREP_1; d) COM_PREP_8 (dopo consolidamento in resina epossidica); e) COM_PREP_5 (dopo consolidamento in resina epossidica); f) COM_PREP_6; g1) COM_PREP_13B (campione massivo); g2) COM_PREP_13B (dopo consolidamento in resina epossidica); COM_PREP_14 (dopo consolidamento in resina epossidica).

2.5.1 - *Microscopia Ottica (OM)*

Considerato l'ampio dataset di riferimento, sono state effettuate analisi statistiche multivariate (PCA) sui dati desunti dalle analisi OM comprensive della totalità dei campioni di miscele leganti prelevati dal sito del teatro aquileiese (tab. VI.7). Ciò ha permesso di identificare, in base a sample-clustering, gruppi composizionalmente affini, di seguito discussi (fig. VI.7).

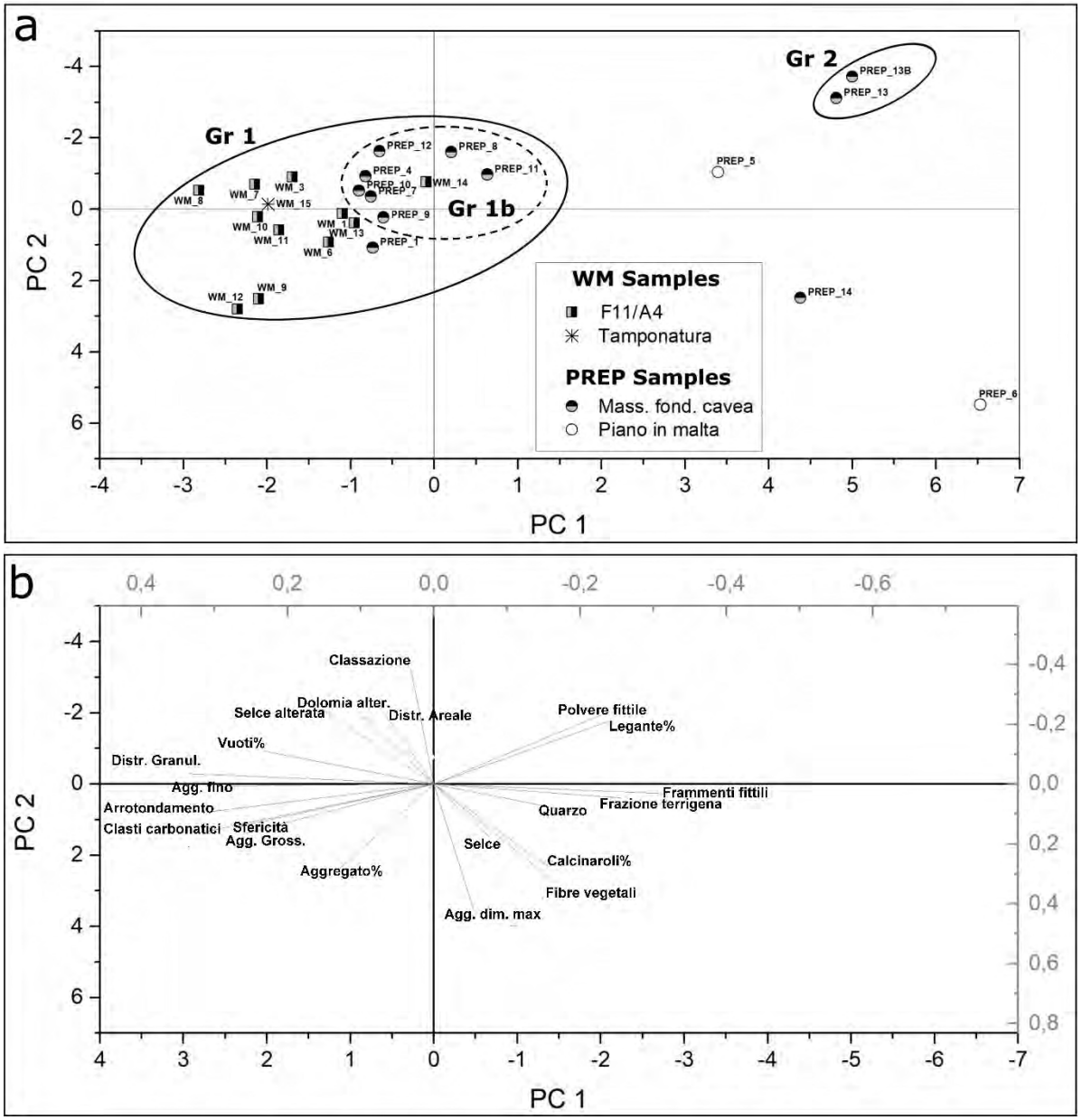


Fig. VI.7 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate sui campioni del teatro aquileiese in relazione a: a) tecniche edilizie delle strutture di afferenza; b) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 53% della varianza totale. I gruppi individuati in base a sample-clustering sono cerchiati da ellissi.

Gruppo 1 – campioni COM_WM_1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, COM_PREP_1*

I campioni del GR 1 sono piuttosto omogenei sotto il profilo composizionale. Macroscopicamente si presentano come miscele ad un aspetto conglomeratico piuttosto tenaci e di colore bianco o giallognolo (2.5Y 8/2-3), con aggregato ghiaioso fine (fig. VI.6, a-c).

Campione	Spessore (mm)	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp.mineralogica	Calcinaroli %	L/A	Legante%	*Vughs v.*	*Vescicles v.*	*Planar v.*	*Channels v.*	Vuoti%	AGG Dim max. (mm)	AGG. Dim min. (mm)	Agg. gross. dim media (mm)	Agg. Fino dim media (mm)	Classazione	Distr. Gran.	Distr. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Orientazione	Bordi di reazione	Clasti carbonatici	Dolomia alterata	Selce	Selce alterata	Quarzo	Calcite spatica	Arenaria	Tracce terrigene	Feldspati	Gusci di molluschi	Frammenti fittili	Polvere fittile	Malte di riciclo	Ematite	Mica	Carbone	Fibre Vegetali	Prod. di Neof.
	Desc. macr.					*Legante*					*Vuoti*																*Aggregato*														*Add.*		
COM_WM_1	34,2*	2.5Y 8/3	5	MC	C	2,5	1/2.5	24	3	3	-	-	10	6,33	0,05	4,12	0,40	4	2	4	4	4	66	-	-	8	1	2	3	1	1	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
COM_WM_3	24,1*	2.5Y 8/3	5	MC	C	2	1/2.5	25	3	3	-	-	12	6,00	0,05	3,56	0,42	4	2	4	4	4	63	-	-	8	2	-	4	3	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
COM_WM_6	41,0*	2.5Y 8/3	5	MC	C	5	1/2.5	27	3	2	-	1	8	5,43	0,05	3,98	0,39	3	2	3	5	4	65	-	-	8	2	1	1	2	-	1	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-
COM_WM_7	42,1	2.5Y 8/3	5	MC	C	5	1/2.5	26	4	1	-	2	15	7,24	0,05	3,51	0,38	4	2	4	4	5	59	-	-	7	2	1	3	2	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1
COM_WM_8	35,2	2.5Y 8/2	5	MC	C	2	1/2	29	4	1	-	-	11	14,47	0,05	6,35	0,37	4	2	5	4	5	60	-	-	8	2	-	3	2	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
COM_WM_9	39,4	2.5Y 8/3	5	MC	C	5	1/3	23	3	-	1	-	6	20,20	0,05	5,34	0,49	3	2	4	4	5	71	-	-	8	1	2	1	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COM_WM_10	37,2	2.5Y 8/2	5	MC	C	2	1/2.5	24	4	2	-	1	13	10,70	0,05	3,98	0,41	3	2	4	4	5	63	-	-	8	2	1	3	3	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
COM_WM_11	35,1	2.5Y 8/3	5	MC	C	5	1/2.5	24	2	1	3	3	12	8,83	0,05	3,55	0,43	4	2	5	4	5	64	-	-	7	1	3	1	2	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
COM_WM_12	25,1*	2.5Y 8/3	5	MC	C	2	1/3.5	19	3	3	-	-	9	21,53	0,05	6,63	0,39	3	2	3	4	5	72	-	-	8	1	1	2	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COM_WM_13	35,3	2.5Y 8/3	5	MC	C	-	1/1.5	34	3	-	2	1	8	11,55	0,05	4,10	0,42	3	2	4	4	4	58	-	-	7	1	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
COM_WM_14	29,2*	2.5Y 8/2	5	MC	C	5	1/1.5	41	2	-	2	1	7	8,81	0,05	3,23	0,44	3	2	4	3	4	52	-	-	7	1	1	2	2	1	3	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
COM_WM_15	37,6	2.5Y 8/3	5	MC	C	2,5	1/2	31	3	1	1	-	9	9,18	0,05	4,10	0,46	3	2	4	4	5	60	-	-	7	2	1	3	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COM_PREP_1	42,7	2.5Y 8/3	4	MC	C	2	1/3	22	4	2	-	-	11	25,32	0,05	5,08	0,33	2	2	3	3	3	67	-	-	8	2	-	4	2	-	1	4	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
COM_PREP_4	43,6	2.5Y 8/3	4	MC	C	7	1/1.5	37	4	2	-	1	15	13,34	0,05	3,80	0,34	3	2	3	4	4	48	-	-	6	2	-	4	2	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COM_PREP_5	29,8*	2.5Y 8/6	5	MC	C	5	1/1.5	41	-	-	3	2	8	6,58	0,05	1,46	0,26	5	1	4	3	3	51	-	-	6	-	3	-	4	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COM_PREP_6	35,5*	5Y 6/4	2	MC	A	5	1/2	34	1	1	-	-	4	38,32	0,05	2,51	0,17	1	1	3	3	3	62	-	-	6	-	4	-	4	2	3	5	3	-	4	-	1	1	1	-	2	-
COM_PREP_7	33,4*	2.5Y 8/1	4	MC	C	7,5	1/2	33	2	2	-	-	7	11,43	0,05	3,24	0,38	4	2	4	4	4	60	-	-	7	1	1	3	1	-	1	1	-	1	-	-	1	-	-	1	-	1
COM_PREP_8	32,4*	2.5Y 8/2	4	MC	C	-	1/2	32	2	-	3	3	11	14,75	0,05	3,35	0,34	3	2	3	2	3	57	-	-	6	4	-	4	3	-	1	3	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
COM_PREP_9	34,2*	2.5Y 8/2	4	MC	C	2	1/3	24	1	-	2	1	4	12,45	0,05	4,20	0,30	4	2	4	4	4	72	-	-	8	2	1	3	2	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COM_PREP_10	37,1*	2.5Y 8/2	4	MC	C	2	1/2	32	1	-	3	1	11	11,79	0,05	3,43	0,35	4	2	3	4	4	57	-	-	7	3	2	2	1	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
COM_PREP_11	29,2*	2.5Y 8/2	5	MC	C	-	1/1.5	41	2	-	2	1	7	16,12	0,05	3,11	0,32	3	2	3	3	4	52	-	-	6	4	2	3	3	-	2	2	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-
COM_PREP_12	21,2*	2.5Y 8/2	5	MC	C	5	1/1.5	37	3	2	-	-	9	8,21	0,05	3,40	0,35	4	2	4	4	5	54	-	-	7	3	-	4	4	-	1	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
COM_PREP_13	12,4*	2.5YR 8/4	3	MC	C	2	1/1.5	42	1	-	1	1	5	3,40	0,005	2,20	0,27	4	1	4	2	2	53	-	1	5	2	1	2	3	1	2	4	-	-	4	3	4	-	-	-	-
COM_PREP_13B	26,6*	2.5YR 8/4	4	MC	C	-	1/1.5	37	1	-	1	-	3	3,23	0,005	2,36	0,24	5	1	5	2	2	60	-	1	4	1	1	2	2	1	1	4	-	-	5	5	2	-	-	-	-
COM_PREP_14	41,2*	5Y 8/6	2	MC	A/C	15	1/2	35	1	-	2	1	3	20,10	0,005	3,37	0,38	2	1	2	3	3	62	-	-	5	1	2	1	4	1	2	5	-	-	4	1	2	-	1	-	-	1

Tab. VI.7 – Tavola riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di miscele leganti del teatro aquileiese.

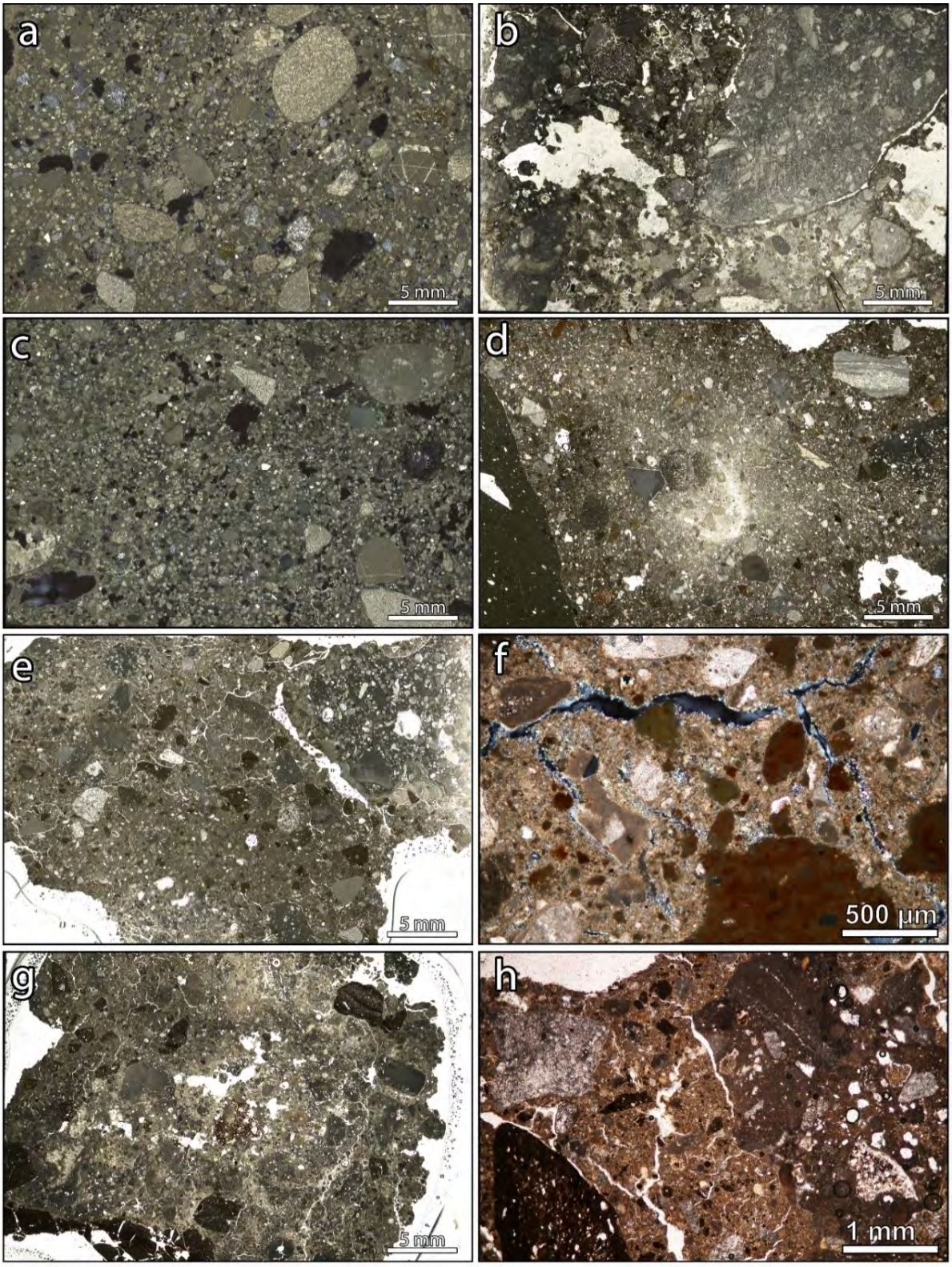


Fig. VI.8 – Acquisizioni in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM-TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN); a) COM_WM_10 (XN); b) COM_PREP_1 (PN); c) COM_PREP_12 (XN); d) COM_PREP_6 (PN); e) COM_PREP_13 (XN); f) COM_PREP_13 (XN), dettaglio della diffusa polvere fittile micrometrica; g) COM_PREP_14 (PN); COM_PREP_14 (PN), dettaglio della matrice con in evidenza un grossolano clasto di malta di riciclo (a dx).

L'indagine microscopica dimostra l'impiego di legante carbonatico, con occorrenza di sporadici grumi (2-5% vol. ca). La stessa matrice legante non si presenta sempre omogenea ma zonata, con aree a bassi colori di birifrangenza, imputabili forse alla presenza di carbonati antropogenici idrati o a frazioni di calce non completamente carbonatata (portlandite, cfr. fig. VI.9, d, f)[225] con evidenza di granuli di quarzo criptocristallino disseminati nelle matrici. La porosità è poco diffusa (5-10% vol. ca) con prevalenti pori di tipo *vughs/vescicles*, seppur taluni campioni presentino maggior occorrenza di vuoti da ritiro (*planar voids*, *channels*). L'aggregato (in media 60-70% vol.) ha tendenzialmente classazione bimodale ed è rappresentato, per la componente grossolana (⌀ 3,5-5 mm ca), da ghiaia fine/molto fine, di natura prevalentemente carbonatica, con occorrenza sporadica di ghiaia media. La componente fine (⌀ 380-470 μm ca) è costituita soprattutto da sabbia media, prevalentemente carbonatica (calcari e dolomie). Secondariamente, l'aggregato è costituito da ridotta occorrenza di quarzo e selce o calcari selciferi, con minime tracce di arenaria, feldspati e miche (fig. VI.8, a-b). La frazione selcifera presenta di frequente bordi di reazione con la componente carbonatica nelle aree di interfaccia attorno ai frammenti di dimensione maggiore (fig. VI.9, a)[226]. In diversi casi l'alterazione è particolarmente diffusa e ravvisabile nella presenza di zonature a bassi colori di birifrangenza attorno a forme relitte di selce (fig. VI.9, b). È stato in alcuni casi possibile riconoscere fantasmi di calcedonio o di calcare selcifero pressoché totalmente disciolti nelle matrici (fig. VI.9, c). Inoltre, clasti di dolomia a bassi colori di birifrangenza sembrano essere egualmente alterati da processi secondari di de-dolomitizzazione (fig. VI.9, d-e)[227]. Nel complesso, comunque, l'elevato grado di arrotondamento e sfericità dell'aggregato conferma la sua provenienza da greti fluviali. Il rapporto L/A è mediamente compreso tra 1:2 e 1:2.5, ma queste proporzioni sono piuttosto variabili[228]. Non vi sono tracce di additivi.

All'interno del GR 1 alcuni campioni (COM_WM_9, COM_WM_12) si caratterizzano per la presenza di clasti ghiaiosi particolarmente grossolani; ciò incide, di conseguenza, sulle percentuali complessive della frazione d'aggregato, tendenzialmente superiori in questi campioni rispetto a tutti gli altri analizzati (fig. VI.7, b). Tale aspetto non sembra essere indicativo di alterità composizionale, ma dipende esclusivamente da fattori di campionamento, come sopra già segnalato.

Gruppo 1b – campioni COM_PREP_4, 7, 8, 10, 11, 12, COS_WM_14

Le miscele rientranti in questo gruppo sono piuttosto simili a quelle del GR 1 (fig. VI.6, d), e provengono in gran parte da livelli, posti a quote differenti entro la massicciata di fondazione dell'*ima cavea* del teatro. I campioni presentano spesso inclusi di dimensione considerevole (> 5 cm), quali schegge o scapoli lapidei, che sono stati asportati al momento della preparazione delle sezioni sottili. Ciò che contraddistingue le miscele del GR 1b è una moderata occorrenza di frazione terrigena, di natura prevalentemente argillosa, pressoché assente nei campioni del GR 1, che, dal punto di vista petrografico, non si presentano dissimili dalle miscele del GR 1b. Inoltre, i processi di alterazione della componente selcifera e, soprattutto, di de-dolomitizzazione appaiono ancora più evidenti nei campioni di questo gruppo (fig. VI.9, e). Le miscele del GR 1b sono leggermente più grasse di quelle del Gr 1: i rapporti L/A sono stati valutati attorno a 1:2-1:1.5, con valori complessivi dell'aggregato stimati attorno al 55-60% vol. ca (fig. VI.8, c). La distribuzione granulometrica è costantemente bimodale, con aggregato fine rappresentato da sabbia

[225] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2014, pp. 28-29.

[226] *Reaction rims* attorno a clasti selciferi non sono comuni, ma sono stati osservati anche nelle miscele di allettamento di strutture romane a Cupra Marittima, presso Ascoli Piceno (PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2014, pp. 35-36).

[227] KATAYAMA 2010; GÓRALCZYK 2012; Su tali aspetti cfr. inoltre §2.5.3.

[228] Le miscele in esame, avendo un aspetto conglomeratico grossolano con occorrenza di clasti di dimensione considerevole (0,5-1 cm), possono risentire fortemente della rappresentatività del campione nella determinazione precisa delle percentuali di aggregato e, di conseguenza, sul rapporto L/A.

media (⌀ 350-370 µm ca) e aggregato grossolano costituito da ghiaia medio fine con occorrenza di pietrisco scheggiato, osservato soprattutto nei campioni COM_PREP_8 e 9 (fig. VI.6, d).

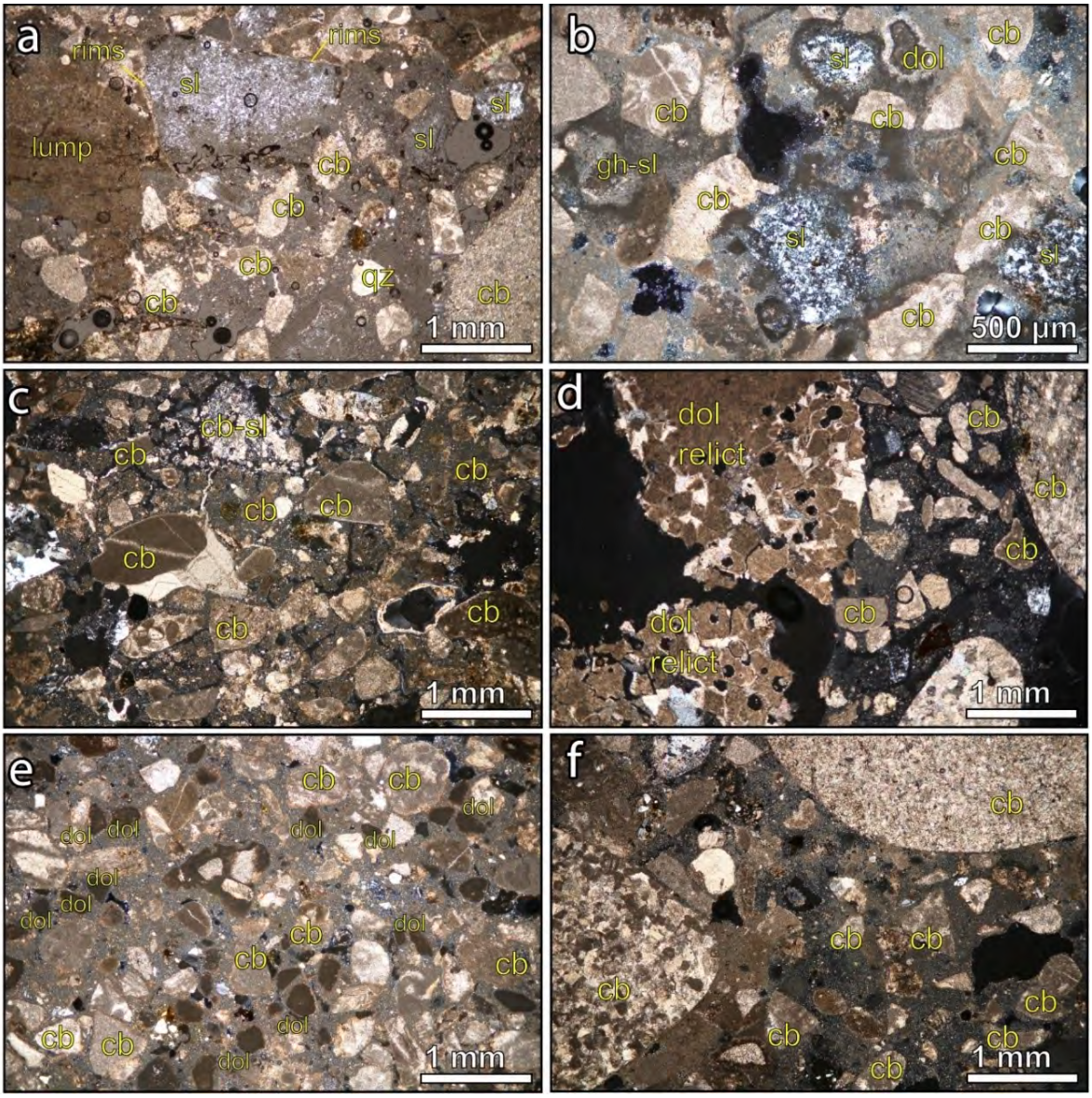


Fig. VI.9 – Acquisizioni di dettaglio in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM-TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN). a) COM_WM_3 (OM-TL, XN). Si osservano evidenti *reaction rims* attorno ai clasti di selce; b) COM_PREP_8 (OM-TL, XN). Diffusa presenza di aree a basso colore di birifrangenza presso i bordi dei clasti di selce probabilmente esito di fenomeni di alterazione della componente selcifera; c) COM_WM_3 (OM-TL, XN). Fantasma di calcare selcifero, pressoché totalmente alterato (in alto); d) COM_WM_15 (OM-TL, XN). Relitto di ghiaia dolomitica de-dolomitizzata. I vuoti tra i cristalli euedrali dolomitici sono riempiti da calcite antropogenica. La matrice legante presenta bassi colori di birifrangenza, probabilmente da riferire ad una limitata carbonatazione, con occorrenza di portlandite; e) COM_PREP_11 (OM-TL, XN). Diffusa presenza di clasti di dolomia a bassi colori di birifrangenza esito di accentuati fenomeni di de-dolomitizzazione; f) COM_WM_10 (OM-TL, XN). La matrice legante presenta bassi colori di birifrangenza probabilmente da riferire a limitata carbonatazione con occorrenza di portlandite.
Legenda: *Cb*: clasti carbonatici (calcare); *Sl*: selce; *Gh-Sl*: fantasma di selce; *Cb-Sl*: calcare selcifero; *Qz*: quarzo; *Dol*: dolomia; *Dol relict*: relitto di ghiaia dolomitica; *Lump*: grumo di legante; *rims*: interfaccia di reazione.

Gruppo 2 – campioni COM_PREP_13, 13B

I campioni di questo gruppo si distinguono macroscopicamente per l'aspetto rosato (*pink*, 2.5YR 8/3), dovuto alla consistente occorrenza di polvere e frammenti fittili nelle miscele (fig.

VI.6, g1-2) che possono essere classificate come cocciopesti[229]. Il legante è carbonatico, a tessitura moderatamente omogenea e ben miscelato all'aggregato. La porosità è minima (< 5% vol. ca). L'aggregato (55% vol. ca), mediamente ben distribuito e classato, ha distribuzione unimodale ed è rappresentato soprattutto da clasti carbonatici miscelati in egual misura a frammenti fittili (⌀ 2-3 mm ca) e polvere fittile micrometrica (< 50 μm) (fig. VI.8, f), particolarmente diffusa soprattutto nel campione COM_PREP_13B. L'intima miscelazione della componente fittile con il legante determina aree a basso colore di birifrangenza che si sospetta essere pozzolanicamente reagite. Secondariamente, è presente selce e quarzo, con ridotta occorrenza di arenarie. Si osservano chiaramente gli stessi fenomeni di alterazione della componente selcifera e di dedolomitizzazione osservati per i campioni del GR 1 e GR1b. Il campione COM_PREP_13 si caratterizza inoltre per la presenza di diversi clasti di malta di riciclo miscelati nel composto (fig. VI.8, e).

Campioni non associabili

Il campione COM_PREP_5 si distingue dagli altri analizzati per un discreto grado di selezione dell'aggregato. La miscela, massivamente, ha colorazione giallognola (*pale yellow*, 2.5Y 8/2) e si presenta mediamente friabile (fig. VI.6, e). Microscopicamente, il legante risulta carbonatico, a tessitura piuttosto omogenea. La porosità è mediamente diffusa (8% vol. ca). L'aggregato (51% vol. ca), selezionato, presenta distribuzione areale piuttosto omogenea. È rappresentato da prevalente sabbia carbonatica fine (⌀ 250 μm ca), ma sono anche presenti sporadici clasti di ghiaia fine. Secondariamente, vi è quarzo, con tracce di selce e arenaria; una componente di origine terrigena è presente in aliquote contenute. Il rapporto L/A è di 1:1.5.

Il campione COM_PREP_6, ad osservazione macroscopica, si presenta come una malta di terra composta[230], piuttosto compatta, di colore verdastro (*olive yellow*, 5Y 6/4) con distribuzione di frammenti fittili dislocati soprattutto nella porzione superiore del campione, il cui spessore è di circa 3,5 cm (fig. VI.6, f). Ad osservazione microscopica, il legante appare costituito da una frazione fine di origine terrigena a bassi colori di birifrangenza (argilla), a cui è stata aggiunta una componente secondaria carbonatica (calce carbonatata) ad alti colori di birifrangenza. Nel complesso risulta difficile valutare correttamente, tramite analisi d'immagine, il rapporto L/A che è stato stimato a 1:2 circa. L'aggregato è poco classato e non accuratamente miscelato nei composti. Grossolani clasti lapidei e fittili sono spesso presenti e asportati al momento della preparazione delle sezioni sottili. Petrograficamente, l'aggregato fine è rappresentato da prevalenti clasti carbonatici, miscelati a selce con frazione quarzosa piuttosto abbondante. Una secondaria componente è costituita da frammenti fittili, di dimensione millimetrica (fig. VI.8, d). Tracce di fibre vegetali (paglia) sono visibili, in negativo, nella matrice del campione.

Il campione COM_PREP_14, ad osservazione macroscopica, si presenta come una malta di terra composta[231], friabile, con elevata occorrenza di frammenti fittili, non classati, di dimensione variabile tra 2 e 8 cm circa (fig. VI.6, h). La matrice ha colore giallastro (*yellow*, 5Y 8/6). Ad analisi microscopica, il legante si presenta come composto da un mix di argilla (a bassi colori di birifrangenza) a cui è aggiunta una frazione carbonatica (ad alti colori di birifrangenza), in rapporti di circa 1:1. La miscelazione non è accurata, dato che i grumi di legante sono abbondanti (15% vol. ca). Data l'elevata eterogeneità, è difficile determinare, tramite analisi d'immagine, dei valori affidabili per i parametri di %legante, %vuoti e %aggregato. Il rapporto L/A è stato quindi stimato a circa 1:2, ma è puramente indicativo. L'aggregato risulta, nel complesso, poco selezionato e non accuratamente miscelato nei composti. La componente grossolana è rappresentata esclusivamente da frammenti fittili. La componente fine è invece composta da prevalenti clasti carbonatici e frammenti fittili (1-2 mm), con secondarie aliquote di selce e quarzo (fig. VI.8, g).

[229] GINOUVES, MARTIN 1985, p. 51.
[230] GINOUVES, MARTIN 1985, p. 50.
[231] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 50.

Una minima frazione dell'aggregato è rappresentata da miche. Diffusamente presenti sono inoltre clasti di malte di riciclo (fig. VI.8, h).

2.5.2 - *Analisi XRPD*

Le analisi in diffrazione XRPD-*bulk* condotte su una selezione di campioni rappresentativi dei diversi gruppi individuati in seguito ad analisi OM (Tab. VI.8), portano tendenzialmente a confermare quanto già evidenziato dai risultati delle analisi in microscopia ottica, aggiungendo alcuni dettagli di interesse rispetto a quanto già discusso nel paragrafo precedente.

Dall'analisi statistica multivariata (PCA) condotta tenendo in considerazione una selezione di fasi mineralogiche indicative (fig. VI.10, b), si può innanzitutto osservare come solo alcuni campioni (COM_PREP_1, 12) si distinguano da quelli del GR 1 e si possono ascrivere al GR 1b (fig. VI.10, a). Elementi discriminanti sono i tenori variabili della frazione amorfa, da riferire prevalentemente a fase fine di natura terrigena, la cui occorrenza è particolarmente variabile, a testimonianza della natura piuttosto eterogenea del materiale impiegato nella massicciata di fondazione (cfr. *infra*). Tendenzialmente comunque, nei campioni del GR 1b questa fase è presente in percentuali leggermente più elevate rispetto ai campioni del GR 1. Anche la smectite (minerale argilloso) appare in aliquote elevate solo nei campioni COM_PREP_1 e COM_PREP_12 (13-17% ca), mentre risulta assente negli altri.

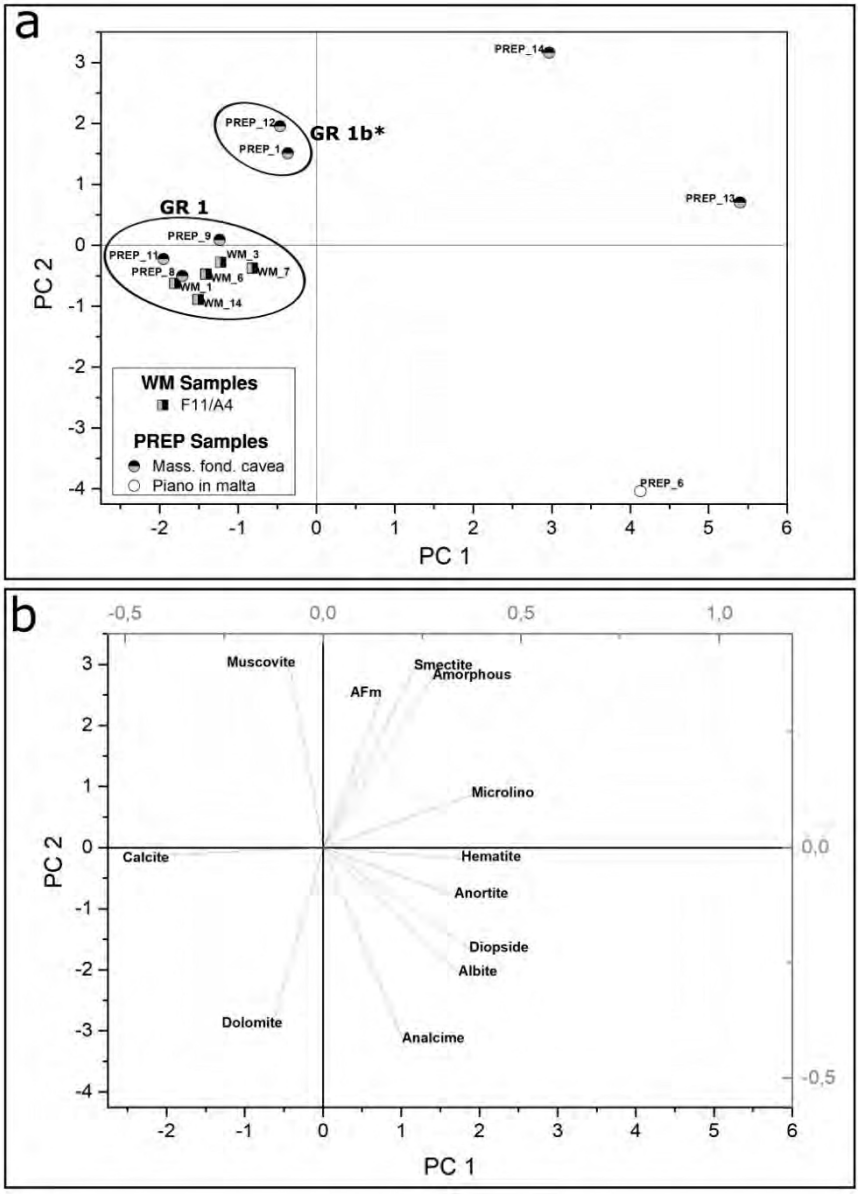


Fig. VI.10 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi XRPD-*bulk* condotte su una selezione di campioni del teatro aquileiese, in riferimento ad: a) tecnica edilizia; b) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 rappresentative del 75% della varianza totale. I gruppi principali individuati in base a sample-clustering sono stati raggruppati da ellissi.

Nei campioni con frazione fittile si osserva costantemente la presenza di diopside e ematite, da associare soprattutto alla componente cristallina della frazione fittile. Anche le percentuali, tendenzialmente maggiori, della fase amorfa nei campioni COM_PREP_13 e 14 rispetto ai campioni dei

GR 1 e 1b, vanno riferite in parte alla componente vetrosa non cristallina della frazione fittile e, in secondo luogo, ad una frazione terrigena di natura argillosa dispersa nel campione, come comprovato inoltre da presenza considerevole di smectite. Il campione COM_PREP_13, ascritto al Gr 2 in seguito ad indagine OM, si distingue inoltre chiaramente da quelli del Gr1/1b nonché dai campioni COM_PREP_6 e COM_PREP_14, tra loro differenti e di seguito discussi. Nel campione COM_PREP_6, alla frazione fittile, oltre agli elevati tenori di diopside, è da ascrivere anche anortite, plagioclasio derivato da reazione per temperatura tra la componente silico-alluminosa e quella carbonatica dei terreni a base argillosa[232]. Anche il microclino è da riferirsi alla componente cristallina accessoria della miscela a base argillosa originaria. Essendo stato riscontrato esclusivamente in campioni ad aggregato fittile, è plausibile si tratti di una componente accessoria della miscela a base argillosa adoperata nella produzione di elementi fittili o ceramiche, oppure di una parte della componente sabbiosa smagrante dell'argilla originaria stessa[233]. La frazione vetrosa amorfa, nel campione COM_PREP_6, risulta invece molto ridotta rispetto al campione COM_PREP_14, dove quest'ultima è particolarmente elevata, a testimonianza di processi di cottura differenti, temperature inferiori nella camera di combustione o chimismo differente delle argille originarie. In COM_PREP_14 è inoltre presente smectite, fase che ritroviamo costantemente nei campioni prelevati dal carotaggio S1 (2017) e assente nel campione COM_PREP_6. In quest'ultimo vi è inoltre occorrenza, tra le miche, della biotite, assente invece in tutti gli altri casi, dove vi è occorrenza di muscovite, ad ulteriore testimonianza di una composizione mineralogica differente della componente terrigena presente nel campione COM_PREP_6, rispetto a quanto osservato per tutti gli altri casi.

Campione	Calcite	Dolomite	Aragonite	AFm	Quarzo	Plagioclasio	Plagioclasio (Anortite)	Microlino	Analcime	Diopside	Biotite	Muscovite	Clinochlore	Ematite	Ilmenite	Smectite	Amorfo
COM_PREP_1	69,4	0,2	0	0	6,4	0,3	0	0	0	0	0	0,7	1,0	0	0,3	5,1	16,8
COM_PREP_6	46,7	7,0	0	0	11,8	6,3	1,1	1,3	0,9	15,2	0,5	0	1,1	0,6	0	0	7,6
COM_PREP_8	85,1	4,8	0	0	3,8	0,3	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0	0,5	0	4,7
COM_PREP_9	77,6	2,9	0	0	6,4	0,2	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0	11,8
COM_PREP_11	94,2	0,7	0	0	3,1	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0,5	0	1,2
COM_PREP_12	71,1	1,4	0	0	5,7	0	0	0	0	0	0	1,5	0,9	0,2	0,3	6,0	13,1
COM_PREP_13	41,4	0	0	0	4,4	3,1	2,4	3,0	0	11,4	0	0	0	0,7	0	7,3	26,2
COM_PREP_14	52,1	1,3	0	1,6	4,9	2,1	0	2,3	0	4,6	0	1,4	1,2	0,6	0	4,3	27,8
COM_WM_1	74,9	10,4	0	0	8,4	0,2	0	0	0	0	0	1,1	0,8	0	0,5	0	3,7
COM_WM_3	79,1	3,6	0	0	3,0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	0,5	0	13,0
COM_WM_6	76,9	5,5	0,8	0	8,2	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0	7,0
COM_WM_7	74,6	4,6	0	0	14,9	0,5	0	0	0	0	0	0,7	0,5	0,5	0,3	0	3,3
COM_WM_14	75,2	9,0	0	0	7,9	0,4	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0,4	0	6,7

Tab. VI.8 - Risultati delle analisi mineralogiche (XRPD-bulk) sui campioni massivi prelevati dal teatro aquileiese.

Le restanti fasi rispecchiano il tipico *assemblage* mineralogico dei campioni analizzati in questo studio. La calcite è da connettere sia all'aggregato carbonatico che alla frazione legante, quasi sempre rappresentata da calce prodotta da cottura di calcari. La dolomite è quindi maggiormente da riferire a clasti di dolomia non calcinata impiegata come aggregato[234], sia esso fine (sabbia) o grossolano (ghiaia), mentre il quarzo è da riferire sia alla selce che ai minerali singoli, già osservati tramite OM. Feldspati e miche sono presenti in tracce (plagioclasio e muscovite).

[232] DUMINUCO, MESSIGA, RICCIARDI 1998; CULTRONE *et alii* 2001.

[233] Non si nega comunque l'ipotesi che si tratti di una fase di neoformazione da temperatura, prodottasi in seguito a trasformazione termica di k-feldspati (sanidino) in processi di cottura di argille a temperature superiori ai 1000 °C (cfr. CULTRONE *et alii* 2001).

[234] L'assenza di brucite farebbe propendere per l'ipotesi che non siano state impiegate dolomie come pietra da calce nei campioni in esame (cfr. BLÄUER-BÖHM, JÄGERS 1997). Tuttavia, pur essendo presenti relitti di calcinazione di dolomie, sembra che i fenomeni da temperatura o di dissoluzione della componente dolomitica non sempre portino alla formazione di brucite cristallina (KATAYAMA 2010, in part. p. 673).

La frazione amorfa è per lo più da riferire a intrusioni di natura terrigena che se presenti in percentuali ridotte, devono essere ascritte ad un non opportuno lavaggio dell'aggregato prima della messa in opera.

L'analisi della frazione legante (*binder analysis*) di alcuni campioni delle miscele del GR 1 e 1b (fig. VI.11) è stata finalizzata alla determinazione dell'eventuale occorrenza di fasi pozzolaniche, sospettate in base ai risultati delle analisi SEM-EDS (cfr. *infra*). Dall'analisi XRPD-*binder* dei campioni COM_WM_3 e COM_PREP_11, 12, oltre alla calcite, riferibile al legante carbonatico, si osservano aliquote significative di smectite, fase amorfa e miche da connettere certamente alla frazione argillosa fine dispersa nella matrice legante, presente in particolar modo nei campioni della massicciata di fondazione dell'*ima cavea*. Nessun elemento sembra invece comprovare l'occorrenza di fasi C-S-H o AFm di tipo pozzolanico. Le miscele in questione risultano quindi pressoché eminentemente aeree.

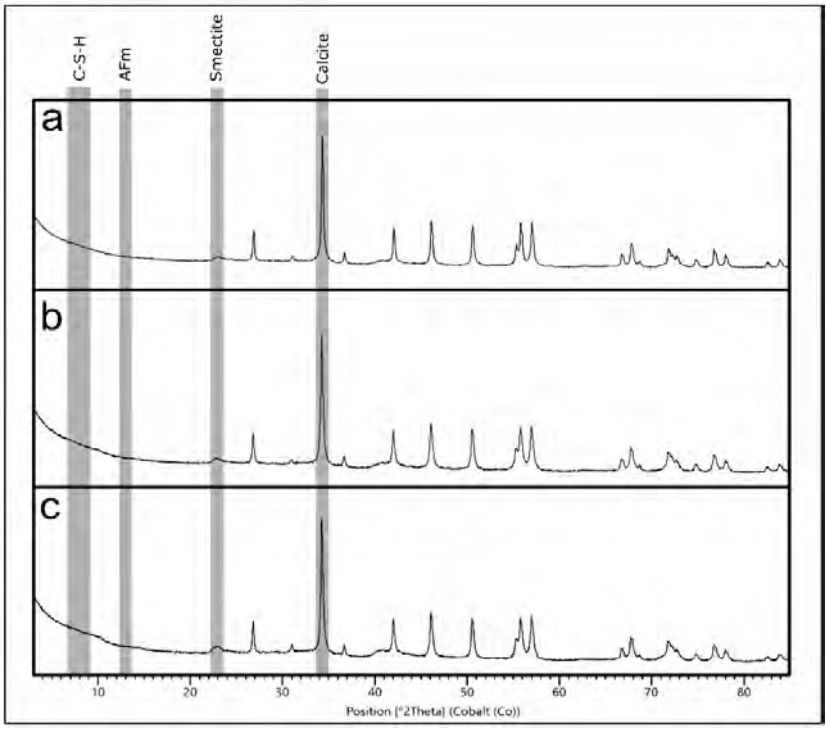


Fig. VI.11 - Analisi *XRPD binder* di una selezione di campioni di miscele strutturali del teatro aquileiese. a) COM_WM_3; b) COM_PREP_11; c) COM_PREP_12.

La presenza di fasi AFm, connesse a formazione di alluminati di calcio idrati, legati a reazioni di natura pozzolanica tra la componente carbonatica del legante e la frazione alluminosa dell'aggregato fittile micrometrico, sono attestate nel solo campione COM_PREP_14, e non appaiono visibili, in seguito alla sola analisi XRPD-*bulk*, per COM_PREP_13B. Ciononostante, l'analisi quantitativa mirata alla componente legante del campione COM_PREP_13B (tab. VI.9) ha permesso di quantificare la moderata occorrenza di fasi AFm (3,4%).

Campione	Calcite	AFm	Quarzo	Diopside	Plagioclasio (Anortite)	Ematite	Smectite	Amorfo
COM_PREP_13B	72,5	3,4	0,5	18,6	4,5	0,6	4,1	22,0

Tab. VI.9 – Risultati dell'analisi quantitativa XRPD della sola frazione legante del campione COM_PREP_13B.

2.5.3 - *Analisi SEM-EDS*

Le analisi SEM-EDS sono state operate su una limitata selezione di campioni (Tab. VI.6), al fine di osservare la composizione chimica dei leganti o per individuare puntualmente la distribuzione di eventuali fasi pozzolaniche diffuse nelle matrici, sulla base dei risultati delle analisi XRPD-*bulk* e XRPD-*binder*. Va inoltre evidenziato come le indagini SEM-EDS sui campioni COM_WM_1, 3, PREP_1, 11, 12, abbiano permesso di comprovare le ipotesi desunte dalle analisi in microscopia ottica e dimostrano diffusi fenomeni di alterazione delle dolomie (Fig. VI.14, a, a1, a2) e delle selci (Fig. VI.14, b-c), con tracce di forme relitte dei clasti originari. Non essendovi,

in seguito ad analisi XRPD, prova della formazione di fasi secondarie di natura pozzolanica derivate dall'iterazione tra la componente selcifera ed il legante carbonatico e verificata l'assenza di additivi pozzolanici, si ritiene che solo un pH particolarmente elevato nei sistemi possa aver determinato l'attivazione dei processi di dissoluzione delle selci e di de-dolomitizzazione delle dolomie, di cui si conservano talvolta forme relitte (fig. VI.14, a, a1, a2). Ciò ha favorito il rilascio di ioni silicatici e Mg^{2+} diffusamente permeatisi nelle matrici (Fig. VI.14, a, a3, a4), nonché attraverso le porosità stesse dei grumi del legante eminentemente carbonatico, determinando così la formazione di gel silicatico-magnesiaci, prodottisi in seguito all'interazione dei prodotti di reazione alcali-silicato (ASR) con i prodotti di de-dolomitizzazione[235].

È verosimile ritenere che l'aumento del pH nei composti sia stato favorito dall'utilizzo negli impasti di acqua salata o salmastra[236], contenente anche moderate aliquote di sali in soluzione (NaCl), che avrebbero determinato la dissoluzione della componente dolomitica e dei silicati, andando ad interagire inoltre con la componente calcica secondo la formula[237]:

$$2NaCl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + 2NaOH$$

L'assenza di ClO e NaO dall'analisi EDS sarebbe infine spiegabile per processi di lisciviazione, nel tempo, del cloruro di sodio in seguito all'attività meteorica o, nel complesso, al ridotto grado di salinità dell'acqua impiegata nella produzione delle miscele.

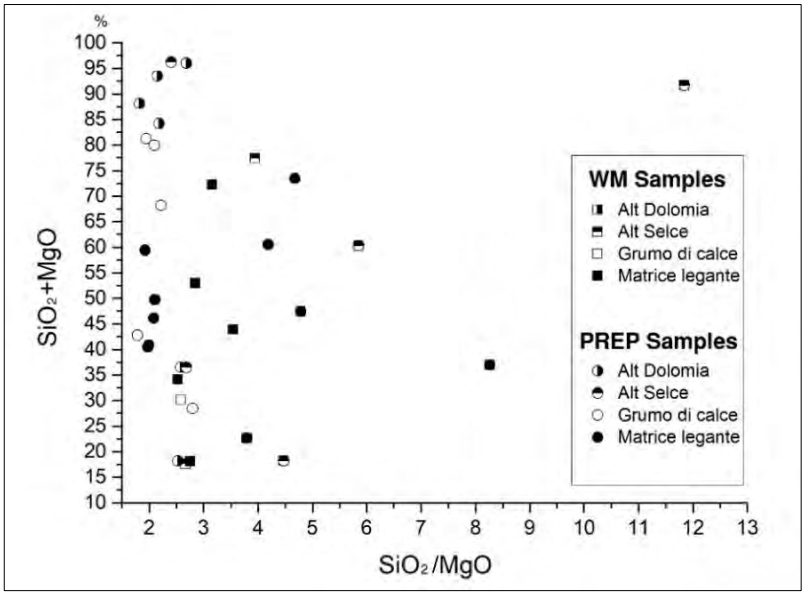


Fig. VI.13 - Analisi EDS puntuali di aree reagite nei campioni di miscele del teatro aquileiese in relazione ai valori di SiO_2 e MgO espressi in %wt. (Legenda: *Alt selce* = selce alterata; *Alt Dolomia* = dolomia de-dolomitizzata).

Non è invece possibile supporre che il processo sia secondario, ossia che sia avvenuto in un momento successivo alla messa in opera per immersione dei composti in un ambiente acquatico ad alto contenuto di sali disciolti, come ipotizzato per altri contesti[238]. Infatti, qualora il portato salino fosse stato determinato da un certo grado di salinità dell'acqua di falda, il fenomeno sopra descritto sarebbe spiegabile per i campioni provenienti dalla platea di fondazione (prelevati da livelli sottostanti il piano di falda) ma non sarebbe dimostrabile per i campioni provenienti dagli allettamenti dei setti murari, collocati ampiamente al di sopra del medio acquifero. È quindi più probabile un impiego diretto di acqua salata al momento di confezionamento delle miscele.

Inoltre, seppur i valori in %wt di SiO_2 si mantengano sempre maggiori rispetto a quelli di MgO, soprattutto nei campioni provenienti dai livelli della massicciata preparatoria (COM_PREP_1, 11, 12), il rapporto SiO_2/MgO in %wt appare assumere rapporti compresi tra 1.9 e 2.6 (Fig. VI.13)[239].

[235] KATAYAMA 2010; GÓRALCZYK 2012.
[236] KARIM, JAHANGIR, HOQUE 2017.
[237] KARIM, JAHANGIR, HOQUE 2017, p. 8.
[238] JACKSON *et alii* 2017.
[239] Non si considerano in questo caso i campioni contenenti frammenti e polvere fittile (COM_PREP_13, 13B, 14) dove i rapporti SiO_2/MgO appaiono notevolmente alterati a causa del contributo della componente fittile stessa.

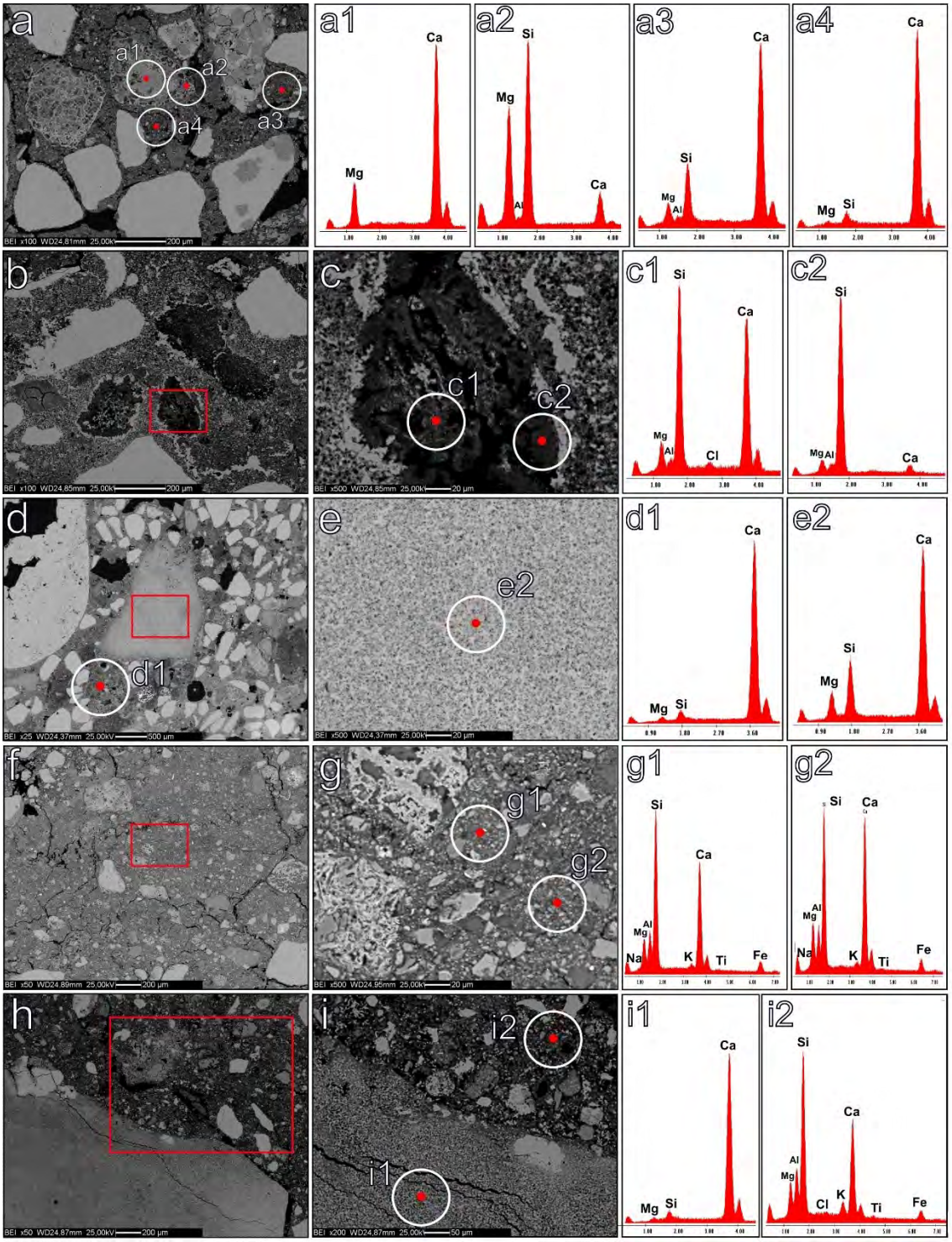


Fig. VI.14 – Analisi SEM-EDS. Acquisizioni a elettroni retrodiffusi (BSE). a) COM_WM_3, clasti di dolomia in via di dedolomitizzazione; a1) microanalisi EDS di un relitto di dolomia non alterato; a2) microanalisi EDS di dolomia dedolomitizzata nell'area di interfaccia con la matrice legante; a3) microanalisi EDS della matrice legante a componente carbonatica e silico-magnesiaca; a4) microanalisi EDS di noduli di puro carbonato calcico nella matrice legante; b) COM_PREP_11, clasti di selce alterati; c) ingrandimento dell'area evidenziata nella fig. b; c1) microanalisi EDS di una clasto di selce fortemente alterato con infiltrazioni calcaree (selce con noduli carbonatici); c2) microanalisi EDS di un relitto di selce minimamente alterato; d) COM_PREP_12, grumo di legante non alterato; e) ingrandimento area evidenziata in fig. d; d1) microanalisi EDS di area di matrice legante prossima al grumo di legante; e2) microanalisi EDS del nucleo del grumo di legante; f) campione COM_PREP_13B, area di matrice legante; g) ingrandimento dell'area evidenziata nella fig. e; g1) microanalisi EDS della matrice legante; g2) microanalisi EDS della matrice legante; h) COM_PREP_14, esteso grumo di legante (sx) e area di matrice dx); ingrandimento dell'area evidenziata nella fig. h; i1) microanalisi EDS di un grumo di legante non miscelata; i2) microanalisi EDS di area di matrice legante.

Di contro, nei campioni riferibili all'alzato (COM_WM_3, 8), la componente silicatica appare preponderante, con rapporti SiO_2/MgO in %wt variabili, a dimostrazione di meno accentuati fenomeni di de-dolomitizzazione e, nel complesso, di un processo meno stabilizzato. È quindi probabile che anche una leggera salinità dell'acqua di falda moderna abbia influito nei processi secondari di de-dolomitizzazione, determinando, col tempo, una stabilizzazione stechiometrica del rapporto SiO_2/MgO nei campioni provenienti dalla massicciata dell'*ima cavea*[240].

Inoltre, i processi di diffusione di ioni silicatici e magnesiaci nei composti sembrano non essere direttamente correlati con la presenza di CaO nel sistema, come dimostrato dalla costanza nei rapporti SiO_2/MgO rispetto ai valori SiO_2 + MgO (fig. VI.14). Si dimostra quindi l'ipotesi dell'occorrenza di una soluzione solida (gel) silicatico-magnesiaca prevalentemente amorfa ma stabile, diffusamente permeatasi nelle matrici e non entrata particolarmente in reazione con la componente calcica. Di conseguenza, per ciò che riguarda i prodotti di natura pozzolanica, seppur le percentuali considerevoli in SiO_2 (comprese tra 30-35%) e MgO (comprese tra 14-16%) nelle matrici, determinino, soprattutto nei campioni dalla massicciata di fondazione, un *CI index* > 1.1 compatibile per malte idrauliche[241], non è possibile dimostrare l'occorrenza di fasi pozzolaniche reagite con la formazione di silicati di calcio idrati (C-S-H) cristallini, che non sono stati evidenziati neppure in seguito ad analisi XRPD-*bulk* e XRPD-*binder*.

Le uniche miscele che risultano possedere caratteristiche pozzolaniche sono i campioni COM_PREP_13, 13B e 14. L'analisi EDS della matrice legante del campione COM_PREP_13B ha restituito elevati tenori di SiO_2 (46,95 - 50,21 %), Al_2O_3 (11,70 -15,17 %) e FeO (4,84 - 6,22 %) associati alla frazione carbonatica (CaO = 22,97 - 15,17 %) e magnesiaca (MgO = 10,03 - 6,73 %) che sono sicuramente da ricondurre a fasi idrate (fig. VI.13, f-g). Il *CI index* > 4.0 è caratteristico di malte eminentemente idrauliche[242]. Pure nel campione COM_PREP_14 sono presenti aliquote di ossidi di silicio, alluminio e magnesio (Fig. VI.13, h-i), che è tuttavia più arduo associare esclusivamente alla frazione fittile, se non anche alla componente argillosa non termicamente alterata[243]. Il *CI index* nelle aree di matrice > 5.0 non deve essere quindi considerato come indicativo delle caratteristiche pozzolaniche del composto, che sono state adeguatamente quantificate esclusivamente tramite analisi XRPD.

Difficile è infine stabilire, per tutti i campioni, la natura chimica del legante. L'elevata permeazione di gel silico-magnesiaci nei composti ne rende infatti arduo il riconoscimento della natura chimica. Solo in taluni casi è stato possibile verificare la sostanziale purezza della pietra da calce impiegata nella produzione delle miscele (fig. VI.13, d-e). Tuttavia, l'elevata contaminazione dei campioni, a seguito di fenomeni di reazione secondaria sopra esposti, non consente di dimostrare l'impiego esclusivo di calcari puri quali pietra da calce e non si può escludere a priori la calcinazione di altri litotipi (calcari selciferi? dolomie?), documentati tramite analisi petrografiche tra i clasti di aggregato.

2.6 - CONTESTUALIZZAZIONE ARCHEOLOGICA DEI DATI ANALITICI E ANALISI DELLE FASI DI CANTIERE

Tutte le analisi archeometriche condotte sui campioni prelevati dal sito del teatro aquileiese sono state contestualizzate con le fasi di costruzione e di restauro dell'edificio e strutture adiacenti.

Fase I. Le analisi sui campioni afferenti alla fase di costruzione del teatro hanno permesso di confermare, a supporto dei dati di scavo, come l'intera fabbrica architettonica sia il prodotto di un progetto costruttivo organico e ben definito. Tutte le strutture murarie finora messe in luce, pertinenti al settore della cavea, sono realizzate con la medesima tecnica: sia i setti radiali

[240] Ipotesi da valutare che non può essere, ad oggi, dimostrata.
[241] BOYNTON 1980, pp. 274-275; BANFILL, FORSTER 1999, p. 177.
[242] BOYNTON 1980, pp. 274-275; BANFILL, FORSTER 1999, p. 177.
[243] CARÒ, RICCIARDI MAZZILLI, SAVINI 2008, p. 95; CRISCI *et alii* 2004, pp. 265-266.

che il muro curvilineo possono ascriversi al tipo F11/A4 indicativo di strutture messe in opera fuori terra e realizzate, sia in fondazione che in alzato, con doppio paramento in conci grossolanamente squadrati disposti per filari (tab. VI.5)[244]. Il nucleo in *opus caementicium* risulta allettato per livelli solo nel setto murario di larghezza maggiore (radiale di fondo della cavea), mentre è gettato nei setti di larghezza inferiore (radiali interni e muratura curvilinea). Tutte le strutture sono messe in opera tramite l'impiego di miscele afferenti al GR 1. Non si osserva alcuna modificazione composizionale dei materiali cementizi sia per ciò che concerne la funzione che in base alla posizione nelle strutture. Tutti i campioni, siano essi prelevati da fondazione, alzato, paramento o nucleo interno risultano tra loro omogenei. Anche la tamponatura dell'apertura presso il limite nord del muro curvilineo (fig. VI.5, b), è legata da un composto (fig. VI.6, b) appieno rientrante tra quelli del GR 1 (fig. VI.7, a). Tale apertura risparmiata nel setto murario era probabilmente funzionale ad operazioni di cantiere[245], e venne quindi molto probabilmente chiusa in un momento non di molto successivo alla fase di costruzione dell'edificio o, più probabilmente, contestualmente alle fasi di edificazione stesse.

Come già detto, la medesima miscela che troviamo applicata nelle strutture murarie venne impiegata pure per la realizzazione della massicciata di fondazione dell'*ima cavea* (fig. VI.7, a). In questo caso, così come osservato nei nuclei murari, alla miscela originaria vennero aggiunti grossolani scapoli lapidei o schegge (fig. VI.5, c), gettati o talvolta più accuratamente allettati direttamente sul luogo di impiego, secondo la normale modalità di produzione dell'*opus caementicium*[246]. La massicciata non sembra essere stata particolarmente pressata tramite mazzeranghe dopo la messa in opera, data la presenza di diffusissimi vuoti e cavità[247]. Inoltre, come anche macroscopicamente constatato dall'osservazione diretta del carotaggio S1 (2017) (fig. VI.5, e-f)[248], l'*opus caementicium* costituente la massicciata di fondazione dell'*ima* cavea risulta tuttavia messo in opera meno accuratamente rispetto a quello impiegato nei nuclei dei setti murari. Le analisi OM hanno infatti permesso di distinguere il sottogruppo GR 1b, per l'evidenza di tracce fini di natura argillosa che ritroviamo, con le analisi XRPD, negli elevati tenori di amorfo e smectite restituiti dai campioni COM_PREP_1, COM_PREP_12 e, in parte, COM_PREP_9 (tab. VI.8). L'impiego di argilla smectitica non sembra conferire ai composti alcuna qualità pozzolanica e, non essendo presente in maniera sistematica nei diversi campioni della massicciata di fondazione, non sembrerebbe essere indicativa di un'applicazione intenzionale, come invece osservato altrove[249]. Infatti, alcuni campioni risultano molto più depurati, con aliquote di amorfo particolarmente ridotte (COM_PREP_8, 11). È quindi probabile che schegge e scapoli lapidei misti a terra, probabilmente per fini "smagranti", fossero mischiati, in maniera non sistematica, alla miscela originaria, man mano che la costruzione procedeva. Ciò andrebbe a spiegare questa parziale "impurità" osservata per alcuni campioni e non riscontrata in altri, che rientrano perfettamente all'interno del GR 1.

Sì è inoltre dimostrato l'uso di acqua salata o salmastra nella produzione delle miscele impiegate in tutti gli elementi strutturali della cavea teatrale. I fenomeni di alterazione della selce e della dolomia sono evidenti non solo nei livelli di fondazione ma anche nelle miscele dell'alzato, collocate a quote ampiamente superiori rispetto ai livelli superficiali della falda acquifera. Ciò conferma quindi che i fenomeni sopra descritti non possano essere ascritti (o non

[244] Cfr. *supra*. §2.3.

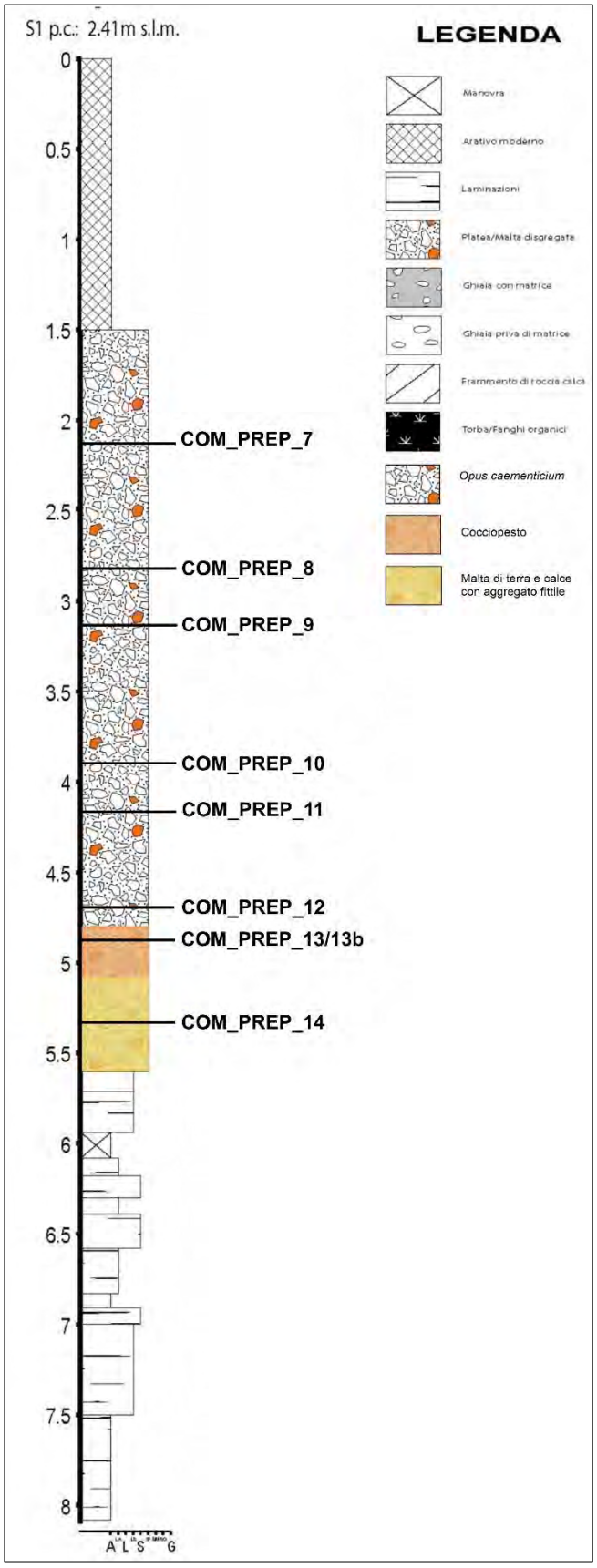
[245] È stato ipotizzato che agevolasse lo spostamento di materiali e persone tra i corridoi curvilinei sottostanti la *media* e *summa* cavea (cfr. GHIOTTO *et alii* 2018, p. 8; GHIOTTO 2018, p. 253).

[246] Nell'*opus caementicium*, i *caementa* maggiori, sciolti, erano messi in opera per livelli direttamente nel luogo di impiego su un letto di malta o di calcestruzzo (GINOUVÈS, MARTIN 1985, pp. 51-52). Come osservato da J. DeLaine, spesso per le fondazioni di strutture imponenti a Roma, i *caementa* di grosse dimensioni erano gettati o allettati per livelli nella miscela, preparata a parte (DELAINE 1997, p. 135 e nota 6).

[247] Il composto non è quindi descrivibile come "struttura cementizia calcata" (GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 52).

[248] NICOSIA 2017, p. 4.

[249] È questo il caso delle malte prelevate dalle strutture del *castrum* tardoantico del complesso di Torba a Castelseprio (cfr. ADDIS *et alii* 2016, p. 670).



siano esclusivamente ascrivibili) ad alterazioni secondarie dovute ad una componente salina nell'acqua di falda moderna[250].

Rispetto a tutte le miscele prima descritte, solo la porzione inferiore della massicciata di fondazione dell'*ima cavea* era realizzata con tecnica differente (fig. VI.15). Al di sopra di una stesura basale, posta tra quota -3,12 e -2,83 m s.l.m., di un composto di malta di terra e calce a cui sono stati aggiunti grossolano rottame e polvere fittile (COM_PREP_14), era allettato, tra quota -2,83 e -2,58 m s.l.m., uno strato di cocciopesto rosato (COM_PREP_13, 13B), omogeneamente miscelato, dello spessore di circa 25-30 cm (un piede romano circa)[251]. Risulta chiaro come entrambe le stesure fossero state predisposte in qualche modo al fine di impermeabilizzare dall'umidità del sottosuolo la soprastate struttura di *opus caementicium*, realizzata con miscele che, come dimostrato dai risultati delle analisi XRPD e SEM-EDS, possono considerarsi del tutto aeree. Nei campioni COM_PREP_13B e COM_PREP_14 vi è ricorrenza di fasi pozzolaniche di neoformazione (AFm) che conferiscono moderate proprietà idrauliche (tab. VI.8, VI.9). Nel complesso quindi, ad un livello basale in malta di terra debolmente pozzolanica, composta con argilla, calce e frammenti fittili, era sovrapposta una stesura in cocciopesto, ben miscelata ed omogeneamente allettata.

La necessità di predisporre una miscela idraulica esclusivamente tra le quote di -3,19 e -2,58 m s.l.m. lascia ipotizzare che, durante la realizzazione del cavo di fondazione della massicciata cementizia, fossero state intercettate stratificazioni umide con affioramenti di acqua

Fig. VI.15 - Log stratigrafico del carotaggio S1-2017 con riferimento alle aree di prelievo dei campioni di miscela legante (modificato da NICOSIA 2017, figura a p. 3).

[250] Cfr. paragrafo analisi SEM-EDS.
[251] GHIOTTO 2018, p. 253.

sotterranea da ricondurre, con le adeguate precauzioni, ai livelli superficiali di una falda acquifera antica, che risulterebbero quindi collocati – in un periodo circoscrivibile all'età alto-imperiale – a quote medie di ben oltre 2,5 m inferiori rispetto ad oggi[252]. Tuttavia, non abbiamo ulteriori dati analitici (geomorfologici, archeobotanici etc.) a supporto di tale ipotesi e restano, ad oggi, ancora ignote le quote medie della falda di epoca romana per l'area in oggetto. Seppur sia stato dimostrato un rialzo del medio mare, di almeno 140/120 cm rispetto all'età romana[253], il dato non deve essere tenuto come indicativo delle quote di falda, non – o non del tutto – vincolate alle quote marine[254].

Va comunque evidenziato come, dai carotaggi effettuati nel vicino anfiteatro aquileiese[255], datato ad età claudia e quindi indicativamente affine al teatro, si è potuto constate come la platea di fondazione della cavea anfiteatrale fosse realizzata con composti in malta di terra e rottame fittile (BRU_PREP_14, 15) distribuiti esclusivamente sul fondo tra quota -2,45 e -2,19 m s.l.m., mentre tutta la porzione superiore della struttura era in *opus caementicium* ad elevata frazione terrigena[256]. Considerato come, nelle fondazioni di entrambi gli edifici da spettacolo, ritroviamo impiegate queste miscele "impermeabilizzanti" a quote affini[257], l'ipotesi che livelli superficiali di una comune falda acquifera fossero stati intercettati durante gli sbancamenti per i cavi di fondazione diventa più concreta. Inoltre, seppur non sia possibile determinare le modalità di realizzazione del cavo di fondazione (in cavo libero?, in cavo armato?[258]), la composizione dell'*opus caementicium* impiegato non sembra essere compatibile con una miscela idraulica che possa far presa in ambiente acquatico. Ne deriva che, al momento della costruzione, non possono essere state intercettate stratificazioni particolarmente imbibite, se non nelle quote più profonde raggiunte. Non si può tuttavia del tutto escludere l'impiego massiccio di pompe idrauliche per l'aspirazione dell'acqua[259] (di cui, tuttavia, non ci è giunta alcuna evidenza archeologica in fase di scavo) o l'impiego di cassoni a doppia paratia con intercapedine coibentata con argilla, più comunemente addottati nella costruzione di moli, nei casi in cui non si disponga di materiali pozzolanici[260].

La necessità di predisporre stesure con funzione "isolante" dall'umidità del sottosuolo solo a determinate quote delle platee di fondazione appare, comunque, come un espediente particolare, per cui sarà necessario ricercare maggiori confronti in futuro[261].

A prescindere da questa argomentazione tecnica, la sostanziale organicità planimetrico-edilizia del teatro aquileiese concorda con la perfetta omogeneità composizionale delle miscele del GR 1/1b, che risultano, anche a visione macroscopica, tenaci e di buona fattura. Seppur non

---

[252] I livelli superficiali della falda moderna nell'area del teatro sono stati misurati, nell'estate 2018 (agosto), a quota 0,80 m s.l.m. (cfr. NICOSIA, POLISCA 2018a, p. 5). Questi sono i livelli minimi, che raggiungono quote anche più elevate durante la stagione invernale/primaverile.

[253] La dimostrazione è data dall'elevato tasso di corrosione dei pali di rettificazione della sponda del Canale Anfora, in zone dei tronchi generalmente collocate nella zona di interfaccia tra l'ambiente marino e quello aereo (GADDI 2017, pp. 23-26). Ciò sarebbe affine con quanto documentato in generale per la fascia costiera adriatica (ANTONIOLI *et alii* 2009). Recenti indagini sulla vicina area di Grado (UD) hanno permesso di constatare un rialzo del l.m.m. tra età antica e moderna ancora maggiore (circa 1,70 m) con abbassamenti di circa 0,35 mm/anno dovuti esclusivamente a fenomeni di subsidenza locale che hanno determinano un complessivo abbassamento dei piani di calpestio, tra il I sec. d.C. ed oggi, di circa 70 cm (MAROCCO 2004).

[254] L'evidenza di noduli di carbonato in alcuni livelli limosi riscontrati nel carotaggio S3-2018 tra le quote relative di -7 m/-2,5 m (in quote assolute: -4,39 m s.l.m./+0,36 m s.l.m.) sono stati attribuiti a progressive oscillazioni della falda acquifera (NICOSIA, POLISCA 2018a, p. 8).

[255] Cfr. §3.

[256] DILARIA, SECCO 2018, pp. 185-186; Cfr. inoltre §. 3.

[257] 0,40 m circa è la differenza in quota tra la superfice del livello da cui proviene il campione COM_PREP_13 (-2,58 m s.l.m.) e del livello da cui proviene il campione BRU_PREP_14 (-2,19 m s.l.m.).

[258] Sulle modalità di realizzazione dei cavi di fondazione cfr. GIULIANI 2006, pp. 170-172; si veda a riguardo come nelle fondazioni dell'anfiteatro (MATTEINI 2004, p. 37) e del teatro (SACCHI *et alii* 2011, p. 3, 6; SACCHI 2007, p. 231) di Milano, il cavo fondazionale era stato armato tramite assiti lignei.

[259] L'utilizzo di pompe idrauliche è attestato in cantieri romani a Milano (cfr. ANTICO GALLINA 2004).

[260] GIULIANI 2006, pp. 173-175, da VITR. *De arch*., V, 12, 5.

[261] Cfr. cista le platee di fondazione in nord-italia di grandi edifici per spettacoli di età romana Cap. 8, §3.1.

siano ancora state eseguite analisi sui tempi/costi di produzione dell'edificio e sull'entità, in termini volumetrici, dei materiali da costruzione in esso impiegati, risulta cionondimeno chiaro come la fabbrica architettonica del teatro (o perlomeno della sua cavea) sia esito di un progetto ben coordinato nelle singole fasi costruttive: l'assortimento dell'aggregato litico, composizionalmente e dimensionalmente omogeneo in tutte le miscele strutturali della cavea, implica la scelta di un'unica, estesa, area di approvvigionamento, probabilmente da ricercare nei depositi fluviali di Isonzo e Natisone/Torre, compatibili, per ciò che concerne aspetti petrografico-mineralogici di sabbie e ghiaie[262], con i clasti presenti nelle miscele del GR 1/1b. In particolar modo l'aggregato appare ben assortito e, seppur largamente impiegato ad Aquileia nella produzione di miscele leganti, il suo utilizzo nelle miscele a funzione strutturale e di allettamento non trova confronto con i precetti tramandati dalla trattatistica tecnica del periodo[263].

Anche i rapporti proporzionali L/A tendenzialmente uniformi, non dimostrano alcuna variazione nelle "ricette" ma altresì rispecchiano un alto grado di "standardizzazione" nella preparazione delle miscele leganti "non-specializzate"[264], ossia quelle applicate per strutture ed elementi architettonici che non richiedevano la predisposizione di miscele "specializzate", come possono essere quelle a funzione impermeabilizzante, che ritroviamo applicate infatti esclusivamente laddove necessario.

Per quanto concerne il legante, seppur non sia chiaramente dimostrabile la tipologia di pietra impiegata per la produzione di calce (calcari puri? calcari selciferi? dolomie?), si può immaginare che sia stata reimpiegata per la calcinazione una varietà ampia di litotipi, quali scarti di lavorazione di rocce carbonatiche o marmi, originariamente utilizzate a scopo costruttivo (elementi strutturali, smagranti di *opus cementicium*) o decorativo. Ciò avrebbe agevolato inoltre lo smaltimento dei materiali di risulta[265].

I risultati delle analisi chimiche e microstrutturali aprono anche ad interessanti riflessioni circa le modalità di rifornimento dell'acqua impiegata nella produzione delle miscele. È chiaro che una costruzione delle dimensioni di un edificio teatrale abbia necessitato di un rifornimento costante e continuo di acqua, per utilizzi anche differenti da quelli indirizzati alla sola produzione di materiali cementizi. Dalla fig. VI.16 si può notare come, diversamente da tanti altri contesti aquileiesi prossimi al corso del *Natiso Cum Turro*, il bacino acquifero di una certa rilevanza più vicino all'area dove sorse il teatro aquileiese risulti essere il Canale Anfora. Riconosciuto in una delle *fossae* di bonifica citate di Vitruvio[266], il Canale Anfora, probabilmente già attivo dai primi anni di vita della colonia[267], metteva in comunicazione la città di Aquileia con la laguna di Marano e quindi col mare. Le sue acque erano, dunque, salmastre, come dimostrato non solo dal riconoscimento di fenomeni di alterazione chimico-mineralogica dovuti ai sali disciolti in acqua osservati sulle superfici di frammenti ceramici recuperati nel corso dello scavo del canale[268]; anche le faune marine-paraliche rinvenute sul fondale dell'alveo dell'Anfora risultano essere tipiche di ambienti con acqua salata circolante[269].

---

[262] GAZZI *et alii* 1973, pp. 7, 10-13, fig. 11, p. 16, tab. 1a, p. 28; MAROCCO 2009, pp. 73-74.

[263] VITR. *De arch*. II, 5, 1; PLIN. *Nat. Hist*. XXXVI, 174-175.

[264] Una situazione simile a quanto documentato per il teatro aquileiese è stata riscontrata nell'ambito della costruzione di altre opere pubbliche quali il Trofeo di Augusto a La Turbie (Alpe Marittime, Francia). Seppur lo studio sia finora limitato all'analisi di soli 14 campioni di miscele leganti, prelevati da punti posti a quote tra i 5 e i 15 m dal basamento di fondo della porzione centrale del podio cilindrico della struttura (BINNINGER 2008), è stata rilevata una sostanziale omogeneità nella preparazione dell'*opus caementicium* (BINNINGER 2008, pp. 96-98). Considerata l'entità volumetrica della struttura, il perfetto rispetto della "ricetta" originaria testimonia un'ottima gestione dell'approvvigionamento delle materie prime, della messa in opera delle miscele e, quindi, una buona conoscenza delle risorse del territorio (COUTELAS 2012, p. 141).

[265] BINNINGER 2008, p. 104.

[266] VITR., *De arch*. I, 4, 11.

[267] Cfr. Cap, 2, §2.3.

[268] SECCO *et alii* 2011.

[269] MAROCCO, MELIS 2018, in particolare p. 39.

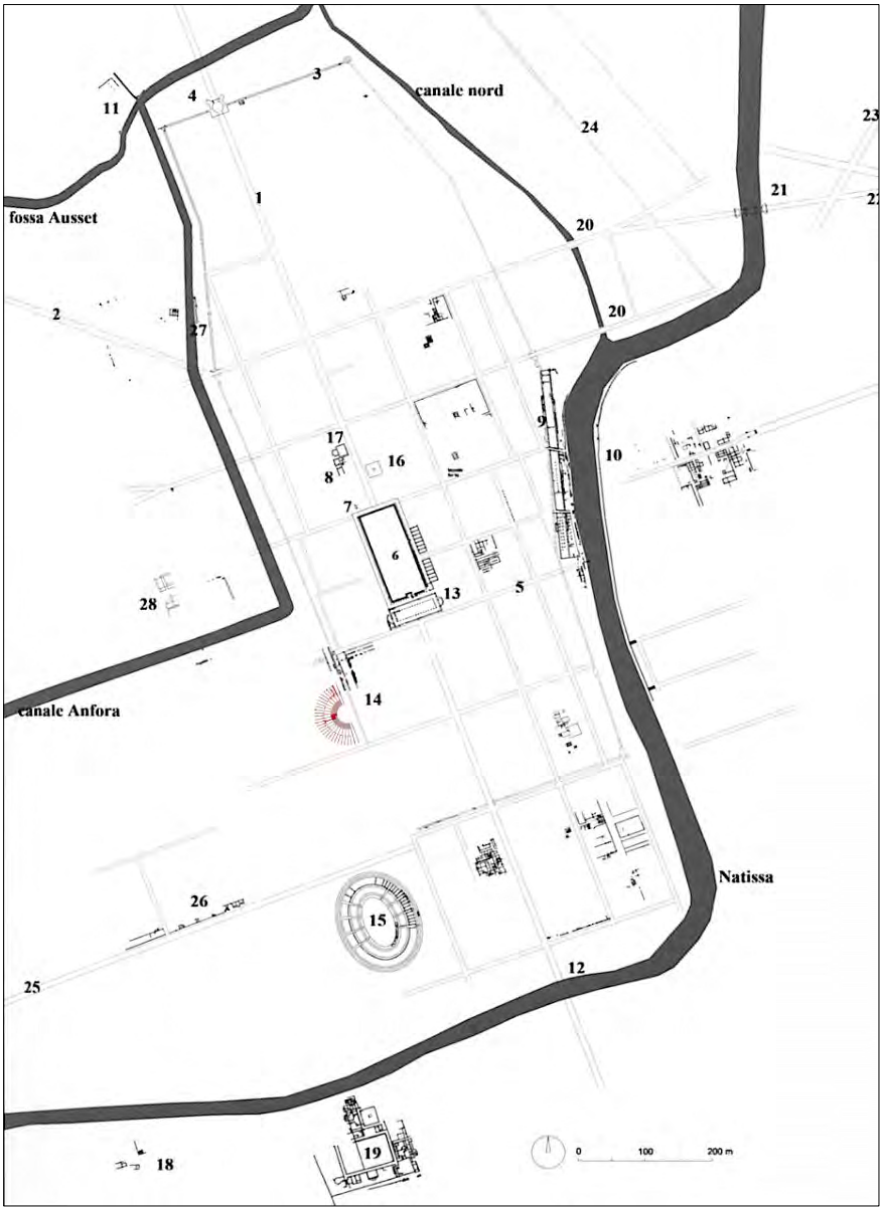


Fig. VI.16 – Aquileia, pianta della città nel III sec. d.C.: 14 cavea del teatro (da GHIOTTO 2018, p. 259, fig. 176).

In alternativa, acqua salmastra poteva essere attinta dai diversi acquitrini e dalle zone paludose presenti nel settore sud-occidentale della città prossimo all'area su cui sorge il teatro, tanto che la zona stessa conserva ancor oggi il toponimo di "Marignane"[270].

Plausibile risulta quindi l'ipotesi che il Canale Anfora, o le aree paludose delle Marignane, fossero state percepite come la risorsa idrica più vicina a cui attingere l'acqua necessaria all'attività edilizia. Risulta invece improbabile che i due pozzi individuati in prossimità del teatro potessero essere impiegati a tal scopo[271]. A prescindere dall'ubicazione specifica della fonte d'acqua, i fenomeni di de-dolomitizzazione e di dissoluzione delle selci, evidenti sia in campioni prelevati dai livelli più profondi della massicciata di fondazione che in quelli provenienti dall'alzato dei setti radiali, depongono a favore dell'ipotesi dello sfruttamento, per l'intera durata del cantiere edilizio, di un comune bacino idrico con acqua salmastra.

Concludendo, non essendo evidenti sostanziali modificazioni, nel corso dell'attività costruttiva, dei parametri sopra esposti per ciò che concerne gli aspetti composizionali delle miscele leganti, sembrerebbe plausibile supporre che la costruzione del teatro (o perlomeno della

[270] Cfr. Cap. 2, §2.3.

[271] PREVIATO 2015, p. 333 e nota 303. Purtroppo, di tali pozzi, rinvenuti in occasione di scavi di L. Bertacchi, non possediamo alcuna informazione circa conformazione, dimensioni e cronologia di costruzione/defunzionalizzazione.

sua cavea) fosse stata condotta in tempi ragionevolmente brevi[272], tanto che non sembrano intravvedersi, in seguito allo studio dei materiali cementizi, quelle problematiche che spesso affliggono i cantieri di grandi opere pubbliche di età antica[273].

Fase II. Pochi sono i dati circa le fasi successive alla costruzione dell'edificio per spettacoli. Le malte dei piani di calpestio esterni al teatro sono chiaramente distinguibili da quelle pertinenti alla fabbrica architettonica. Anche tra loro queste pavimentazioni appaiono dissimili, in quanto quella più profonda è realizzata con una malta di calce ad aggregato molto classato. La più tarda, invece, si compone di una grossolana malta di terra e calce, pressata, che include grossolani frammenti litici e fittili in un impasto, nel complesso, non accuratamente predisposto.

[272] BINNINGER 2008, p. 102.

[273] Si veda, ad esempio, come nell'esteso cantiere delle Terme di Vieil-Evreux in Normandia (GUYARD, BERTAUDIERE, CORMIER, COUTELAS 2008) o nel Santuario d'Allonnes nella Loira (BROUQUIER-REDDÉ, GRUEL 2004), l'utilizzo di materiali da costruzione dimensionalmente e composizionalmente differenti (in particolare laterizi e miscele leganti) in diversi settori delle fabbriche architettoniche, abbia favorito il riconoscimento di una serie di pause dell'attività edilizia, che sono sicuramente comprensibili, per problemi di diversa natura (giuridici, economico-finanziari etc.), in cantieri edilizi di edifici monumentali particolarmente estesi. Il prolungarsi nel tempo dell'attività costruttiva avrebbe determinato quindi, per forza di cose, il mutamento delle zone di approvvigionamento delle materie prime, delle maestranze o addirittura, delle stesse committenze (COUTELAS 2012, in part. pp. 141-143; COUTELAS 2011, pp. 140-144).

3 - ANFITEATRO

3.1 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E STORIA DELLE RICERCHE

Perlomeno già dal 1734 era noto che, nell'area compresa tra l'attuale Via 24 Maggio e il fondo Brunner, erano state rinvenute imponenti strutture di un edificio di età antica. Le prime ricerche sistematiche avvennero però solo nel 1816-1818, in occasione di sondaggi condotti da Girolamo De' Moschettini in terreni all'epoca di sua proprietà, che misero in luce resti di strutture che si ritennero essere dapprima l'anfiteatro, e poi un complesso termale[274].

Indagini sistematiche condotte da G. Maionica tra 1891 e 1903-1904 permisero di mettere in luce resti monumentali nella porzione orientale dell'edificio che, in virtù di una serie di fotografie (fig. VI.17) ed una prima planimetria ben localizzata nel catasto aquileiese, fu nuovamente riconosciuto come l'anfiteatro urbano. Sulla base delle evidenze di scavo, si ricostruirono quindi per la prima volta le dimensioni dell'edificio, che scavi recenti sembrano confermare in buona misura[275].



Fig. VI.17 - Aquileia, anfiteatro. Scavi di Maionica nel settore orientale dell'edificio per spettacoli. In sezione si vedono emergere i pilastri terminali della facciata dell'anfiteatro (Da BASSO 2018a, scheda 15, pp. 52-53).

Ulteriori interventi di scavo si devono a G. Brusin il quale, già forse prima degli anni '30 del Novecento, e poi, sicuramente nel 1934 e nel 1946-1947, avrebbe aperto trincee nella zona dell'arena. Al fine di verificare alcuni aspetti planimetrico-strutturali, con le indagini del 1934 vennero riaperte alcune delle trincee già effettuate dal Maionica, seppur non risulti chiara, da quanto riportato dal Brusin, la collocazione effettiva degli scavi. Gli scavi del 1946-1947 presentano anch'essi problemi di collocazione, ma è probabile supporre fossero stati effettuati nella p.c. 575/4, ubicata, in base al catasto moderno, nella zona occidentale dell'anfiteatro, e nelle p.c. 575/5 e 575/7, ubicate nella zona orientale dell'edificio scenico. In occasione di questi interventi fu possibile constatare, ancora una volta, le profonde violazioni e spoliazioni che l'anfiteatro dovette subire nel corso dei secoli[276].

In seguito alle ricerche del Brusin, non si ebbero ulteriori scavi per tutta la seconda metà del Novecento. Lo studio di sintesi più aggiornato sull'edificio per spettacoli fino a pochi anni fa era a firma di L. Bertacchi; tuttavia, la studiosa non intervenne mai nell'area e, pur conducendo un'ottima rilettura delle indagini condotte tra settecento e novecento, non si era riusciti sciogliere alcuni dubbi circa le tecniche di costruzione e la datazione dell'anfiteatro aquileiese[277].

A sciogliere queste lacune conoscitive hanno sostanzialmente contribuito le indagini dell'Università di Verona, condotte, in collaborazione con la Fondazione Aquileia, tra gli anni

[274] BASSO 2018b, pp. 21-23. I sondaggi misero in luce resti riferibili alla porzione nord-orientale dell'edificio.
[275] BASSO 2018b, pp. 23-25.
[276] BASSO 2018b, pp. 25-27.
[277] BASSO 2018b, p. 27.

2015 e 2017 sotto la direzione di P. Basso. In seguito ad una preliminare ricognizione geofisica[278], gli scavi si sono concentrati nella zona sud-occidentale dell'edificio, all'interno dalla p.c. 583, nell'area demaniale in cui sorge l'edificio comunemente noto come "Stalla Brunner"[279]. Le indagini archeologiche hanno premesso di indagare una porzione limitata dell'ellisse anfiteatrale, ma, nel complesso, rappresentativa della sezione complessiva della fabbrica architettonica, dal piano dell'arena alle pavimentazioni esterne l'edificio scenico.

3.2 - ARTICOLAZIONE PLANIMETRICA E FASI EDILIZIE

Le recenti indagini condotte dall'Università di Verona hanno permesso di sciogliere alcune problematiche relative la cronologia di costruzione dell'anfiteatro e le fasi che ne interessarono la vita.

Periodo I. Nell'area dell'arena dell'anfiteatro e in un settore esterno all'edificio per spettacoli, sono stati intercettati, nel corso degli scavi recenti, livelli e stratificazioni di macerie riferibili a edifici spianati al momento della costruzione. Sono stati infatti rinvenuti lacerti di pavimentazioni musive, materiali ceramici, frammenti di intonaco dipinto e una struttura muraria in schegge lapidee, che dovevano costituire le strutture e decorazioni di abitazioni private di cui non è stato però possibile ricavare alcun ulteriore dato circa estensione, assetto planimetrico e conformazione[280]. Ciononostante, si è compreso come questo quartiere della citta avesse destinazione abitativa nel periodo precedente alla fase di costruzione dell'anfiteatro.

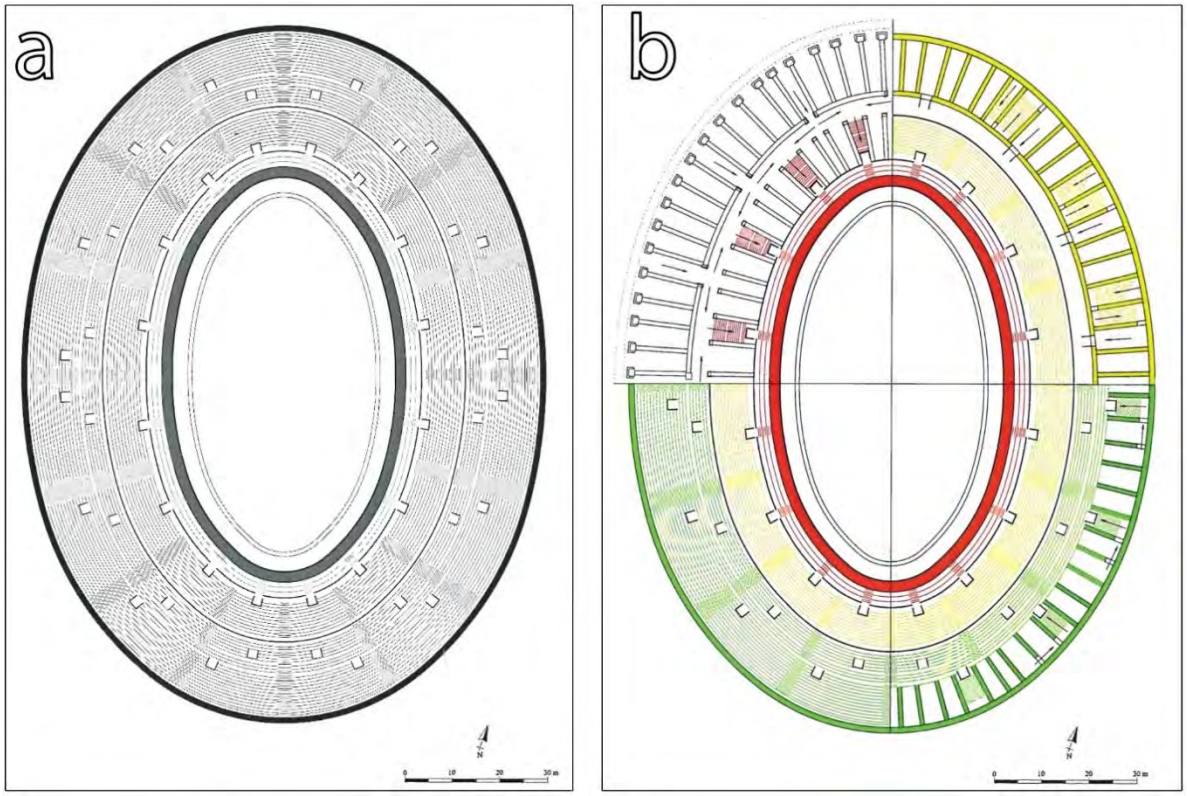


Fig. VI.18 – Aquileia, anfiteatro. a) Pianta ricostruttiva dell'edificio (da SORIANO 2018b, p. 210, fig. 139); b) Pianta ricostruttiva dell'edificio ripartita in quattro con evidenziate le percorrenze interne ai diversi piani. L'ultimo quarto a sx mostra le gradinate esterne della cavea con i *vomitoria* di accesso (da SORIANO 2018b, p. 211, fig. 140).

[278] MASTROCINQUE 2018.
[279] BASSO 2018a.
[280] GRAZIOLI 2018, pp. 85-86, 99.

Periodo II. L'intervento di costruzione dell'edificio determinò il totale asporto, in diverse zone, della stratigrafia archeologica di età precedente. Tutta l'area della cavea venne infatti fondata su una poderosa platea di fondazione realizzata probabilmente entro un ampio cavo[281]. Dal punto di vista planimetrico, l'anfiteatro aquileiese risulta essere un ovale ad otto fuochi realizzato come struttura cava, della lunghezza di 148 m per una larghezza di 112 m, con un'arena delle dimensioni di 78 x 42 m per una superficie complessiva di 13.000 m^2 (solo di poco inferiore per dimensioni all'Arena di Verona)[282]. La cavea anfiteatrale era distinta in tre porzioni corrispondenti, dall'interno verso l'esterno in: podio, *media cavea* e *summa cavea*. Solo il podio era fondato su struttura piena, mentre la *media* e *summa cavea* poggiavano su setti radiali di sostruzione (fig. VI.18). La facciata doveva essere quindi così scandita in 80 arcate, distribuite su un perimetro complessivo di 410 m, e terminava con i pilastri di testata dei setti radiali di sostruzione della *summa cavea*[283]. L'edificio scenico non era quindi dotato di ambulacro anulare esterno, elemento architettonico che caratterizza gli anfiteatri di età flavia o successiva[284].

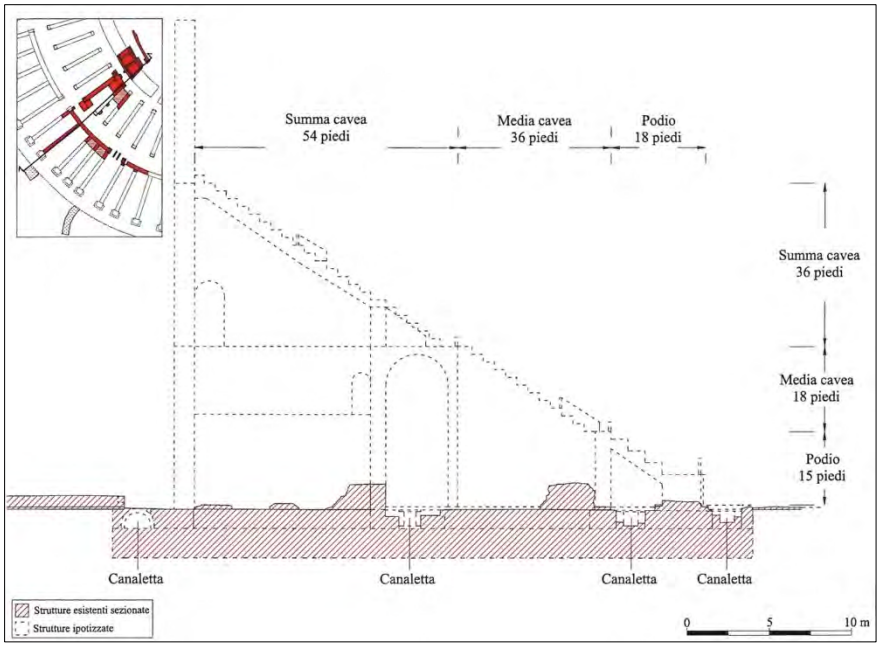


Fig. VI.19 - Aquileia. Anfiteatro. Sezione N-S della cavea; in tratteggio rosso le strutture conservatisi, in tratteggio le ricostruzioni delle porzioni strutturali non conservatisi (da SORIANO 2018b, p. 209, fig. 137).

Si è osservato inoltre come tutto l'impianto planimetrico rispondesse perfettamente a multipli del piede romano. Infatti, il podio aveva lunghezza di 18 piedi (5,33 m), la *media* cavea di 36 piedi (10,66 m) e la *summa* cavea di 54 piedi (15,98 m). Anche l'altezza ricostruita per le diverse porzioni dell'edificio corrisponde a 15 piedi (4,44 m) per il podio, 18 piedi per la *media* cavea (5,33 m) e 36 piedi per la *summa* cavea (10,66 m). Le tre porzioni della cavea erano distinte da tre due corridoi anulari (*praecintiones*), della larghezza di 9 (2,66 m) e 12 piedi (3,55 m), rispettivamente quello interno e quello esterno e disposti rispettivamente tra il podio e la media cavea, e tra la media cavea e la summa cavea (fig. VI.19)[285].

I 16 fornici aperti nella facciata immettevano in altrettanti corridoi radiali che andavano, a loro volta, a dividere la cavea in 16 settori modulari trapezoidali (*cunei*) collocati rispettivamente ogni 5 radiali della *summa* cavea e ogni 4 radiali della *media* cavea; per chi entrava nell'edificio, i corridoi immettevano quindi direttamente nella galleria anulare più esterna da cui si poteva accedere, tramite scale, all'area del podio. Da altri 16 fornici si dipartivano invece

[281] BASSO 2018c, pp. 219-221; GRAZIOLI 2018, p. 69.
[282] BASSO 2018c, pp. 218-219; VERNIZZI 2018.
[283] BASSO 2018c, pp. 224-225; GRAZIOLI 2018, pp. 86-96; SORIANO 2018b, p. 211.
[284] Su questo specifico aspetto cfr. inoltre BASSO 2018d, p. 241.
[285] BASSO 2018c, pp. 227-228; SORIANO 2018b, pp. 207-211.

delle scale che conducevano gli spettatori direttamente ai *vomitoria* della *media* e *summa* cavea[286].

I 4 accessi lungo gli assi centrali dell'anfiteatro introducevano direttamente all'arena. Questa consisteva probabilmente in un'area in terra battuta o sabbia ed era separata dal podio da un muro, rivestito con lastre di pietra modanate[287].

Nel complesso è stato stimato che l'anfiteatro potesse contenere oltre 21000 spettatori[288].

Sulla base del *terminus post quem* fornito dai materiali provenienti dai livelli di distruzione precedenti la costruzione dell'anfiteatro e dalle analisi ^{14}C di frammenti carboniosi provenienti da livelli sottostanti la platea di fondazione e, infine, dall'analisi dei confronti strutturali con altri edifici per spettacoli di area italica e regioni contermini, la costruzione dell'edificio è posta all'età claudia[289].

Periodi III-IV. Entro la seconda metà del IV sec. d.C. alcuni accessi nel settore meridionale dell'edificio vennero chiusi in quanto riempiti dal terrapieno di contraffortamento della cinta tardoantica M2[290]; già dalla seconda metà del IV sec. d.C. iniziarono le prime spoliazioni delle pavimentazioni delle gallerie e dei corridoi[291].

Periodo V. Dalla metà del V sec. d.C., fino agli inizi del VI sec. d.C. avvennero fenomeni di riuso, forse a fini abitativi, degli spazi interposti tra i setti radiali, più volte risistemati e rialzati, come attestato da livelli di accrescimento e riporto di materiale terroso e da piani e focolari, esito dello svolgimento di attività domestiche[292]. Tra gli inizi del VI e la metà del VII sec. d.C. si attesta un progressivo abbandono di queste abitazioni obliterate da livelli organici di colore nero (*dark earths*) indicative di immondezzai domestici[293].

Periodi VI-VII. Dalla seconda metà del VII sec. d.C. iniziarono le spoliazioni più massicce per il recupero di materiale costruttivo che poi si protrassero per secoli, perlomeno fino al X sec. d.C. Analisi calibrate ^{14}C hanno permesso di datare tra VIII e X sec. d.C. la costruzione di una calcara realizzata per la calcinazione *in situ* dei materiali spoliati dalle strutture dell'edificio romano. Le spoliazioni continuarono probabilmente fino all'età moderna[294].

Periodo VIII. In età contemporanea il sito, profondamente intaccato, era ormai totalmente obliterato da livelli terrosi tenuti ad arativo[295].

3.3 - TECNICHE EDILIZIE E MATERIALI DA COSTRUZIONE

3.3.1 - *Le tecniche edilizie*

Per quanto concerne l'anfiteatro, tutta l'area della cavea venne fondata su una poderosa platea di fondazione in *opus caementicium* della profondità di circa 3,30-3,40 m, che è stato possibile indagare solo tramite un carotaggio in profondità (Car. S2)[296]. Su tale platea erano disposte sette corone strutturali ellittiche, che andavano a racchiudere e compartimentare lo spazio

[286] SORIANO 2018b, pp. 211-212.
[287] BASSO 2018c, pp. 224-225.
[288] SORIANO 2018b, pp. 212-213.
[289] BASSO 2018d, p. 241.
[290] BASSO 2018d, p. 249; SORIANO 2018b, pp. 101-102. Sulla cinta muraria tardoantica cfr. Cap. VI, §1.2.2.
[291] SORIANO 2018a, p. 103.
[292] SORIANO 2018a, pp. 103-109.
[293] SORIANO 2018a, p. 109.
[294] SORIANO 2018a, pp. 109-113.
[295] SORIANO 2018a, p. 113.
[296] BASSO 2018c, p. 221; GRAZIOLI 2018, pp. 69-71. Sul carotaggio cfr. NICOSIA, POLISCA 2018b, p. 170, e fig. 102, p. 169.

dell'arena, l'adiacente podio, le fondazioni lineari dei setti radiali e gli spazi interposti tra questi nei cunei. Queste corone erano costituite da pietrame di piccole dimensioni, disposto per livelli molto compatti, ben assestati e allettati su un letto di malta ghiaiosa. Le fondazioni lineari, dello spessore di 0,98-1,08 m nella raggiera interna e di 1,45 nella raggiera esterna, erano invece realizzate con paramento in blocchetti lapidei sbozzati disposti ordinatamente su filari orizzontali e nucleo in *opus caementicium*, secondo una tecnica accostabile alla tipologia F11[297], mentre solo il podio era costruito su una struttura piena in *opus caementicium* gettata tra i setti radiali interni (Fig. VI.20). Tangenti perpendicolarmente alle fondazioni lineari erano degli ulteriori setti murari realizzati con medesima tecnica, che fungevano da raccordo tra le fondazioni, forse al fine di migliorare la resistenza statica dell'edificio[298]. Gli spazi di risulta tra le fondazioni lineari e i setti di raccordo erano riempiti da livelli limo-argillosi giallastri[299].

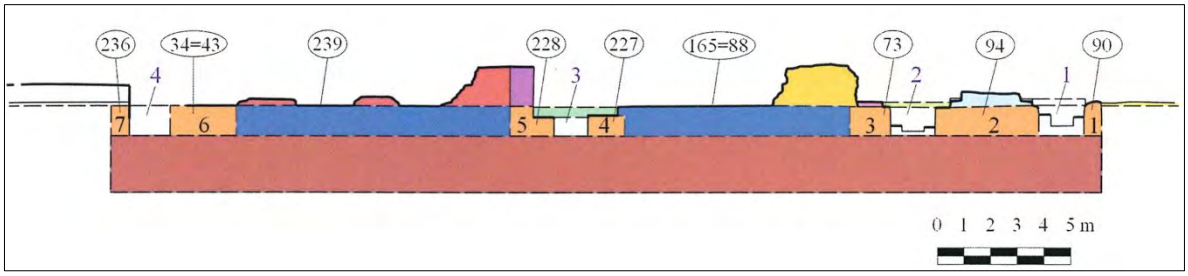


Fig. VI.20 – Aquileia, anfiteatro. Sezione interpretata delle strutture portate in luce. Legenda: *giallo chiaro*: arena; *azzurro*: podio; *verde chiaro*: galleria interna; *giallo scuro*: muro della raggiera interna; *rosa*: pilastro; *verde scuro*: galleria esterna; *viola*: muro ellittico; *rosso*: alzato del muro radiale della raggiera esterna; *grigio*: pavimentazione esterna; *marrone*: platea in *opus caementicium* di fondazione della cavea; *arancione*: fondazioni ellittiche; *blu*: fondazioni radiali; *azzurro chiaro*: condotti ellittici di scarico, numerati da 1 a 4 (Da GRAZIOLI 2018, p. 71, fig. 36).

In alzato erano infine i setti radiali, così come i grandi setti murari anulari che andavano a distinguere le gradinate dell'edificio. Pilastri erano posti alle terminazioni delle murature radiali ed anulari. I setti in alzato erano realizzati alla stessa maniera delle fondazioni[300], ma avevano spessore inferiore (circa 90-95 cm) e presentavano dei ricorsi di sesquipedali con funzione di marcapiano. Gli spazi trapezoidali interposti tra i setti radiali erano spesso occupati da strutture in blocchetti grossolanamente squadrati disposti per assise orizzontali e realizzati sopra terra con sviluppo lineare, che fungevano da supporto alle scale di accesso alle gradinate (fig. VI.21)[301]. Tra i radiali esterni se ne sono osservate due adiacenti, che sono state



Fig. VI.21 - Aquileia, anfiteatro. Panoramica da sud della struttura di sostegno delle gradinate della media cavea, interposta a due setti radiali (da GRAZIOLI 2018, p. 75, fig. 43).

[297] La tecnica F11 non è inserita tra quelle riportate in PREVIATO 2015 e rappresenta una tipologia aggiunta grazie a studi recenti al catalogo dei sistemi edilizi aquileiesi (Previato, comm. pers.).

[298] GRAZIOLI 2018, pp. 69-76; BASSO 2018c, pp. 219-224.

[299] GRAZIOLI 2018, p. 75.

[300] Ascrivibili alla tipologia A4. Cfr. PREVIATO 2015, pp. 279-280.

[301] GRAZIOLI 2018, p. 74-76. I supporti alle gradinate possono essere descritti come "strutture omogenee in blocchetti grossolanamente squadrati disposti per assise orizzontali" (Previato, comm. pers.).

interpretate come supporti di scale contrapposte, collegate tra loro da un piano intermedio, che consentivano la risalita verso la *summa* cavea[302].

Anche le strutture idrauliche di smaltimento dell'acqua erano progettate nel dettaglio. Quattro condotti ellittici di scarico sono stati documentati tra l'arena e l'esterno. Una prima canalizzazione ellittica era ubicata ai piedi del podio, una seconda ed una terza al di sotto delle gallerie ellittiche poste all'interno delle due raggiere di radiali ed una quarta, infine, direttamente all'esterno della facciata dell'edificio. Nelle due canalette più interne, le spallette erano realizzate in laterizi sesquipedali disposti di testa (45 x 30 x 7 cm) allettati su una sottile stesura di miscela legante, per una larghezza complessiva di 1,80 m e di 0,90 m per il solo canale interno (fig. VI.22). Il fondo non è stato documentato a causa della risalita dell'acqua di falda. Il terzo condotto non è stato indagato ma sembra avere dimensioni inferiori rispetto ai primi due (1,30-1,40 m). La canaletta esterna, non scavata nelle indagini recenti, doveva essere invece realizzata, sulla base di un disegno del de' Moschettini, con una copertura a volta a botte in laterizi, forse a sesto ribassato, e doveva avere una larghezza massima di 1,60 m. Oltre alle condotte ellittiche se ne conserva una quarta con andamento radiale, realizzata con medesima tecnica delle prime due menzionate ma di dimensioni inferiori (largh. totale 1,34 m, larghezza del solo condotto: 0,74 m), rinvenuta con ancora la copertura in lastre lapidee *in situ.* Sono stati ipotizzati due sistemi alternativi di smaltimento delle acque tra le diverse condutture, ma è stato chiarito che il deflusso idrico fosse convogliato infine verso l'esterno, come era d'altro canto logico ipotizzare[303].



Fig. VI.22 - Aquileia, anfiteatro. Foto zenitale dell'area interna della cavea. in evidenza, da sx a dx, il primo e il secondo condotto ellittico di scarico delle acque, colmati da acqua di falda moderna (GRAZIOLI 2018, p. 78, fig. 45).

L'arena risulta l'unica porzione dell'anfiteatro realizzata direttamente sugli spianamenti di strutture ed edifici di età precedente; era probabilmente costituita da un piano sabbioso, di cui si conserva la preparazione limo-sabbiosa. Non sono emerse evidenze di strutture ipogee sottostanti il piano dell'arena[304].

Poche sono le informazioni circa le pavimentazioni dell'edificio: la galleria ellittica più interna presenta una pavimentazione in lastre lapidee e laterizi e aveva forse una funzione di servizio; la galleria più esterna era invece pavimentata in lastre litiche ed aveva quindi funzione pubblica. Dei corridoi radiali mettevano in comunicazione le gallerie tra loro e queste con l'area dell'arena. Uno di questi, ubicato al di sotto del podio era pavimentato in laterizi. Procedendo verso l'esterno sono stati individuati altri due corridoi radiali, ai lati della seconda galleria ellittica. Di questi, quello più occidentale era in lastre e laterizi mentre quello più orientale era in terra battuta[305]. Infine, alcune ipotesi permettono di ipotizzare che anche la piazza esterna l'anfiteatro fosse rivestita con lastre in pietra[306].

[302] GRAZIOLI 2018, p. 75; SORIANO 2018b, pp. 210-211.
[303] Sulle condutture idrauliche cfr. BASSO 2018c, pp. 228-230; GRAZIOLI 2018, pp. 76-84.
[304] BASSO 2018c, p. 224; GRAZIOLI 2018, pp. 84-86.
[305] BASSO 2018c, p. 226; GRAZIOLI 2018, pp. 96-99.
[306] GRAZIOLI 2018, p. 100.

3.3.2 - *I materiali*

I materiali litici impiegati a fine costruttivo e decorativo dell'edificio sono stati analizzati non soltanto tramite studio macroscopico ma anche tramite analisi petrografiche su sezioni sottili. Lo studio ha permesso di appurare una sostanziale omogeneità nei materiali utilizzati.

Un determinato litotipo di calcare, forse proveniente dall'area del Carso Isontino, venne impiegato esclusivamente in ambito costruttivo, sia per la realizzazione dei blocchetti costituenti i paramenti di strutture murarie, che, in schegge (probabilmente riuso di scarti), quale materiale costituente l'*opus caementicium*. La pietra d'Aurisina invece appare prevalentemente utilizzata per lastre decorative e modanature, anche se una scheggia (probabilmente reimpiego di scarti di lavorazione) è stata rinvenuta in una struttura interpretata come lacerto di volta in crollo. È inoltre attestato, in un limitato numero di casi, l'impiego di calcari neri di provenienza ignota e di arenaria[307].

L'impiego di laterizi, in genere del tipo sesquipedale padano, è limitato alla realizzazione delle spallette dei condotti idraulici[308], di alcune pavimentazioni quale quella individuata nel corridoio radiale sottoposto al podio[309], e, in ricorsi con funzione di marcapiano, in alcuni setti murari dell'edificio[310].

3.4 - CAMPIONAMENTO

Dal sito dell'anfiteatro aquileiese sono stati prelevati 25 campioni (tab. VI.10; tav. 7), riconducibili a: a) miscele leganti di allettamento di paramenti o nuclei di strutture murarie (WM); b) miscele leganti a stesura orizzontale messe in opera con funzione strutturale o impiegate come supporti preparatori pavimentali (PREP); c) miscele leganti di allettamento di strutture idrauliche, quali canalette e condotti di scarico (CM); d) miscele strutturali di sistemi di copertura, quali le volte (VM).

Le miscele costituenti l'*opus caementicium* della platea di fondazione sono state campionate (BRU_PREP_3, 7, 11, 12, 14, 15, fig. VI.23, e-f), così come quelle impiegate nella "muratura ellittica" di contenimento delle fondazioni lineari del teatro (BRU_WM_14) e nelle fondazioni lineari stesse (BRU_WM_1). Dalla fondazione del muro di chiusura del podio verso l'arena proviene il campione BRU_WM_7.

Sono state campionate anche le miscele impiegate nei paramenti e nuclei degli alzati dei setti radiali della *media cavea* (BRU_WM_2, 4, 5, fig. VI.23, a) e del setto anulare esterno (BRU_WM_11, 12, fig. VI.23, b). Le strutture costituenti le basi delle scale di accesso alle gradinate della cavea sono state campionate in due punti differenti (BRU_WM_6, 13), così come la colata in *opus caementicium* di supporto alle gradinate del podio. La malta di allettamento del setto murario in scaglie lapidee rinvenuto nell'arena e precedente alla costruzione dell'edificio scenico è stata egualmente campionata (BRU_WM_8).

Preparazioni di pavimentazioni sono state campionate in più punti (BRU_PREP_4, 6, 9). Nello specifico, il campione BRU_PREP_4 (Fig. VI.23, d) costituisce la preparazione dei mattoni costituenti la pavimentazione dei passaggi di servizio sottostanti al podio, mentre il campione BRU_PREP_9 proviene dalla preparazione di un cementizio esterno all'edificio[311]. Il campione BRU_PREP_6 proviene da una pavimentazione di un vano di servizio[312].

---

[307] PREVIATO, MAZZOLI 2018.

[308] GRAZIOLI 2018, pp. 76-79. Forse anche la copertura a volta ribassata del condotto anulare esterno era realizzata in laterizi posti di taglio (*ibidem*, p. 81).

[309] GRAZIOLI 2018, p. 96.

[310] GRAZIOLI 2018, p. 93; SORIANO 2018a, p. 108, fig. 80.

[311] GRAZIOLI 2018, p. 99.

[312] GRAZIOLI 2018, p. 98.

Sono stati anche campionati i livelli di allettamento dei mattoni sesquipedali padani costituenti le spallette dei due condotti anulari interni (BRU_CM_1, 2, fig. VI.23, c), e del condotto di raccordo radiale (BRU_CM_3).

Infine, un campione proviene da un lacerto di una struttura, forse voltata (COM_VM_1)[313].

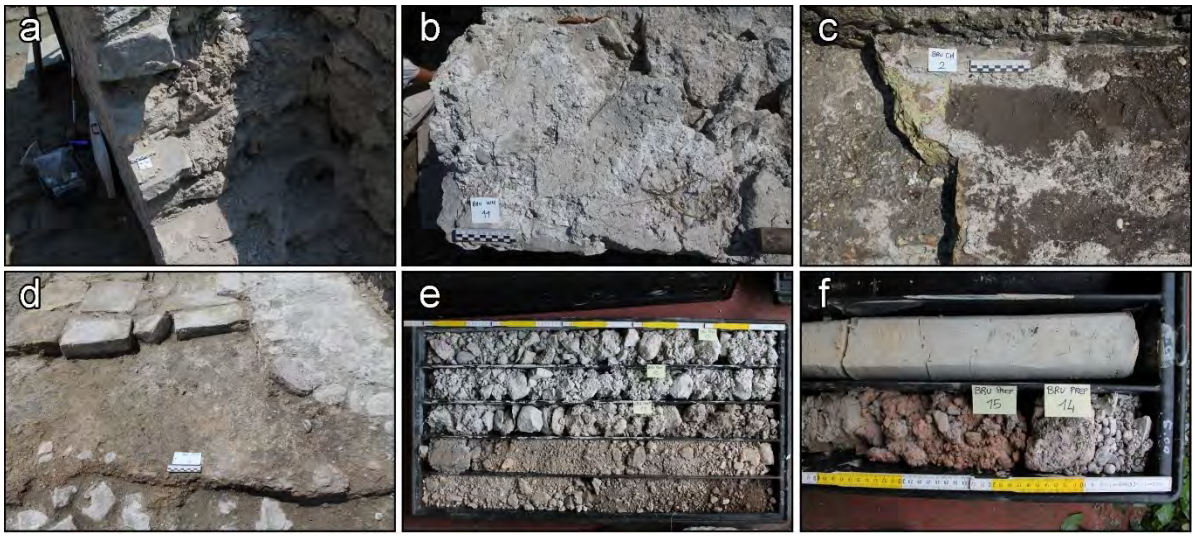


Fig. VI.23 – Aquileia, anfiteatro. Campionamento. a) Alzato del setto radiale della *media cavea* realizzato con sistema A4 (US 63); b) Stesura di allettamento del paramento del muro anulare esterno, realizzato con tecnica A4 (US 57); c) Stesura di allettamento delle spallette della prima canaletta anulare (US 178); d) Preparazione del pavimento in laterizi del corridoio sottostante al podio (US 216); e) Porzione superiore del carotaggio S2 nella platea di fondazione dell'anfiteatro; f) Porzione inferiore del carotaggio S2 nella platea di fondazione dell'anfiteatro.

Campione	US	Funzione	Funzione strutturale			Tipologia	Cronologia
WM samples							
BRU_WM_1	166	allettam.	strut. muraria	fondaz.	paramento in conci squadrati ad assise orizzontali	F11/A4	41-54 d.C.
BRU_WM_2	145	strutturale	strut. muraria	alzato	nucleo in *opus caementicium* (gettato)	F11/A4	41-54 d.C.
BRU_WM_4	63	allettam.	strut. muraria	alzato	paramento in conci squadrati ad assise orizzontali	F11/A4	41-54 d.C.
BRU_WM_5	63	strutturale	strut. muraria	alzato	nucleo in *opus caementicium* (gettato)	F11/A4	41-54 d.C.
BRU_WM_6	64	strutturale	sup. scale	alzato	strutt. omog. in blocchi grossol. squad. disposti per assise orizz.	-	41-54 d.C.
BRU_WM_7	90	strutturale	strut. muraria	fondaz.	nucleo in *opus caementicium* (gettato)	F11/A4	41-54 d.C.
BRU_WM_8	199	allettam.	strut. muraria	alzato(?)	paramento in pietra con occorrenza di laterizi	N.D.	Pre 41 d.C.
BRU_WM_9	170	strutturale	supp. podio	alzato	Nucleo in *opus caementicium* di supporto gradinate del podio	-	41-54 d.C.
BRU_WM_11	57	allettam.	strut. muraria	alzato	paramento in conci squadrati ad assise orizzontali	F11/A4	41-54 d.C.
BRU_WM_12	57	strutturale	strut. muraria	alzato	nucleo in *opus caementicium* (gettato)	F11/A4	41-54 d.C.
BRU_WM_13	80	strutturale	sup. scale	alzato	strutt. omog. in blocchi grossol. squad. disposti per assise orizz.	-	41-54 d.C.
BRU_WM_14	73	allettam.	strut. muraria	fondaz.	struttura muraria della fondazione ellittica	-	41-54 d.C.
PREP Samples							
BRU_PREP_3	198	strutturale	mass. di fondazione		*opus caementicium* (gettato)		41-54 d.C.
BRU_PREP_4	216	strutturale	prep. pavimentale		pavimento in mattonato		41-54 d.C.
BRU_PREP_6	215	strutturale	mass. di fondazione		Piano in malta (?)		?
BRU_PREP_7	241	strutturale	mass. di fondazione		*opus caementicium* (gettato)		41-54 d.C.
BRU_PREP_9	156	strutturale	prep. pavimentale		pavimentazione in cementizio		41-54 d.C.
BRU_PREP_11	S2	strutturale	mass. di fondazione		*opus caementicium* (gettato)		41-54 d.C.
BRU_PREP_12	S2	strutturale	mass. di fondazione		*opus caementicium* (gettato)		41-54 d.C.
BRU_PREP_14	S2	strutturale	mass. di fondazione		*opus caementicium* (gettato)		41-54 d.C.
BRU_PREP_15	S2	strutturale	mass. di fondazione		*opus caementicium* (gettato)		41-54 d.C.
CM Samples							
BRU_CM_1	204	allettam.	canaletta	parete	condotto di scarico ellittico in laterizi		41-54 d.C.
BRU_CM_2	178	allettam.	canaletta	parete	condotto di scarico ellittico in laterizi		41-54 d.C.
BRU_CM_3	201	allettam.	canaletta	parete	condotto di scarico radiale in laterizi		41-54 d.C.
VM Samples							
BRU_VM_1	-	strutturale	volta		*opus caementicium* (gettato)		41-54 d.C.

Tab. VI.10 - Elenco dei campioni analizzati dal sito del teatro aquileiese con relative strutture di provenienza e inquadramento cronologico.

[313] Il lacerto proviene da strati di spoliazione successivi alla defunzionalizzazione dell'anfiteatro quale sede di spettacoli ed attività venatorie. L'attribuzione del blocco ad una volta demolita (forse di copertura di uno dei corridoi o delle scale di accesso alle gradinate) non è quindi affatto certa (DILARIA, SECCO 2018, p. 184, e fig. 114, p. 185).

Prima di procedere alle analisi archeometriche, i campioni sono stati tagliati tramite troncatrice con lama diamantata (fig. VI.24) e ne è stato effettuato un preliminare studio macroscopico delle caratteristiche salienti (riportato nella descrizione petrografica dei composti).

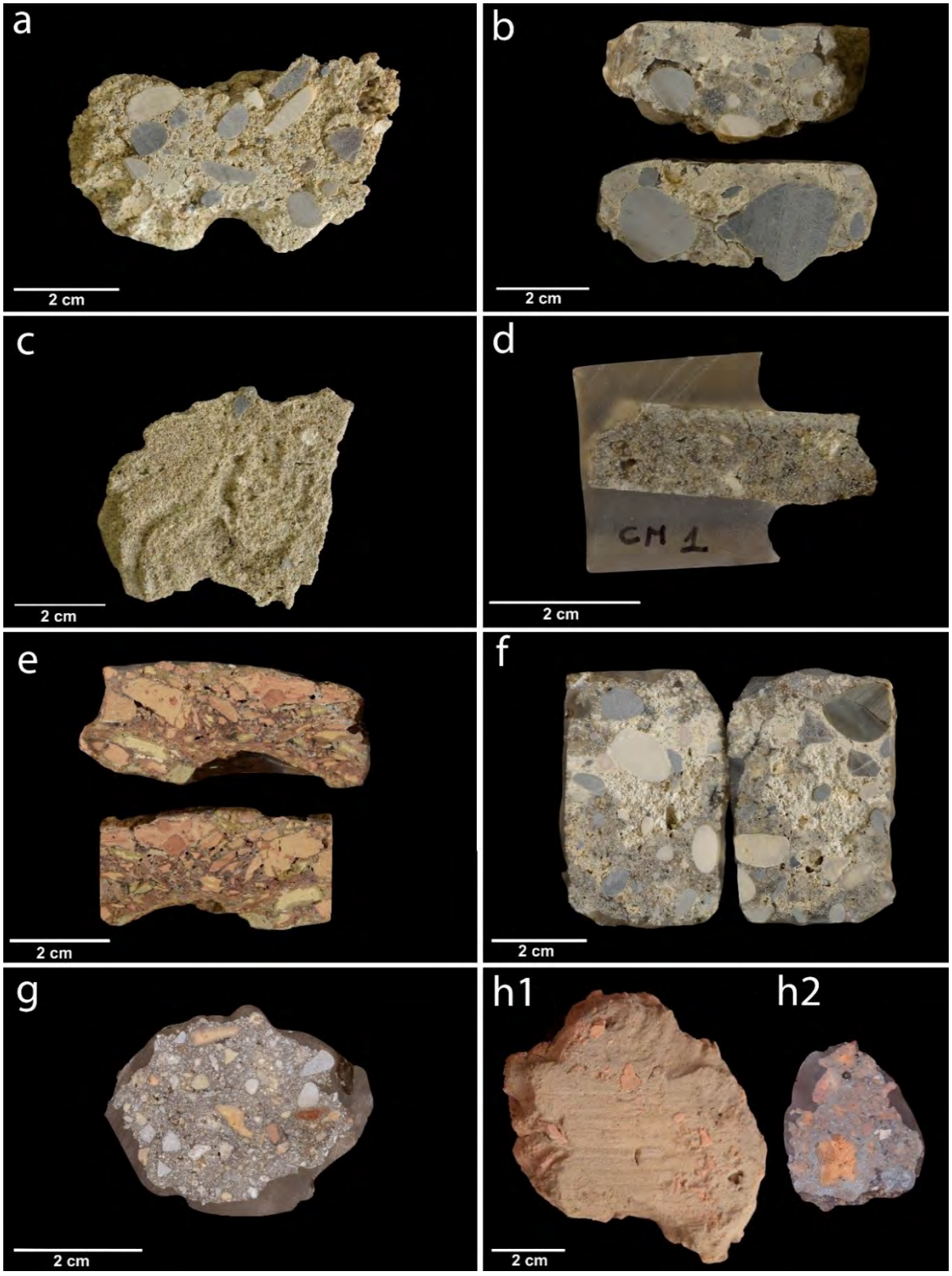


Fig. VI.24 – Tagli petrografici di una selezione di campioni di interesse prelevati dal sito dell'anfiteatro aquileiese. a) BRU_WM_2; b) BRU_WM_12 (dopo consolidamento in resina epossidica); c) BRU_WM_8; d) BRU_CM_1 (dopo consolidamento in resina epossidica); e) BRU_PREP_4 (dopo consolidamento in resina epossidica); f) BRU_PREP_7 (dopo consolidamento in resina epossidica); g) BRU_PREP_11 (dopo consolidamento in resina epossidica); h1) BRU_PREP_15 (campione massivo); h2) BRU_PREP_15 (dopo consolidamento in resina epossidica).

3.5 - RISULTATI DELLE ANALISI ARCHEOMETRICHE[314]

Su tutti i campioni in esame sono state effettuate analisi in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM). Su una selezione di campioni, rappresentativi dei gruppi individuati in seguito ad analisi OM, sono state inoltre condotte indagini mineralogiche tramite analisi in diffrazione delle polveri, operate sia sui campioni massivi (*XRPD-bulk*) che sulla frazione legante separata del campione BRU_PREP_15 (*XRPD-binder*), nonché analisi chimiche e microstrutturali (SEM-EDS) finalizzate all'indagine della composizione chimica dei leganti e all'osservazione puntuale delle aree di reazione pozzolanica (tab. VI.11).

Campione	OM	XRPD - *bzulk*	XRPD - *binder*	SEM-EDS
WM samples				
BRU_WM_1	x	x		x
BRU_WM_2	x			
BRU_WM_4	x			
BRU_WM_5	x			
BRU_WM_6	x			
BRU_WM_7	x			
BRU_WM_8	x	x		
BRU_WM_9	x			
BRU_WM_11	x	x		x
BRU_WM_12	x	x		
BRU_WM_13	x			
BRU_WM_14	x			
PREP Samples				
BRU_PREP_3	x			x
BRU_PREP_4	x			
BRU_PREP_6	x	x		
BRU_PREP_7	x	x		
BRU_PREP_9	x			
BRU_PREP_11	x	x		x
BRU_PREP_12	x	x		x
BRU_PREP_14	x	x		x
BRU_PREP_15	x	x	x	x
CM Samples				
BRU_CM_1	x			
BRU_CM_2	x	x		x
BRU_CM_3	x			
VM Samples				
BRU_VM_1	x			x

Tab. VI.11 – Elenco analisi archeometriche effettuate sui campioni in esame dell'anfiteatro aquileiese.

3.5.1 - *Analisi in microscopia ottica (OM)*

Considerato l'ampio dataset di riferimento, sono state effettuate analisi statistiche multivariate (PCA) sui dati desunti dalle analisi OM comprensive della totalità dei campioni di miscele leganti prelevati dal sito dell'anfiteatro aquileiese (tab. VI.12). Ciò ha permesso di identificare, in base a sample-clustering, gruppi composizionalmente affini, di seguito discussi (fig. VI.25).

Gruppo 1 – campioni BRU_WM_1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, VM_1, PREP_7*, 12*

Gran parte dei campioni di questo gruppo riunisce miscele applicate come stesure di allettamento o in nuclei di setti murari. Macroscopicamente i campioni del Gr 1 non si presentano particolarmente tenaci, hanno un colore di massa biancastro (*pale yellow*, 2.5Y 8/2 o 8/3) con alta frazione di aggregato ghiaioso, rappresentato da prevalente ghiaia media e grossolana (fig. VI.24, a, b, f). I campioni che provengono da fondazione o nucleo murario, rispetto a quelli relativi ad allettamenti murari, presentano spesso inclusi di dimensioni maggiori (> 3 cm), quali ciottoli, schegge o scapoli lapidei, che sono stati asportati al momento della preparazione delle sezioni sottili.

Sotto il profilo microscopico, il legante si presenta micritico, carbonatico a tessitura moderatamente omogenea, con sporadica occorrenza di grumi e plaghe. Relitti di calcinazione e grumi di legante sono sporadici. La porosità non è particolarmente diffusa (5%-14%) con prevalenti pori *vughs* o *planar voids* derivati dal ritiro in fase di presa. L'aggregato (55-70% in vol. ca), mediamente ben distribuito, ha sempre classazione bimodale ed è rappresentato, per la componente grossolana (⌀ 5-8 mm ca), da ghiaia medio/fine, con discreta occorrenza di ghiaia grossolana, di natura carbonatica o silicatica. La componente fine (⌀ 350-450 μm ca) è soprattutto costituita da sabbia media prevalentemente carbonatica, associata a frazione silicatica secondaria (quarzo e selce), con ridotta occorrenza di clasti di arenaria. L'elevato grado di arrotondamento dell'aggregato conferma la sua provenienza da depositi fluviali. Non irrilevanti sono

[314] I risultati delle analisi archeometriche sulle miscele leganti prelevate da strutture dell'anfiteatro aquileiese sono state già preliminarmente edite (cfr. DILARIA, SECCO 2018).

le tracce fini di natura terrigeno-argillosa negli impasti. Va inoltre segnalata, per alcuni campioni, la presenza di sporadici clasti di malta di riciclo (BRU_VM_1). Il rapporto L/A varia da 1:2 a 1:3 (fig. VI.26, a)[315]. Non è stata riscontrata traccia dell'impiego di additivi. Alcuni campioni presentano frequenti cristalli di calcite di neoformazione derivati dalla precipitazione di quest'ultima entro le porosità maggiori, probabilmente a seguito del colluvio meteorico prolungato[316].

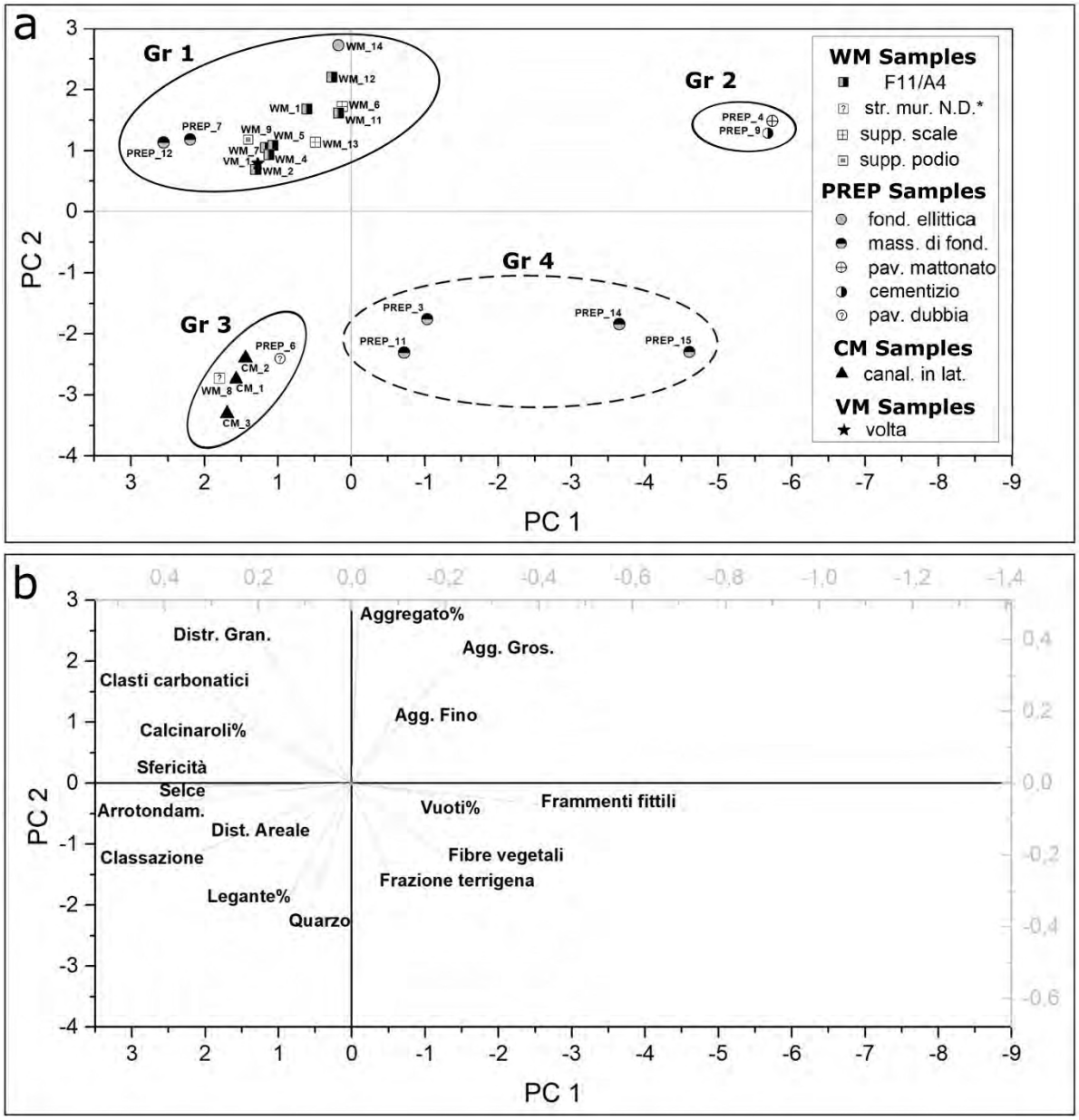


Fig. VI.25 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate sui campioni dell'anfiteatro aquileiese in relazione a: a) tecniche edilizie delle strutture di afferenza; b) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 55% della varianza totale. I gruppi individuati in base a sample-clustering sono cerchiati da ellissi.

[315] Le miscele in esame, avendo un aspetto conglomeratico grossolano con occorrenza di clasti di dimensione considerevole (0,5-1 cm), possono risentire fortemente della rappresentatività del campione nella determinazione precisa delle percentuali di aggregato e, di conseguenza, sul rapporto L/A.

[316] Le analisi tramite PCA non sembrano considerare significative, in termini statistici, alcune leggere differenze composizionali – valutate empiricamente – nei campioni BRU_WM_2, 4, 5, 6 e 7 (aggregato leggermente più fino, porosità diffusa) che erano stati precedentemente raggruppati nel sottogruppo 1b (DILARIA, SECCO 2018, p. 181).

Campione	Spessore (cm)	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp.mineralogica	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante%	*Vughs v.*	*Vescicles v.*	*Planar v.*	*Channels v.*	Vuoti%	Agg. Dim max. (mm)	Agg. Dim min. (mm)	Agg. dim media gross. (mm)	Agg. dim media fino (mm)	Classazione	Distr. Gran.	Distr. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Orientazione	bordi di reazione	Clasti carbonatici	Selce	Quarzo	Calcite spatica	Arenaria	Frazione terrigena	Feldspati	Gusci di molluschi	Frammenti fittili	Polvere fittile	Malte di riciclo	Ematite	Miche	Carbone	Fibre vegetali	Prod. di neoformazione
Descr. macroscopica					*Legante*						*Vuoti*												*Aggregato*																*Additivi*		
BRU_WM_1	2,3	2.5Y 8/3	5	MC	C	2	1:2	32	-	-	2	2	5	16,1	0,05	8,4	0,44	3	2	3	3	4	63	-	-	8	3	2	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
BRU_WM_2	3,4	2.5Y 8/2	4	MC	C	2,5	1:2	31	1	-	3	3	14	8,1	0,05	4,8	0,35	4	2	3	3	4	57	-	-	7	4	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
BRU_WM_4	1,7	2.5Y 8/2	3	MC	C	2,5	1:2	29	2	-	2	3	12	14,2	0,05	5,4	0,35	4	2	2	3	4	61	-	-	7	4	2	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRU_WM_5	2,3	2.5Y 8/2	3	MC	C	2,5	1:3	22	1	-	2	2	14	7,2	0,05	5,1	0,34	4	2	2	3	4	66	-	-	7	4	3	1	2	2	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
BRU_WM_6	1,8	2.5Y 8/1	4	MC	C	2	1:3	20	3	-	2	3	13	14,9	0,05	4,7	0,36	3	2	3	3	4	65	1	-	8	2	2	-	1	2	-	-	1	-	-	1	2	-	-	-
BRU_WM_7	1,3	5Y 8/3	3	MC	C	1,5	1:3	23	4	-	3	-	13	15	0,05	4,7	0,33	3	2	3	4	4	64	-	-	7	4	3	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
BRU_WM_8	4,2	2.5Y 8/6	5	MC	C	3	1:2.5	21	5	2	-	-	21	1,1	0,05	0,9	0,22	5	1	5	5	5	55	-	-	6	2	5	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRU_WM_9	2,4	5Y 8/2	3	MC	C	2,5	1:2	32	1	-	2	2	8	15,7	0,05	7,9	0,41	3	2	3	3	5	60	-	-	8	4	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRU_WM_11	2,5	5Y 8/2	4	MC	C	7,5	1:2	31	-	-	2	3	9	12,9	0,05	7,8	0,42	3	2	3	3	3	60	-	-	7	3	2	2	2	3	-	1	-	-	-	-	1	-	-	1
BRU_WM_12	2,3	2.5Y 8/2	3	MC	C	2,5	1:2.5	26	3	-	1	3	9	12	0,05	8,1	0,41	3	2	3	3	4	65	-	-	8	2	2	-	3	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-
BRU_WM_13	2,3	2.5Y 8/2	3	MC	C	2,5	1:2	27	1	-	2	2	6	15,1	0,05	8,4	0,42	3	1	3	5	3	62	-	-	8	3	2	-	3	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
BRU_WM_14	4,2	2.5Y 8/3	3	MC	C	4	1:3.5	19	3	-	-	-	9	17,1	0,05	8,2	0,39	3	2	3	3	4	72	-	-	8	2	2	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
BRU_CM_1	1,3	2.5Y 8/3	5	MC	C	2,5	1:1.5	35	4	-	-	2	15	2,1	0,05	0,7	0,28	5	1	6	3	5	50	-	-	5	3	3	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
BRU_CM_2	1,8	2.5Y 8/3	3	MC	C	2	1:1.5	37	4	-	-	-	10	3,1	0,05	0,7	0,26	5	1	6	3	5	53	-	-	5	3	2	-	2	3	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-
BRU_CM_3	1,3	2.5Y 8/3	4	MC	C	2	1:1.5	36	4	-	2	-	12	2	0,05	0,8	0,27	5	1	4	3	5	52	-	-	5	3	5	-	1	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
BRU_PREP_3	3,2*	2.5Y 8/4	3	MC	C	2,5	1:1.5	30	3	-	4	1	20	14,35	0,05	8	0,21	3	1	3	3	3	50	-	-	6	2	4	-	2	4	-	-	2	-	3	-	-	-	-	-
BRU_PREP_4	2,4	2.5YR 5/6	4	MC	C	0	1:5	8	4	-	4	4	26	17,7	0,05	11,2	0,31	2	1	5	1	1	66	3	1	2	-	2	-	1	2	-	-	2	8	-	-	1	-	-	1
BRU_PREP_6	1,8	2.5Y 8/6	4	MC	C	2	1:1.5	36	4	-	1	-	12	7,45	0,05	2,5	0,25	3	1	5	4	5	52	-	-	5	4	3	1	1	2	-	2	-	-	-	-	1	-	2	-
BRU_PREP_7	4,4*	2.5Y 8/1	3	MC	C	7	1:2.5	26	2	-	3	-	8	17,1	0,05	8,3	0,38	4	2	6	4	5	66	-	-	7	4	3	1	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
BRU_PREP_9	2,4	10YR 8/6	4	MC	C	0	1:5	10	4	-	3	4	25	18,2	0,05	11,9	0,32	2	1	5	1	1	65	3	1	2	-	2	-	-	-	-	2	8	-	-	2	-	-	-	1
BRU_PREP_11	4,4*	2.5Y 8/3	3	MC	C	0	1:1	44	1	-	3	-	7	9,4	0,05	3	0,45	3	1	4	3	3	50	-	-	5	3	3	1	1	4	-	2	5	1	3	-	1	-	-	-
BRU_PREP_12	5,2*	2.5Y 8/4	3	MC	C	15	1:2	31	2	-	3	-	5	11,8	0,05	4,9	0,46	4	2	5	2	5	64	-	-	8	4	3	-	2	4	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-
BRU_PREP_14	8,5*	2.5Y 8/6	3	MC	A/C	0	1:1.5	35	2	-	3	-	9	7,8	0,05	4,47	0,52	2	1	1	1	2	55	-	-	5	2	3	-	2	6	-	1	5	3	-	-	2	-	4	-
BRU_PREP_15	8,5*	2.5Y 6/4	3	MC	A	0	1:1.5	39	-	-	4	-	10	14,6	0,005	7,22	0,51	2	1	1	1	1	51	-	-	4	2	3	2	1	8	-	1	6	5	-	-	4	-	4	-
BRU_VM_1	4,2*	2.5Y 8/1	3	MC	C	7,5	1:2	30	4	-	1	-	16	10,2	0,05	5,3	0,42	3	2	4	4	4	54	-	-	6	4	2	-	2	1	-	-	-	3	-	5	-	-	-	-

Tab. VI.12 - Tavola riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di miscele leganti dell'anfiteatro aquileiese.

Gruppo 2 – campioni BRU_PREP_4, 9

Macroscopicamente i campioni del Gr 2, riferibili entrambi a preparazioni pavimentali, sono particolarmente friabili, il colore di massa è rossastro (*red*, 2.5YR 5/6) per la presenza di diffusi frammenti fittili, anche di dimensione considerevole (1,3 cm). L'elevata concentrazione di frazione fittile di dimensione superiore ai 5 mm permette di descrivere i composti del Gr 2 come cocciopesti grossolani (fig. VI.24, e)[317].

Sotto il profilo microscopico, il legante si presenta micritico, carbonatico, a tessitura moderatamente omogenea. Relitti di calcinazione e grumi di calce sono assenti. La porosità è molto diffusa (25%vol.). L'aggregato (65% in vol. ca) è abbastanza ben distribuito, ha classazione unimodale ed è rappresentato, pressoché esclusivamente, da frammenti fittili di dimensioni variabili. L'orientamento tendenzialmente sub-orizzontale dei clasti dimostra come la mescola sia stata pressata al momento della messa in opera. In base a colore e caratterizzazione petrografica è stato possibile distinguere due famiglie di fittili, una prima di ferrioli, contraddistinti da un colore arancio-rossastro, e una seconda di albasi di colore giallo fieno[318]. Il rapporto L/A è di oltre 1:5, a causa della limitata presenza di matrice legante (fig. VI.26, c). Frequentissimi e di dimensioni considerevoli sono i cristalli di calcite di neoformazione derivati da precipitazione carbonatica nei pori del campione BRU_PREP_4, più limitati invece nel campione BRU_PREP_9.

Gruppo 3 – BRU_CM_1, 2, 3, PREP_6, WM_8

Macroscopicamente queste malte sono friabili e presentano un colore grigio-giallognolo (*pale yellow*, 2Y 8/3). Si caratterizzano per un aspetto dimensionale arenaceo (fig. VI.24, c-d).

Il legante è carbonatico, a tessitura micritica, mediamente omogeneo ma talvolta con plaghe, evidenti soprattutto nel campione BRU_PREP_6. Grumi di calce sono assenti o estremamente limitati (< 2.5% vol. ca). La porosità è compresa tra 10-15%, mentre è elevata nel campione BRU_WM_8 (20% vol. ca). Ciò che caratterizza queste malte è l'assenza di frazione grossolana e l'impiego di aggregato costituito da sola sabbia fine/finissima selezionata a distribuzione mediamente omogenea (⌀ 250 μm ca). L'aggregato è rappresentato da dominante frazione carbonatica e secondari clasti di quarzo/quarziti, in percentuali leggermente superiori rispetto a quanto osservato per il Gr 1. Selci e arenarie sono presenti in percentuali ridotte. È stata verificata la moderata occorrenza di frazione terrigena in tutti i campioni. Il rapporto L/A è variabile, in media di circa 1:1.5 (fig. VI.26, b). Solo il campione BRU_WM_8 si presenta sensibilmente più magro, in rapporti L/A di 1:2.5 (fig. VI.26, d). Additivi sono assenti; si distingue esclusivamente il campione CM_2 per la sporadica occorrenza di cenere, il cui impiego è probabilmente non intenzionale.

L'analisi PCA sui solo dati petrografici non permette di distinguere i campioni BRU_WM_8 e BRU_PREP_6 da quelli precedentemente discussi[319].

Gruppo 4 - BRU_PREP_3, 11, 14, 15

I campioni rappresentati in questo gruppo provengono tutti dalla platea di fondazione della cavea anfiteatrale, in parte indagate tramite carotaggio (S2); anche macroscopicamente si presentano leggermente differenti tra loro dal punto di vista composizionale (fig. VI.23, g, h), ma sono accomunati dal fatto di essere realizzati con miscele ad elevata frazione terrigena. La calce, che costituisce il legante principale nei campioni PREP_3 e 11, viene ad essere mescolata a consistente frazione limo-argillosa nel campione PREP_14 (fig. VI.26, e-f). Il campione PREP_15, il cui legante è invece costituito pressoché esclusivamente da argilla, è da considerarsi appieno come malta di terra composta (fig. VI.26, g-h1, h2). La porosità è variabile, ma piuttosto elevata in tutti i campioni (10% vol. ca), ed è dovuta soprattutto a fessurazioni di tipo *planar voids*, derivate da fenomeni di ritiro in fase di presa. L'aggregato (50-55% vol. ca) presenta classazione bassa, distribuzione granulometrica tendenzialmente unimodale e disposizione areale non uni-

317 GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

318 Sulla terminologia adottata cfr. GIULIANI 2006, p. 201.

319 I campioni in questione non erano stati precedentemente ascritti al Gr 3 (DILARIA, SECCO 2018, p. 182).

forme nei campioni. Insieme a componenti fini (frammenti fittili e sabbia fine e media) è presente anche ghiaia (medio/fine e grossolana) nonché grossi ciottoli e scapoli lapidei pluri-centimetrici immersi nel composto.

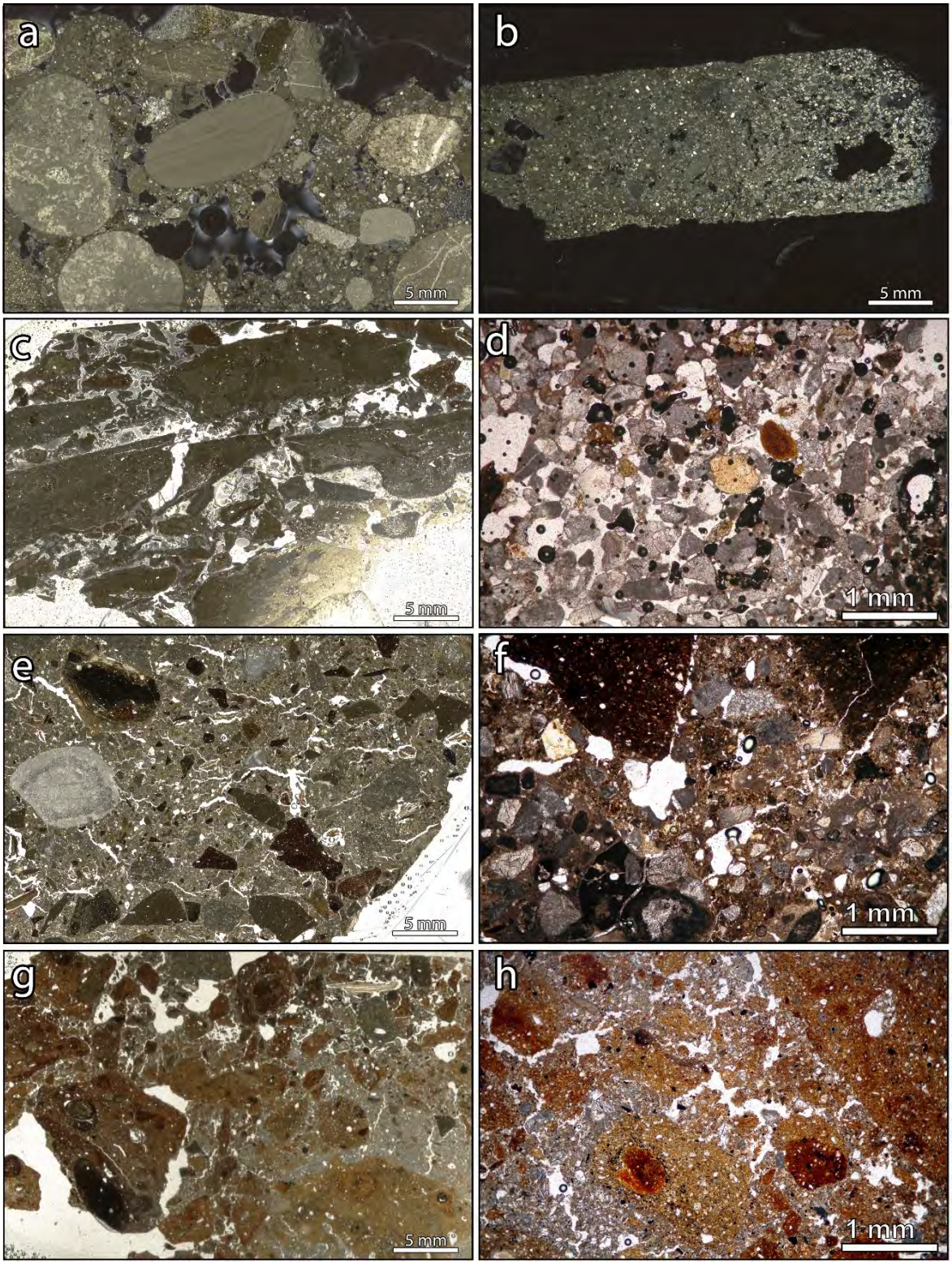


Fig. VI.26 - Acquisizioni in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM-TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN); a) BRU_WM_12 (XN); b) BRU_CM_1 (XN); c) BRU_PREP_9 (PN); d) BRU_WM_8 (PN); e) BRU_PREP_14 (PN); f) BRU_PREP_14 (PN); BRU_PREP_15 (XN); BRU_PREP_15 (XN).

Sostanzialmente nei campioni PREP_3, 11 e 14, l'aggregato è rappresentato da sabbia carbonatica miscelata a secondaria selce e quarzo con componente fittile comunque rilevante, sotto forma di frammenti e polvere. È presente anche qualche frammento di malta di reimpiego in alcuni campioni (BRU_PREP_14). Il rapporto L/A di circa 1:1.5 dei campioni sopra citati è da intendersi come indicativo, data l'eterogeneità composizionale della frazione legante, che ne rende difficile una stima precisa tramite analisi d'immagine. Nel campione BRU_PREP_15 invece la componente fittile rappresenta la frazione assolutamente dominante, sotto forma di frammenti, anche di dimensione pluri-centimetrica, nonché come polvere fine. Manca invece del tutto l'aggregato litico. Il rapporto L/A è estremamente variabile in quanto la miscela non è assolutamente omogenea. Additivi quali fibre vegetali sono stati diffusamente osservati, in traccia, in gran parte dei campioni.

3.5.2 - *Analisi XRPD*

Le analisi in diffrazione condotte su una selezione di campioni rivelano un profilo mineralogico che conferma l'analisi petrografica sopra condotta (Tab. 4). Gli elevatissimi tenori di calcite (mediamente compresi tra 60/80% in gran parte dei campioni) sono riferibili non solo all'aggregato carbonatico, ma in buona misura anche alla frazione legante. La dolomite, riferibile soprattutto alla frazione di aggregato[320], è invece altamente variabile; compresa in genere sotto il 10% (tranne il campione BRU_WM_12[321]), è invece particolarmente rilevante solo nel campione BRU_WM_8. In tutti i campioni è presente una rilevante frazione quarzosa, riferibile non solo a grani monocristallini del suddetto minerale, ma anche a rocce selcifere e quarzitiche, nonchè alla frazione silicatica delle arenarie. Phengite, ilmenite, ematite e frazione amorfa, quest'ultima piuttosto alta in tutti i campioni, sono riferibili sia alla componente fittile dispersa, che a tracce argillose di origine terrigena, generalmente presenti in tutti i campioni. In particolare, l'ematite e soprattutto la phengite contraddistinguono i campioni dove la componente argillosa è particolarmente alta, ovvero i campioni BRU_PREP_14 e BRU_PREP_15; per quest'ultimo la phengite si attesta a circa il 20%, mentre è quasi assente la frazione carbonatica (tab. VI.12).

Campione	Calcite	Dolomite	Plagioclasio (Oligoclasio)	Plagioclasio (Anorthite)	Diopside	Hematite	Analcime	Quarzo	Phengite	Ilmenite	Clinochlore	Amorfo
BRU_WM_1	68,9	4,7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	1,3	0,6	1,1	12,2
BRU_WM_8	58,0	15,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,8	0,3	0,6	11,5
BRU_WM_11	80,6	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,6	0,3	0,5	10,6
BRU_WM_12	56,4	28,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	0,3	0,7	9,3
BRU_PREP_6	63,4	8,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6	0,3	0,3	0,6	9,6
BRU_PREP_7	67,9	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	1,0	0,3	1,2	14,7
BRU_PREP_11	59,5	4,5	1,4	2,4	7,3	0,3	0,9	7,6	0,9	0,3	0,6	14,4
BRU_PREP_12	82,2	3,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,5	0,4	0,3	7,5
BRU_PREP_14	32,1	5,9	3,7	3,6	7,5	1,8	0,0	15,6	8,0	0,0	1,3	20,4
BRU_PREP_15	0,7	0,0	8,4	0,0	0,0	3,4	0,0	33,3	20,6	0,0	0,1	33,5
BRU_CM_2	72,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	1,1	0,4	1,4	19,1

Tab. VI.12 - Risultati delle analisi difrattometriche su una selezione di campioni rappresentativi.

3.5.3 - *Analisi SEM-EDS*

Le analisi in microscopia elettronica a scansione sono state condotte su una selezione di campioni rappresentativi di ogni gruppo individuato in seguito ad analisi petrografiche, al fine

[320] Cfr. §3.5.3.

[321] L'errore è forse strumentale e dovuto a macinazione di un clasto ghiaioso di dolomia durante la fase preparativa.

principalmente di caratterizzare la composizione chimica dei leganti e di valutare l'occorrenza di eventuali aree di reazione pozzolanica. Dalle analisi EDS condotte sui grumi di leganti di alcuni campioni (BRU_WM_11; BRU_CM_2) si osserva come i valori CaO=92-96% dimostrino l'impiego di calce prodotta da cottura di calcari puri (fig. VI.27, a-b) con talune intercalazioni silicatiche in percentuali non trascurabili (5-8% ca) che potrebbero deporre per la presenza di vene selcifere. Alcune zonazioni ben distinguibili dal legante calcico nei campioni riferibili alle strutture murarie degli elevati dell'edificio (Gr1) hanno restituito elevati tenori in Al_2O_3, SiO_2 e FeO che devono essere collegati alla presenza di infiltrazioni di origine argillosa nei composti[322], la cui presenza, in misura contenuta, è già stata osservata in pressoché tutti i campioni analizzati tramite altri metodi analitici.

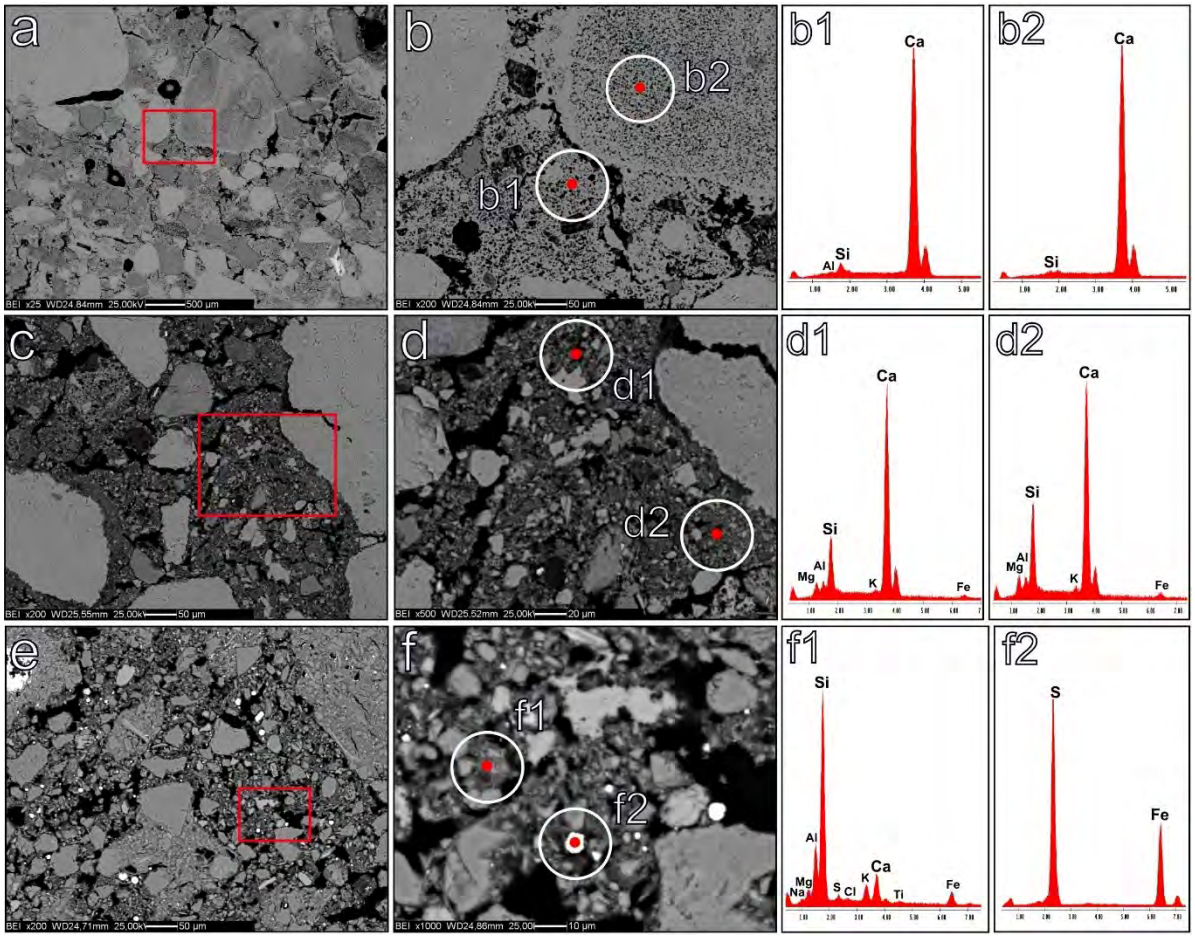


Fig. VI.27 – Analisi SEM-EDS. Acquisizioni a elettroni retrodiffusi (BSE); a) BRU_WM_11; b) Acquisizione BSE dell'area evidenziata in fig. a; b1) microanalisi EDS di un grumo di legante; b2) microanalisi EDS della matrice legante; c) BRU_PREP_11; d) Acquisizione BSE dell'area evidenziata nella fig. c; d2) microanalisi EDS della matrice legante; d2) microanalisi EDS della matrice legante; e) BRU_PREP_15; f) acquisizione BSE dell'area evidenziata nella fig. e; f1) microanalisi EDS di un grumo di calce; f2) microanalisi EDS di un granulo di pirite.

Come indiziato tramite OM/XRPD, i campioni riferibili alla platea di fondazione (Gr 4) si distinguono rispetto a quelli ascritti al Gr 1 o al Gr 3, per elevata frazione terrigena di natura limo-argillosa, intimamente miscelata alla frazione legante negli impasti (fig. VI.28, Tab. VI.13). Si osserva infatti come nel campione BRU_PREP_11 la frazione argillosa, testimoniata da aliquote significative di SiO_2, Al_2O_3 e FeO, sia associata a elevata frazione carbonatica e magnesiaca, da riferire non solo alla componente terrigena ma, in buona misura, anche ad una frazione legante carbonatica pura, ossia un legante calcico (Fig. VI.27, c-d). Tuttavia, in alcuni livelli, anche più profondi, della platea di fondazione della cavea (BRU_PREP_12), la componente terrigena

[322] CARÒ, RICCIARDI MAZZILLI, SAVINI 2008, p. 95; CRISCI *et alii* 2004, pp. 265-266.

appare molto più contenuta (SiO_2 = 12,5-17,5 %; Al_2O_3 = 2,5-4,5 %; FeO = 1-1,5 %) e le matrici risultano eminentemente calciche (CaO = 76%; MgO = 2-4%), in misura tale da accostare questi campioni alle miscele strutturali del Gr 1, confermando, nuovamente, quanto già indiziato dalle indagini petrografiche.

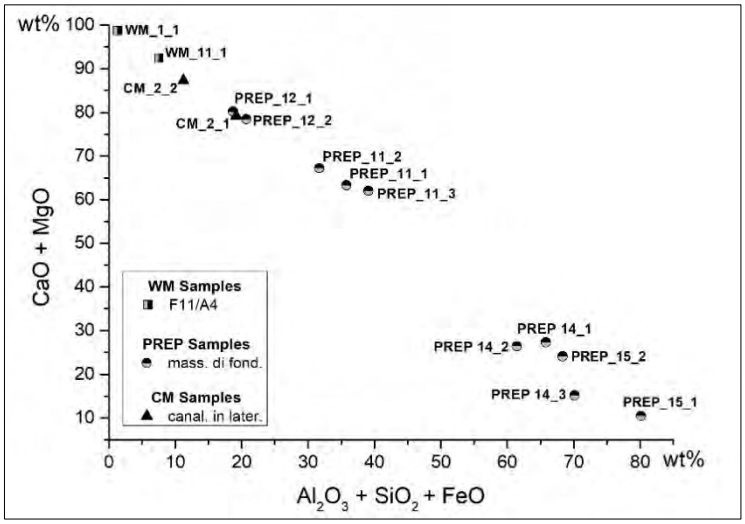


Fig. VI.28 – Grafico rappresentante la distribuzione di una selezione di campioni in seguito ad analisi chimiche EDS puntuali su matrici leganti in relazione a: asse x) wt% di Al_2O_3 + SiO_2 + FeO; asse y) wt% CaO + MgO.
Sull'asse x è rappresentata la somma degli elementi chimici connessi alla frazione terrigena, mentre sull'asse y le aliquote chimiche da riferire a componente legante. Si deve comunque tener presente che un percentuale secondaria minoritaria nei tenori di CaO e MgO possa essere ascritta pure alla componente argilloso-smectitica e non solo alla frazione legante carbonatica, ma non è possibile stimarne i rispettivi contributi.

Si distinguono del tutto i campioni BRU_PREP_14 e BRU_PREP_15, dove il legante presenta minimi valori in CaO ed alte percentuali di SiO_2, Al_2O_3, K_2O, SO_3, FeO e TiO_2, con secondari MnO, Na_2O, e Cl_2O, da ricondurre alla presenza di frazioni consistenti di minerali smectitici di natura limo-argillosa (fig. VI.27, e-f).

Micro-indagini SEM-EDS hanno inoltre evidenziato occorrenza di pirite nei campioni BRU_PREP_14 e 15, da considerarsi di origine secondaria e da correlare all'azione di batteri solfato-riduttori, tipica di ambienti di tipo transizionale umido-asciutto (VI.27, f2)[323].

Campione	Area	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	Cl_2O	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	FeO
BRU_WM_1	matrice	0	2,6	0	1,3	0	0	0	96,1	0	0	0
BRU_WM_11	matrice	0	0	1,9	5,7	0	0	0	92,4	0	0	0
PREP_11	matrice	0	5,9	5,4	27,6	0	0	0,9	57,5	0	0	2,7
	matrice	0	6,1	5,9	23,6	0	0	1,0	61,1	0	0	2,2
	matrice	0	7,4	6,4	29,7	0	0	1,3	52,5	0	0	2,7
PREP12	matrice	0	4,0	4,5	12,6	0	0	1,1	76,2	0	0	1,6
	matrice	0	2,3	2,3	17,3	0	0	0,9	76,1	0	0	1,1
PREP 14	matrice	1,1	3,2	14,7	45,4	2,4	0	2,7	24,1	0,7	0	5,7
	matrice	2,4	6,0	16,6	41,4	3,8	1,0	3,4	20,0	0,8	0,1	4,7
	matrice	2,3	5,8	18,5	43,9	3,9	0,5	3,6	9,3	4,3	0,2	7,8
BRU_PREP_15	matrice	2,4	4,5	15,8	58,9	2,7	0,6	3,0	6,0	0,7	0	5,4
	matrice	1,9	7,4	16,3	45,7	1,4	0,41	3,3	16,7	0,5	0	6,3
BRU_CM_2	matrice	1,7	6,3	3,3	15,9	0	0	0	72,9	0	0	0
	matrice	1,0	4,4	1,8	9,4	0	0,5	0	82,9	0	0	0

Tab. VI.21 – Risultati delle indagini puntuali sulle matrici leganti di una selezione di campioni rappresentativi dal sito dell'anfiteatro. I valori sono espressi in %wt di ossidi.

3.6 - CONTESTUALIZZAZIONE ARCHEOLOGICA DEI DATI ANALITICI E ANALISI DELLE FASI DI CANTIERE

Le indagini archeometriche condotte sulle miscele leganti dell'anfiteatro aquileiese forniscono molte informazioni riguardo l'organizzazione del cantiere costruttivo e le tecniche applicate nella preparazione dei materiali cementizi, in relazione alle diverse fasi edilizie.

[323] SECCO *et al.* 2011.

Periodo I. Riferibile a questa fase è il solo campione BRU_WM_8 che, seppur ascrivibile alle miscele del Gr 3, sotto il profilo tessiturale-petrografico si distingue chiaramente da tutti gli altri campioni riferibili a miscele impiegate nella costruzione di setti radiali e nelle porzioni di supporto strutturale dell'anfiteatro aquileiese (Gr 1, Gr 4). Le analisi mineralogiche sembrano inoltre distinguere leggermente questo campione da tutti gli altri analizzati in virtù degli elevati tenori di dolomite. Come supposto sulla base di relazioni stratigrafiche e per l'inusuale tecnica edilizia nel complesso delle strutture anfiteatrali[324], l'analisi del campione BRU_WM_8 conferma come la struttura US 199 sia da riferire ad una fase differente rispetto a quella relativa al cantiere di costruzione dell'anfiteatro.

I rapporti composizionali L/A di circa 1:2.5 si accostano abbastanza sensibilmente con le ricette riportate nella letteratura tecnica di età tardo-repubblicana e proto-imperiale per ciò che concerne miscele per strutture murarie realizzate con calce e sabbia di origine fluviale[325].



Fig. VI.29 – Aquileia, anfiteatro. Distribuzione spaziale dei gruppi di miscele leganti identificati in seguito ad analisi OM, in relazione alle diverse tipologie di strutture prese in esame. Con toni sfumati vengono indicate le strutture da cui non sono stati prelevati campioni ma, per affinità tecnica e stratigrafica, si suppone fossero realizzate mediante l'impiego di miscele affini a quelle del gruppo a cui sono associate. Non vengono quindi indicati i campioni prelevati da strutture non *in situ* (BRU_VM_1) e quelli prelevati dal sondaggio S2, effettuato in un'area esterna al settore di scavo. *Legenda*: W1=BRU_WM_1; P4 =BRU_PREP_4; C1=BRU_CM_1 (Modificata da DILARIA, SECCO 2018, fig. 109, p. 179).

Periodo II. Gran parte dei campioni analizzati sono afferenti alle fasi di costruzione dell'anfiteatro aquileiese e sono ben enucleabili in gruppi chiaramente distinguibili (fig. VI.29).

Il Gr 1 associa campioni di miscele leganti afferenti ad elementi strutturali (setti radiali, fondazioni lineari, fondazioni ellittiche, strutture di supporto delle gradinate, riempimenti in

[324] GRAZIOLI 2018, p. 85.

[325] CAT. *De Agr*., 15.1. malta di terra e calce a rapporto L/A = 1:2; *Lex Puteolana* (fine II sec. a.C): malta di terra e calce in rapporto L/A = 1:3 (secondo quanto in proposto in GRECO 2011, p. 43); VITR. *De arch*. II, 5, 1: malta di calce a rapporto L/A = 1:2 se impiagata sabbia fluviale o marina come aggregato. Cfr. nel dettaglio *Par. fonti latine*.

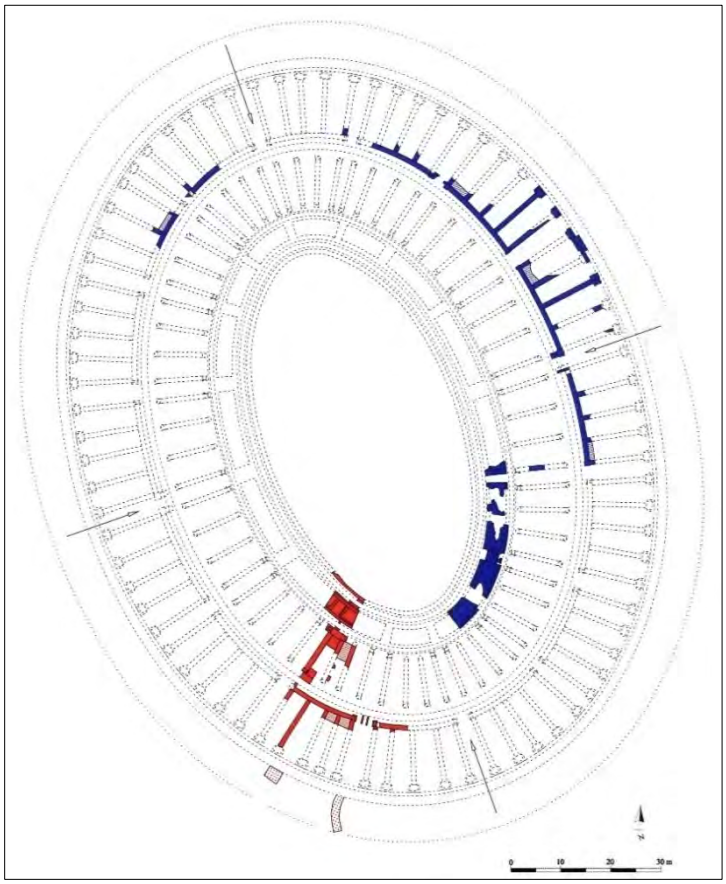


Fig. VI.30 - Aquileia, anfiteatro. Planimetria generale. In blu le strutture individuate durante gli scavi Otto-Novecenteschi; in rosso le strutture indagate durante gli scavi dell'Università di Verona (anni 2015-2017). In tratteggio le linee ricostruttive dell'edificio scenico (Modificata da SORIANO 2018b, fig. 136, p. 208).

opus cementicium costituenti i nuclei dei setti murari radiali ed anulari) collocati al di sopra della platea di fondazione della cavea. Tutti i composti erano prodotti con una miscela di calce, sabbia media e ghiaia medio-fine o talvolta grossolana, miscelati con acqua prima della messa in opera.

L'analisi PCA condotta sui dati desunti da indagini OM, non ha evidenziato alcuna minore differenza composizionale all'interno delle miscele del Gr 1; si è denotato anzi un elevato grado di clusterizzazione dei campioni in esame. L'evidenza statistica non consente quindi di avvalorare l'ipotesi secondo la quale alcune leggere alterazioni nelle "ricette" delle miscele del Gr 1 possano fungere da indicatore tramite cui individuare diverse commissioni di materie prime o addirittura ipotizzare la distribuzione di più squadre di operai nel cantiere, come si era in un primo momento sostenuto[326]. Si è osservato inoltre come composizionalmente il campione proveniente da una possibile struttura voltata in crollo (BRU_VM_1) non presenti alcuna differenza composizionale con le miscele del Gr 1[327]. Purtroppo, i rapporti L/A variabili delle miscele del Gr 1 rendono arduo il confronto con quanto riportato dalla trattatistica tecnica di età imperiale. L'impiego di aggregato ghiaioso nei composti non viene comunque annoverato dalle fonti di questo periodo in relazione alle modalità di produzione delle miscele leganti per strutture murarie[328].

Cionondimeno, da quanto documentato, non si può negare una considerevole organizzazione progettuale-esecutiva sia nella cernita delle materie prime che nelle modalità di messa in opera. Va comunque tenuto in considerazione come, seppur tutte le malte del Gr 1 siano chiaramente affini composizionalmente, si debba considerare come il campionamento, già di per sé limitato, sia rappresentativo esclusivamente dell'area indagata durante gli scavi recenti, che, come si diceva, hanno interessato una porzione nel complesso limitata dell'intera fabbrica architettonica (fig. VI.30). Anche sulla platea di fondazione dell'edificio non si possono fornire risultati incontrovertibili, dato che è stata indagata tramite un singolo carotaggio (S2) effettuato nella zona a nord rispetto all'area oggetto degli scavi dell'Università di Verona[329] e non è quindi

[326] DILARIA, SECCO 2018, pp. 184-185.

[327] Non essendo stata rinvenuta *in situ*, va valutata l'ipotesi che se la struttura voltata da cui è stato prelevato il campione BRU_VM_1 fosse stata di modesta ampiezza, non avrebbe necessitato di particolari stratagemmi di alleggerimento progressivo. Per il contesto delle Terme del Sarno a Pompei, è stata osservata infatti una sostanziale omogeneità composizionale tra le miscele leganti impiegate in funzione di allettamento di strutture murarie con quelle usate nelle porzioni strutturali di modeste volte a botte di copertura di ambulacri (oss. pers.).

[328] VITR., *De arch*, II, 5, 1; PLIN. *Nat. Hist.*, XXXVI, 174-175.

[329] NICOSIA, POLISCA 2018b.

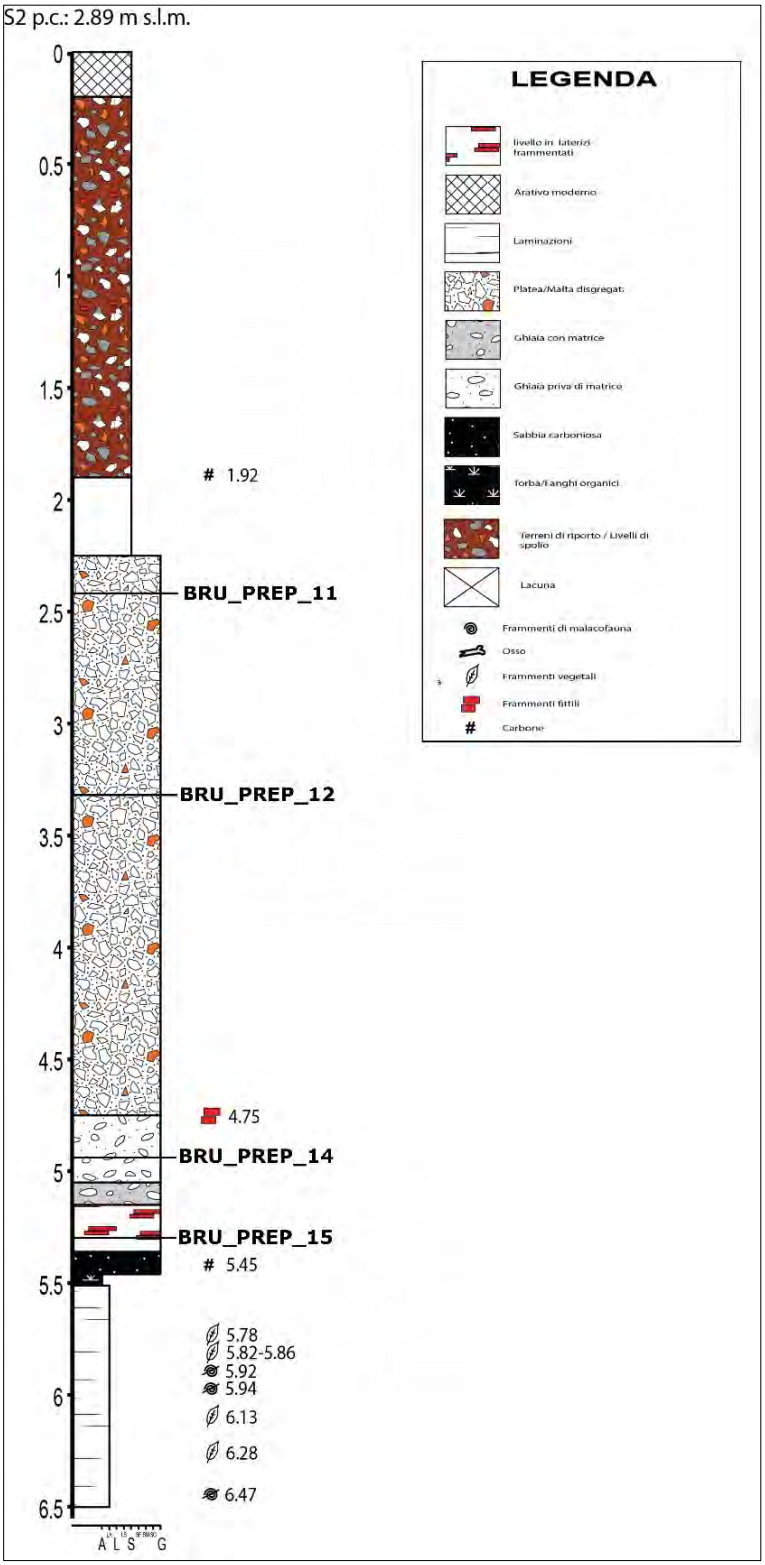


Fig. VI.31 – Aquileia, anfiteatro. Log stratigrafico del carotaggio S2 con riferimento alle aree di prelievo dei campioni di miscela legante (modificato da NICOSIA, POLISCA 2018b, fig. 102, p. 169).

da escludere che la medesima tecnica non sia stata uniformemente presente in tutto l'areale in cui venne realizzata la cavea dell'edificio.

Comunque, da quanto è stato possibile esaminare, la struttura consisteva in diverse colate in *opus cementicium* debolmente coeso e legato da miscele per certi aspetti dissimili da quelle del Gr 1 e in buona parte afferenti al Gr 4. Seppur quest'ultimo gruppo associ composti non strettamente simili, tutti gli impasti sono contraddistinti dalla presenza di elevata frazione terrigena di tipo argilloso-smectitico, impiegata, probabilmente volontariamente, con finalità "smagranti" della struttura cementizia[330]. Se rapportato alla tradizione tecnica del periodo, si osserva come l'impiego di terra mista a calce nelle strutture cementizie riveli alcune caratteristiche di arretratezza nelle pratiche di cantiere o comunque il richiamo a tradizioni edilizie riconducibili all'età repubblicana[331]. È comunque possibile che, considerata l'estensione del cantiere, sia stato necessario far fronte alla necessità di risparmiare sulla materia prima sperimentando formule "economiche" per risparmiare sui materiali per l'edilizia, quale la calce stessa, laddove possibile.

[330] Ad analisi macroscopica la platea di fondazione si presentava infatti come una colata continua di *opus caementicium* particolarmente friabile e poco saldamente legata.

[331] La produzione di miscele composte di calce, terra, sabbia ed elementi lapidei riportate nell'opera catoniana (CAT. *De agr*. XIV, 3) in relazione all'edificazione di nuclei murari nell'ambito della costruzione di ville (suburbane?), sembra accostabile alla messa in opera di strutture in calcestruzzo o *opus caementicium* non di troppo differenti da quelle esaminate in relazione al caso della platea dell'anfiteatro aquileiese. Di contro, lo stesso autore non fa riferimento all'aggiunta di terra nelle miscele delle opere di fondazione nell'ambito dell'edilizia residenziale (*De agr*. XV, 1).

Infatti, come evidenziato da analisi petrografiche e chimiche SEM-EDS, l'impiego delle miscele del Gr 4 non appare comunque sistematico, dato che alcuni livelli a quote differenti delle colate di fondazione (fig. VI.31), hanno restituito campioni del tutto compatibili con le miscele del Gr 1 (BRU_PREP_7, 12). In altre parole, a strati dove la componente terrigena aggiunta ai composti risulta consistente (BRU_PREP_11, 14), si inframezzano stesure dove l'*opus caementicium* appare più sano. Inoltre, così come nei nuclei murari, anche nelle miscele di colate di fondazione sono presenti grossolani scapoli lapidei di dimensione decimetrica, che risultano invece assenti nelle miscele per gli allettamenti dei paramenti murari e contribuivano a "smagrare" ulteriormente le strutture cementizie. Frammenti e scapoli lapidei dovevano, quindi, essere messi in opera direttamente sul luogo di impiego, mentre la miscela legante, preparata a parte, veniva progressivamente allettata o colata, secondo la tradizionale modalità esecutiva dell'*opus caementicium*[332].

Solo la porzione inferiore della platea di fondazione non sembra essere realizzata in *opus caementicium*. Il carotaggio S2 ha permesso di documentare l'applicazione di miscele con elevato contenuto di argilla (PREP_14 e 15) e aggregato costituito prevalentemente da frammenti e polvere fine fittile, particolarmente diffusi soprattutto nel campione che stava alla base del carotaggio (BRU_PREP_15), direttamente al di sopra di livelli argillosi sterili[333], incisi dal cavo di fondazione. Seppur le analisi XRPD e SEM/EDS non abbiano verificato l'occorrenza di fasi pozzolaniche, si suppone che queste malte ad alta frazione fittile fossero state volontariamente predisposte in questo punto per conferire al fondo della platea una sorta di debole impermeabilizzazione, al fine di contrastare l'umidità del sottosuolo ed eventuali affioramenti di acque sotterranee. La falda acquifera doveva essere sicuramente presente in antico, a quote probabilmente inferiori rispetto a quelle odierne[334]. Tuttavia, non è stata ancora fatta chiarezza su quali fossero le quote medie a cui si attestavano le stratificazioni superficiali della falda in età alto imperiale in quest'area della città antica. Le quote a cui si colloca la testa degli strati della platea di fondazione da cui sono stati prelevati i campioni BRU_PREP_14 e BRU_PREP_15 (-2,46 e -2,25 m s.l.m. rispettivamente), potrebbero fornire un indizio per circoscrivere il livello medio della falda acquifera in antico nella zona in cui sorse l'anfiteatro (fig. VI.31)[335].

In attesa di ulteriori dati tecnici e geomorfologici a supporto di questa teoria, urge riportare qui come termine di confronto il caso del teatro, dove ritroviamo utilizzate, esclusivamente sul fondo della massicciata di fondazione dell'*ima cavea*, miscele di cocciopesto (COM_PREP_13/13B) o in argilla, calce e frazione fittile (COM_PREP_14); la parte superiore della struttura era invece in *opus caementicium* del tutto aereo. Se si riportano in altimetrie assolute s.l.m. le stratificazioni in cui trovano applicazione queste particolari miscele nei due edifici per spettacoli, vi è una differenza in quota di soli 40 cm. Risulta arduo quindi non riconoscervi l'applicazione sistematica di un metodo sperimentato per far fronte ad una comune problematica, ossia la presenza consistente di acque sotterranee. Se l'ipotesi fosse validata in futuro, potremmo quindi circoscrivere le quote medie superficiali della falda antica in questa zona circa 3,5 m al di sotto della media estiva attuale. Tale differenza metrica sarebbe determinata in parte dal rialzo della falda acquifera, dipendente in buona misura dai fenomeni moderni di rialzo del

[332] Nell'*opus caementicium* i *caementa* maggiori, sciolti, erano messi in opera per livelli direttamente nel luogo di impiego su un letto di malta o di calcestruzzo (GINOUVÈS, MARTIN 1985, pp. 51-52). Il composto poi poteva era pressato al momento della messa in opera (struttura cementizia calcata).

[333] NICOSIA, POLISCA 2018b, p. 170.

[334] Screziature o fasi ossidative in stratificazioni limose, attribuibili ad oscillazioni del livello di falda sono stati osservati, a quote relative comprese tra -5 e 2,50 (assolute -2,11/+0,39 m. s.l.m.) tramite il sondaggio S1 effettuato nell'area dell'area anfiteatrale (NICOSIA, POLISCA 2018b, p. 170).

[335] Non deve inoltre essere esclusa a priori l'ipotesi che questo espediente tecnico fosse stato sperimentato, per una particolare necessità, esclusivamente nella zona intercettata dal carotaggio S2 e non fosse quindi stato adottato uniformemente nel sottofondo della platea di fondazione.

medio marino, ma sarebbe in parte anche dovuta allo sprofondamento della terra per fenomeni di subsidenza locale[336].

Se si torna ora a considerare aspetti tecnico-esecutivi, non si può non rilevare un'esecuzione nel complesso sommaria per ciò che concerne le modalità di produzione e messa in opera dei materiali cementizi impiegati nelle fondazioni strutturali dell'edificio in esame. Le miscele BRU_PREP_14 e 15, realizzate con frammenti e polvere fittile poco selezionati e non omogeneamente assortiti in impasti ad elevata frazione terrigena, non trovano confronto, in termini di qualità tecnica, con le reciproche stesure applicate nella massicciata di fondazione dell'*ima cavea* teatrale, dove l'evidente pozzolanicità dei campioni COM_PREP_13/13B e 14 conferisce moderate – ma innegabili – proprietà impermeabilizzanti al sottofondo fondazionale[337]. Stupisce inoltre la potenza contenuta di questa porzione della colata (21 cm circa) rispetto allo spessore complessivo di circa 3,5 m della platea di fondazione dell'anfiteatro.

I casi qui menzionati si rivelano comunque particolarmente interessanti, in quanto le tecniche adottate nella realizzazione delle strutture di fondazione non trovano, ad oggi, confronto oltre ai casi aquileiesi[338].

Per quanto concerne l'organizzazione del cantiere nel suo complesso, sembrerebbe evidente, alla luce di quanto esposto, come nel corso della costruzione di questa porzione dell'anfiteatro vi fosse alla base una ben consolidata tradizione costruttiva e una buona conoscenza delle proprietà dei materiali in relazione ai campi di applicazione. Innanzitutto, già l'analisi dei materiali lapidei costituenti i blocchetti di paramento dei setti murari ha permesso di determinarne la provenienza sistematica da un'unica, specifica cava ancora non chiaramente identificata, ma circoscrivibile nell'area del carso isontino[339], che non sembrerebbe essere stata sfruttata a lungo, dato che i litotipi impiegati nell'anfiteatro non trovano confronto puntuale con tutta un'altra serie di campioni di materiali lapidei finora analizzati dal comparto aquileiese[340]. Anche le modalità di approvvigionamento di altri materiali da costruzione e le modalità di impiego erano definite nel dettaglio. Innanzitutto, dal punto di vista petrografico-mineralogico, l'aggregato litico impiegato nelle miscele dell'anfiteatro trova costantemente confronto con le ghiaie e sabbie che costituiscono i depositi fluviali dei fiumi Natisone/Torre o Isonzo[341]. Le analisi SEM-EDS hanno inoltre confermato come il legante presenti elevati tenori di CaO, tipici di calci prodotte tramite cottura di calcari puri quali quelli afferenti ai comprensori carnici isontini e triestini[342], ossia gli stessi litotipi impiegati, sotto forma di blocchetti o elementi architettonici, a livello costruttivo o decorativo nell'anfiteatro[343]. I tenori non trascurabili di silicio (4-6% ca) evidenziati tramite analisi SEM-EDS in relazione ai grumi di legante calcico sono stati ricondotti ad infiltrazioni selcifere nel materiale destinato a calcinazione e permettono di ipotizzare che le pietre più pure non fossero (o non fossero esclusivamente) destinate alla produzione della calce, ma anzi si prediligesse calcinare materiali di risulta dell'attività edilizia (schegge e residui di taglio) contenenti impurità e quindi scartati. La calcinazione, laddove possibile, infatti permette di ovviare alle problematiche dello smaltimento delle discariche di materiale edilizio prodotto dall'attività costruttiva e dalla scheggiatura di blocchi nell'ambito della decorazione architettonica lapidea. Come giustamente osservato[344], tali scarti potevano anche essere indistintamente reimpiegati

[336] Sul tema cfr. da ultimo ANTONIOLI *et alii* 2009. Nello specifico sull'evoluzione quaternaria dell'area in esame cfr. MAROCCO 1991. Si stima che per l'area in oggetto il rialzo del l.m.m. possa attestarsi attorno a 1,71 m dal I sec. d.C. ad oggi, con una subsidenza locale che ha determinato uno sprofondamento dei suoli di circa 70 cm negli ultimi 2000 anni (MAROCCO 2004).

[337] cfr. paragrafo teatro.

[338] Cfr a riguardo (capitoli finali).

[339] PREVIATO, MAZZOLI 2018, p. 191.

[340] BONETTO, MAZZOLI, PREVIATO 2015.

[341] GAZZI *et alii* 1973, pp. 7, 10-13 e p. 16, fig. 11, p. 16, tab. 1a, p. 28; MAROCCO 2009, pp. 73-74.

[342] CUCCHI, GERDOL 1985; CARULLI, ONOFRI 1960; Lazzarini 2006 non va benissimo x istria).

[343] PREVIATO, MAZZOLI 2018

[344] BINNINGER 2008, p. 104.

come elemento costitutivo dell'*opus caementicium*[345]. Non vi sono indizi che consentano di provare che tra i materiali destinati a calcinazione vi fossero anche gli stessi ciottoli e ghiaie carbonatiche prelevati direttamente dai distretti fluviali a cui sopra si è fatta menzione.

In determinati settori strutturali, quali la platea di fondazione, vennero adottate tecniche particolari di messa in opera dei materiali. In tale ambito, vennero gettate, per livelli, colate in *opus caementicium* ad elevata frazione terrigena, alternate, in maniera non sistematica, a stratificazioni più depurate, secondo una tecnica comparabile col c.d. "magrone" adoperato ancor oggi nelle fondazioni a fini di bonifica e consolidamento del terreno[346]. Più difficile è desumere informazioni circa il metodo di costruzione della platea; non vi è innanzitutto alcuna traccia che permetta di ipotizzare la modalità di realizzazione del taglio, ossia se esso fosse stato realizzato in cavo libero, in cavo libero successivamente armato, come altrove documentato[347], o in tecnica mista[348]; appare comunque improbabile considerare l'incisione su terreni intrisi d'acqua, tanto che la natura area e la composizione nel complesso friabile delle gettate in *opus caementicium* indagate tramite il carotaggio S2, ne rende totalmente impossibile la presa diretta in ambiente acquifero[349]. Diversi elementi permettono invece di supporre che il cavo fosse realizzato su terreni non particolarmente imbibiti[350] e solo intaccando stratificazioni profonde si intercettò l'acqua di falda in risalita, che si tentò di contrastare gettando miscele appositamente predisposte per fornire una sorta di debole impermeabilizzazione alle fondazioni strutturali.

L'aggregato litico disponibile in cantiere doveva essere poi altamente setacciato, recuperando solo la frazione più fine da impiegare per la produzione delle miscele del Gr 3. Queste miscele si caratterizzano infatti per l'assenza di frazione grossolana; essendo così facilmente lisciabili e spianabili, erano sistematicamente applicate nel corso della messa in opera di elementi con superficie piana quali possono essere i laterizi sesquipedali padani che costituiscono le spallette dei tre condotti fognari indagati (fig. VI.29). In virtù della maggior classazione, le miscele del Gr 3 appaiono più grasse rispetto a quelle del Gr 1 e Gr 4, con rapporti L/A che rispecchiano i precetti tramandati dalla tradizione scritta del periodo[351]. L'impiego di malte totalmente aeree dimostra come non fosse stata riposta dai costruttori alcuna particolare attenzione all'impermeabilizzazione dei condotti destinati allo scolo delle acque reflue.

Materiali differenti erano infine impiegati nella preparazione dei rivestimenti pavimentali. La stretta analogia composizionale dei due campioni del Gr 2 permette di ascrivere all'operato di una medesima maestranza queste stesure di preparazione per la messa in opera di rivestimenti pavimentali (fig. VI.29). I pavimenti di per sé sono tuttavia differenti: quello rinvenuto in uno dei corridoi interni nel settore del podio (da cui proviene il campione BRU_PREP_4) era in mattonato, mentre il secondo (da cui proviene il campione BRU_PREP_9) è un piano in cementizio esterno all'edificio scenico. Non essendo pavimentazioni di particolare impegno, non

[345] Diversamente da quanto osservato per i paramenti delle strutture murarie, nell'*opus cementicium* erano infatti impiegati indistintamente litotipi differenti (PREVIATO, MAZZOLI 2018, p. 192), alcuni dei quali riferibili a calcari di Aurisina, materiale che nell'anfiteatro aquileiese sembrerebbe impiegato preferibilmente per la realizzazione di elementi architettonici (PREVIATO, MAZZOLI 2018, p. 191).

[346] BASSO 2018c, p. 221.

[347] Armature lignee dei tagli di fondazione delle colate cementizie sono state osservate in relazione all'anfiteatro (MATTEINI 2004, p. 37) e del teatro (SACCHI 2007, p. 231; SACCHI *et alii* 2011, p. 37, 40) di Milano.

[348] Sulla tecnica del cavo libero e in cavo armato cfr. GIULIANI 2006, pp. 170-172.

[349] Purtroppo, nessun elemento prova l'impiego o meno di pompe per l'aspirazione dell'acqua (circa gli indicatori archeologici cfr. ANTICO GALLINA 2004), né di sistemi di cassoni a doppia paratia con intercapedine coibentata con argilla, generalmente addottati nella costruzione di moli, nei casi in cui non si disponga di materiali pozzolanici (GIULIANI 2006, pp. 173-175, da VITR. *De arch*., V, 12, 5).

[350] La natura paludosa delle acque della zona della Marignane dove venne edificato l'anfiteatro (cfr. da ultimo BASSO 2018e, pp. 247-248) dovrebbe quindi essere vincolata a stagnazioni superficiali di acqua depositatasi in seguito ad episodi alluvionali, piuttosto che da affioramenti superficiali di livelli di falda sotterranea.

[351] In relazione a miscele generiche prodotte nell'ambito della costruzione di murature. Cfr. VITR., *De arch*, II, 5, 1; PLIN. *Nat. Hist.*, XXXVI, 174-175.

si deve escludere che i gruppi di *pavimentarii* non specializzati[352] non differissero dalle squadre di operai *caementarii*[353] impegnate anche nell'ambito della costruzione di altri elementi strutturali. Le miscele in cocciopesto grossolano particolarmente magre del Gr 2 risultano comunque tanto differenti, non solo nei materiali costituenti, ma anche come modalità di miscelazione, rispetto alle miscele strutturali del Gr 1 e 4. Ciò lascerebbe suggerire che una specifica maestranza di *pavimentarii* fosse addetta alla messa in opera delle sole pavimentazioni e che si potevano impiegare materie prime differenti in base alla funzione che i materiali cementizi dovevano svolgere.

Poco si può dire invece riguardo al campione BRU_PREP_6 che costituisce probabilmente la preparazione di un rivestimento pavimentale del tutto asportato di un vano di servizio, o potrebbe essere esso stesso parte di un piano pavimentale in malta di un vano[354]. Come osservato in corso di scavo, tale tecnica pavimentale costituisce comunque un *unicum* nel contesto in esame[355], e non è da escludere che si possa ascrivere ad un rifacimento più tardo rispetto all'impianto originario.

Periodi IV-VIII. Nessun campione riferibile a questi periodi è stato preso in esame in questo studio.

[352] DUNBABIN 1999, p. 275. Tale definizione potrebbe essere altrimenti destinata solamente a coloro che si occupavano della preparazione delle miscele del massello preparatorio (*ibidem*, nota 37).

[353] GIULIANI 2006, p. 248.

[354] Preparazioni pavimentali con miscele di calce e sabbia selezionata sono infatti spesso impiegate per la preparazione di pavimentazioni povere ad Aquileia quali pavimenti in cubetti fittili o in mattoni, nonché, dall'età tardo antica, per mosaici (soluzione pavimentale quest'ultima facilmente escludibile per il contesto qui in esame). Piani in malta di simile composizione sono inoltre spesso attestati. Cfr. a riguardo DILARIA *et al*. 2016; SECCO *et al.* 2018.

[355] GRAZIOLI 2018, p. 98.

4 - GRANDI TERME

4.1 – INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E STORIA DELLE RICERCHE

L'area demaniale presso via XXIV Maggio dove si trovano le c.d. Grandi Terme venne indagata per la prima volta da G. Brusin nel 1922, in seguito al rinvenimento occasionale, nell'allora Fondo Pasqualis, di un lacerto musivo con raffigurazioni di atleti (fig. VI.32)[356].



Fig. VI.32- Aquileia, Grandi Terme. Mosaico con raffigurazioni di atleti dai settori settentrionali dell'edificio (Aula A1). Da BERTACCHI 1980a.

Col progredire degli scavi, le dimensioni considerevoli del pavimento (32 x 22 m) fecero da subito supporre l'esistenza di un grande edificio a destinazione pubblica di età mediotardo imperiale. Nel 1961, L. Bertacchi condusse ulteriori indagini che misero in luce un'altra serie di pavimenti musivi, resti di elementi architettonici e colonne, nonché lacerti di volte in crollo. L'imponenza delle evidenze indirizzò la studiosa ad interpretare l'edificio come un impianto termale[357], dalle dimensioni così imponenti da determinarne l'appellativo di "Grandi Terme", in quanto erano probabilmente tra le più grandi di epoca romana.

Le attività di scavo ripresero nuovamente negli anni '80 del novecento sotto la direzione di P. Lopreato e si concentrarono soprattutto nella porzione settentrionale dell'area, la c.d. Aula Nord (A1), e nella fascia compresa tra questa e l'Aula Sud (A3), dove venne messo in luce un grande ambiente con pavimento in *opus sectile*, interpretato come *frigidarium* (A2), con adiacenti vasche per l'acqua (fig. VI.33)[358].

Ulteriori attività di scavo, mirate a comprendere planimetria ed estensione dell'edificio termale, sono state condotte dall'Università di Udine dai primissimi anni duemila e sono attualmente in corso. Nel corso anni è stato così possibile indagare l'area della *natatio*[359] e del *calidarium/tepidarium*[360] oltre ad una ulteriore serie di ambienti, dislocati a sud, est e nord rispetto a quelli già intercettati dagli scavi degli anni precedenti che verranno di seguito descritti più dettagliatamente[361]. Inoltre, a nord, una trincea aperta nel 2002 ha messo in luce tracce della frequentazione esterna all'area termale[362]. A sud invece, le indagini, in corso dal 2004, hanno condotto all'individuazione del perimetrale meridionale delle terme, dove si sono osservati interessanti episodi connessi all'abbandono dell'edificio e alle fasi di frequentazione altomedievale dell'area[363]. Negli ultimissimi anni infine gli scavi si stanno concentrando soprattutto nell'area

[356] BRUSIN 1922; BRUSIN 1923.
[357] Da ultimo cfr. BERTACCHI 1981.
[358] Cfr. da ultimo LOPREATO 2004.
[359] FALES *et alii* 2003, cc. 199-204; RUBINICH 2004a, cc. 610-613; RUBINICH 2004b, p. 691.
[360] FALES *et alii* 2003, cc. 204-208; RUBINICH 2004a, cc. 613-615; RUBINICH 2004b, p. 696.
[361] Cfr. §4.2.
[362] FALES *et alii* 2003, cc. 217-220.
[363] RUBINICH 2004a cc. 615-618; RUBINICH 2006; RUBINICH 2007; RUBINICH 2008; RUBINICH 2009; RUBINICH 2010.

nord-orientale del complesso, dove si stanno mettendo in luce una serie di ambienti che furono oggetto di intense attività di ristrutturazione e rifacimento[364].

4.2 - ARTICOLAZIONE PLANIMETRICA E FASI EDILIZIE

Fase I - La costruzione. L'edificio termale delle c.d. Grandi Terme occupa una zona di 2,5 ettari in un'area della città antica di Aquileia sita tra il teatro e l'anfiteatro. Seppur sulla data di costruzione non sia ancora stata fatta del tutto chiarezza, il periodo in cui l'impianto termale venne edificato dovrebbe risalire alla prima metà del IV sec. d.C. Una chiara testimonianza epigrafica a supporto di questa datazione è offerta dal rinvenimento di una iscrizione in cui sono menzionati i *praeposti operum* che, con il benestare della famiglia di Costantino, si impegnarono nella realizzazione delle *Thermae Felices*[365]. L'ipotesi di una datazione più tarda, che farebbe slittare il momento di realizzazione dell'impianto alla metà del IV sec. d.C., si basa sulla segnalazione di P. Lopreato del rinvenimento di una moneta di Costanzo II, databile tra 348-350 d.C., dai mosaici dell'Aula Nord[366]. È quindi verosimile ritenere che, data anche l'ampiezza del complesso, la costruzione, iniziata entro la fine degli anni '30 del IV sec. d.C., sia stata poi conclusa dai successori di Costantino[367].

L'impianto, di tipico stampo imperiale con ambienti simmetricamente raddoppiati (fig. VI.33)[368], era impostato lungo un asse nord-est/sud-ovest il cui fulcro verte sul grande *frigidarium* centrale (45 x 22 m), decorato con pavimentazione in *opus sectile* (ambiente A2). A nord e sud di questo si aprivano due aule di eguali dimensioni (32 x 22 m), rispettivamente definite A1 (Aula Nord) e A3 (Aula Sud), interpretate come palestre/*apodyteria*[369] che consentivano l'accesso al *frigidarium* attraverso corridoi pavimentati in *opus sectile*. A nord, ovest e sud del *frigidarium* vi erano sei vasche accoppiate a due a due, mentre ad est si apriva una lunga *natatio* (40 x 20 m). A est dell'Aula Sud (e verosimilmente anche rispetto all'Aula Nord) erano ambienti disposti su *suspensurae* (A12, A13), che erano quindi probabilmente riscaldati. Lo scavo di lunga trincea nella parte occidentale dell'area ha permesso di mettere in luce quelle che sono state interpretate come le camere di combustione connesse all'impianto di riscaldamento delle terme[370]. Immediatamente ad ovest si chiudeva il recinto dello spazio termale con una grande esedra, che per ora è stata evidenziata solo tramite prospezioni geofisiche, effettuate nel 2011[371], e foto aeree[372]. Il limite meridionale dell'edificio è stato riconosciuto in un lungo muro di chiusura dell'ambiente A13 oltre il quale è un porticato affacciato su un decumano urbano[373]; il perimetrale orientale, seppur mai indagato, è da collocarsi verosimilmente al di sotto della

[364] RUBINICH 2014, pp. 105-108; RUBINICH 2018, p. 103-104; RUBINICH 2019, pp. 130-131. Una prima notizia è in RUBINICH 2010, p. 53.

[365] Non è chiaro se l'imperatore citato nell'iscrizione sia da riconoscere in Costantino e non piuttosto nel figlio Costantino II (337-340 d.C.) cfr. REBAUDO 2004, cc. 299-301; RUBINICH 2014, p. 112; RUBINICH 2013, p. 89 e scheda pp. 308-309.

[366] RUBINICH 2014, p. 112. Tuttavia, non viene riportata una chiara descrizione del punto specifico di rinvenimento e non è pertanto possibile considerare il dato numismatico come un elemento valido per la datazione dell'edificio. I recenti rinvenimenti di monete di Costanzo II (350-351 d.C.), Arcadio (383-408) e Onorio (395-423d.C.), seppur in qualche modo in relazione con i pavimenti dei settori settentrionali, sembrerebbero provenire da livelli post-abbandono dell'edificio (cfr. RUBINICH 2014, pp. 112-113).

[367] RUBINICH 2014, p. 112.

[368] Sull'impianto e la scansione degli ambienti cfr. da ultimo RUBINICH 2014, pp. 98-108. Per ulteriori confronti cfr. inoltre REBAUDO 2004, cc. 290-304. Un confronto diretto con le terme di Caracalla a Roma è in RUBINICH 2018.

[369] BRUSIN 1922, p. 188; BERTACCHI 1981a, cc. 60-64; Ipotesi avvallata anche da REBAUDO 2004, c. 304.

[370] BERTACCHI 1981, coll. 49-53.

[371] RUBINICH 2014, p. 101 e fig. 5.

[372] RUBINICH 2008, p. 166 e fig. 7; RUBINICH 2011, p. K3 e fig. 1, p. 4.

[373] RUBINCH 2007, p. 137; RUBINICH 2010, p. 53; RUBINICH 2011, pp. 3-4 e nota 1; RUBINICH 2014, p. 103.

moderna via XXIV Maggio. Infine, dal profilo assunto dalla spoliazione, si suppone che il perimetrale nord dovesse essere scandito da pilastri, aggettanti all'esterno, che sorreggevano colonne o, più probabilmente, semicolonne addossate alle pareti[374].

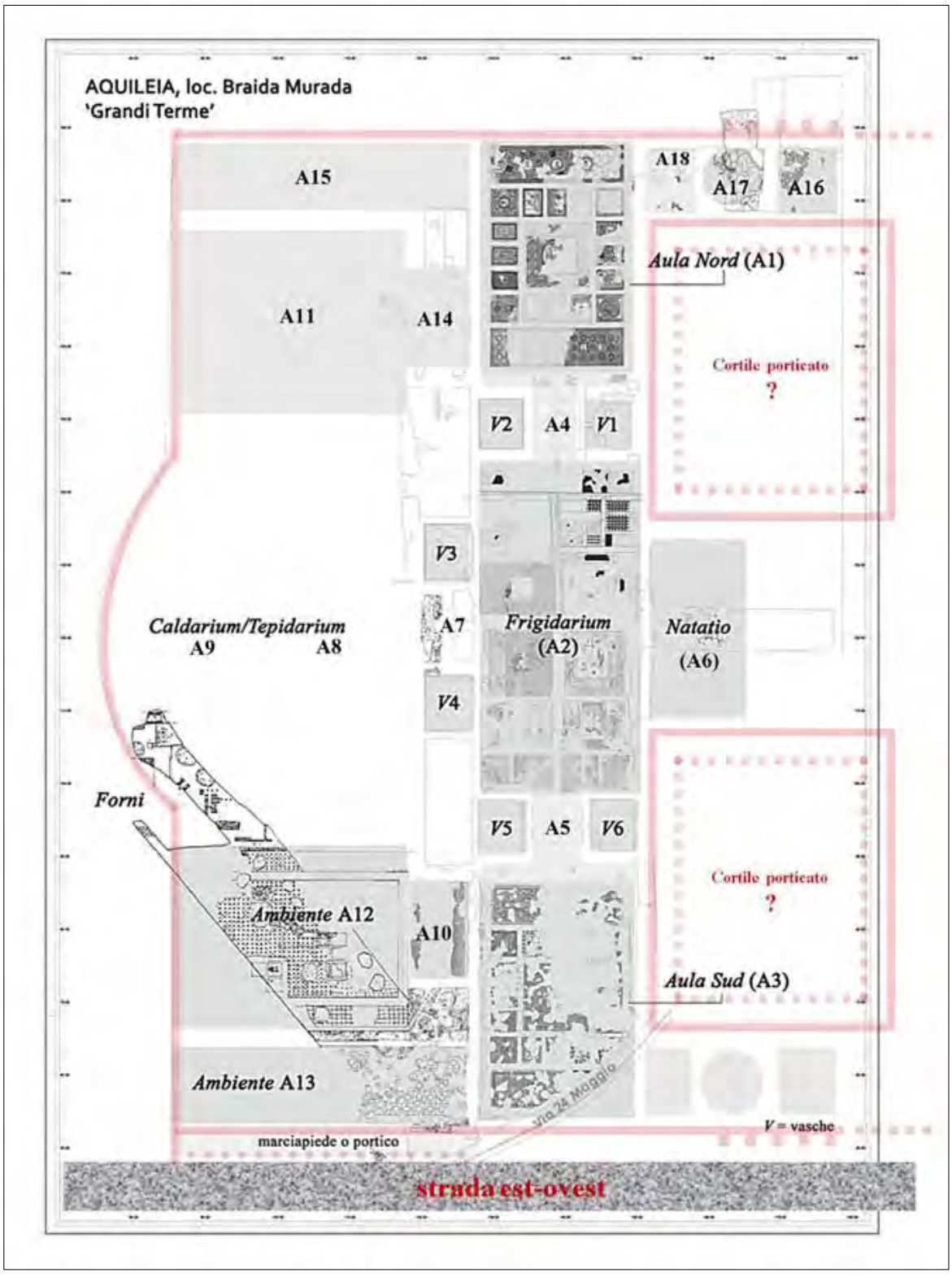


Fig. VI.33- Aquileia. Pianta ricostruttiva delle Grandi Terme in loc. Braida Murada (da RUBINICH 2014, fig. 1, p. 99).

[374] RUBINICH 2014, pp. 98, 101.

Recenti indagini hanno inoltre messo in luce una serie di ambienti (A16, A17, A18), dislocati ad est dell'aula A1, che andavano ad aprirsi su un cortile porticato, la cui esistenza è per ora solo ipotizzata[375]. Questi vani, nella fase di impianto dell'edificio, erano strutturati come un unico grande settore, definito S20, costituito da una grande piattaforma cementizia costruita fuori terra, delle dimensioni di 13 x 16 (o 20) m. Essa era costituita da filari planari di mattoni interi o in frammenti (di cui finora osservati tre corsi), legati da stesure di una miscela ad alta frazione fittile. La fondazione appare invece composta da blocchi e spezzoni lapidei. La piattaforma S20 doveva fungere da basamento per una serie di almeno due vasche rettangoli che inquadravano una vasca circolare posta al centro del settore (fig. VI.34)[376].

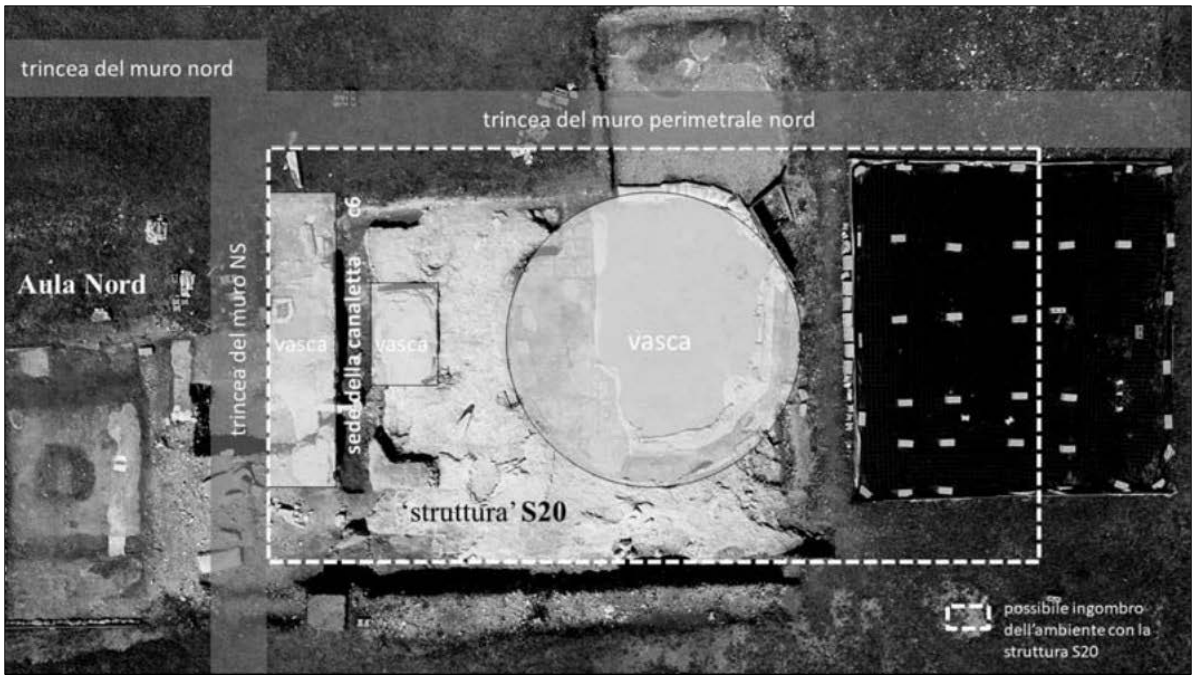


Fig. VI.34 - Aquileia, Grandi Terme. La piattaforma S20 di supporto alle vasche per l'acqua (da RUBINICH 2018, fig. 13, p. 102).

Fase II - I primi restauri. Il complesso termale subì, col tempo, ad una serie di ristrutturazioni edilizie che hanno interessato soprattutto i piani pavimentali e le decorazioni parietali, lasciando pressochè inalterata la fabbrica architettonica nel suo complesso. Ai restauri vengono ascritti i pavimenti di raccordo delle vasche V2 e V1, i tessellati dell'ambiente A 13 e A10 e le pavimentazioni a grandi tessere degli ambienti A12, A11, A16 e A17. Sulla base di confronti stilistici e dei materiali ceramici dai livelli preparatori, questa fase è inquadrabile tra la fine del IV sec. d.C. e gli inizi del V sec. d.C.[377].

Fase III - Ulteriori ristrutturazioni. Ulteriori restauri si datano ai primi decenni del V sec. d.C. [378] e sono testimoniati da nuovi rifacimenti pavimentali di cui si conservano alcuni rivestimenti in *opus sectile* e tessellato, come quello individuato nell'ambiente A12. Un mosaico raffigurante Nereide che cavalca un Tritone[379], posto in obliterazione di una pavimentazione in grandi tessere di seconda fase del vano A17, è connesso con l'impianto di un grosso ambiente ottagonale che attesta una importante ristrutturazione dei settori settentrionali dell'edificio in questo periodo.

375 RUBINICH 2014, pp. 105-108 e 114.
376 RUBINICH 2018, pp. 103-104. Un ulteriore nota è in RUBINICH 2019, p. 130.
377 Secondo le ultime considerazioni cronologiche presentate in RUBINICH 2014, p. 114.
378 RUBINICH 2014, p. 114-115; RUBINICH 2019, p. 131.
379 Per uno studio stilistico de mosaico cfr. PAOLUCCI 2017d, pp. 253-254.

Fase IV - La frequentazione precaria e l'abbandono. Nel corso del VI sec. d.C. e durante l'età altomedievale cominciò, e venne poi intensificandosi, la progressiva defunzionalizzazione dell'edificio termale, che continuò a vedere, cionondimeno, ancora una precaria frequentazione: modeste strutture e piccole abitazioni si andarono ad impostare in questo periodo sui ruderi delle grandi aule termali; resti di sepolture del periodo sono state inoltre rinvenute nel settore meridionale[380].

Nel corso dell'età rinascimentale e moderna si avviarono i grandi spogli che diedero il toponimo al sito di "Braida Murada", ossia "campo urbano racchiuso da murature". Parte dei crolli degli alzati e delle volte vennero riutilizzati per nuove costruzioni, i marmi e gli elementi lapidei spoliati, reimpiegati o calcinati per la produzione di calce[381].

4.3 - TECNICHE COSTRUTTIVE E MATERIALI DA COSTRUZIONE[382]

4.3.1 - *Fondazioni e strutture murarie*

Da quanto è stato possibile vedere, sembra che l'intero complesso termale sia stato realizzato al di sopra di una imponente platea cementizia[383]. Essa, che può essere identificata, con buon grado di sicurezza, nello "zatterone" riportato da L. Bertacchi a 3 m di profondità dal piano campagna[384], è stata intravista in diversi settori delle terme[385] e doveva sicuramente fornire un basamento solido a supporto della fabbrica architettonica, essendo il suolo aquileiese, per sua natura, particolarmente cedevole e oggetto di infiltrazioni, a causa della costante risalita dell'acqua di falda.

Al di sopra di tale fondazione strutturale vennero ad impostarsi i poderosi alzati murari dell'edificio termale. I livelli di calpestio, rialzati tramite consistenti riporti preparatori, erano quindi disposti a quota decisamente più alta rispetto al piano di imposta dei setti murari[386]. Il

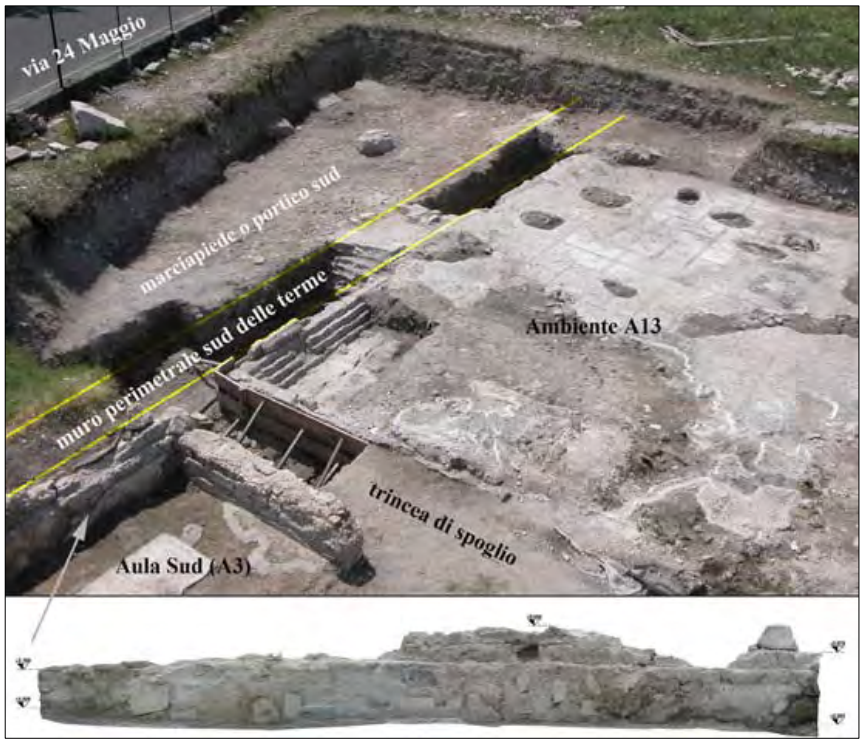


Fig. VI.35 - Aquileia, Grandi Terme. Al centro dell'immagine si possono osservare i sistemi di contraffortamento a gradoni dei setti murari dell'edificio (da RUBINICH 2014, fig. 8, p. 104).

[380] RUBINICH 2006, p. 155; RUBINICH 2008, pp. 164-165; RUBINICH 2012a, pp. 624-628.

[381] RUBINICH 2004a, cc. 614-615; RUBINICH 2006, p. 152; RUBINICH 2007, pp. 138-139; RUBINICH 2012a, pp. 628-635.

[382] Per uno studio sulle tecniche costruttive delle Grandi Terme cfr. PREVIATO 2015, pp. 133-146.

[383] RUBINICH 2014, p. 101.

[384] BERTACCHI 1994, p. 448.

[385] P. Lopreato riporta che la fondazione delle terme consisteva in una imponente piattaforma in mattoni (LOPREATO 2004, p. 374).

[386] PREVIATO 2015, p. 134 e nota 782.

discreto grado di conoscenza delle sottofondazioni dei piani pavimentali si deve in buona misura alle ingenti attività di spoliazione post antiche che hanno determinato l'asporto dei materiali costituenti le murature fino ai piani di imposta fondazionali, mettendo così a vista i sottofondi dei piani pavimentali.

D'altro canto, poco sappiamo delle tecniche costruttive delle murature dell'edificio. Da quanto si è conservato, si è potuto osservare come alcuni dei muri portanti fossero a corpo pieno e realizzati interamente in laterizi[387]. Erano costruiti con questa tecnica i setti perimetrali dei grandi ambienti termali, quali il muro di chiusura nord e sud del vano A13[388], il perimetrale nord dell'ambiente A12 con l'ambiente A14[389] e il muro d'angolo sud-ovest del salone del *frigidarium*[390]. In conglomerato era invece il muro di chiusura sud dell'ambiente A12[391]. Delle altre strutture murarie possiamo invece ricavare solamente l'ingombro, sulla base dei profili delle fosse di spoliazione.

Nella porzione inferiore degli alzati murari, a diretto contatto con la fondazione, le murature erano contraffortate con delle strutture in laterizi a gradoni, che avevano in parte funzione di sostegno e in parte permettevano di contenere meglio i riporti di preparazione delle pavimentazioni. Tale tecnica, non documentata altrove ad Aquileia, è impiegata nella costruzione di diversi vani dell'impianto termale (fig. VI.35)[392].

4.3.2 - *Le infrastrutture idrauliche*

L'edificio termale era inoltre dotato di un sofisticato sistema di condotti e infrastrutture idrauliche (fig. VI.36)[393]. Alcune canalizzazioni, forse per l'adduzione di acqua, sono realizzate in mattoni e rivestite internamente da uno strato in cocciopesto[394]. Altre, come quella che attraversava il *frigidarium*, erano invece realizzate in pietra, con copertura in lastre di calcare e fondo in lastre di marmo, in parte sicuramente di reimpiego[395].

Per quanto riguarda le forme di adduzione idrica, molto spesso sono state rinvenute *fistulae* in piombo per l'adduzione dell'acqua alloggiate all'interno delle canalette[396].

Sei grandi vasche, di dimensione variabile (in genere di 7 x 6 m), erano invece dislocate, a coppie, a nord, ovest e sud rispetto al *frigidarium* ed erano costruite in conglomerato gettato entro cassaforme[397]. Le malte di rivestimento, sui cui erano adese lastre marmoree, erano realizzate con miscele ad alta frazione fittile[398]. La *natatio* era rivestita con lastre litiche e marmoree e vi si accedeva tramite una scalinata[399]. La preparazione era costituita da più strati di cocciopesto alternati ad assise di laterizi, di spessore complessivo di 90 cm[400]. Inoltre, tutta un'altra serie di strutture interpretate come vasche erano dislocate nel settore nord-orientale dell'edificio e poggiavano su una grossa piattaforma cementizia denominata S20, legata con malte di cocciopesto ad altra frazione fittile[401].

---

[387] Riconosciute come murature con alzato a corpo omogeneo in mattoni disposti per assise orizzontali e legati da malta (cfr. tipologia A8 in PREVIATO 2015, pp. 292-299).

[388] RUBINICH 2007, p. 133. Il muro meridionale è pure il perimetrale sud dell'intero edificio termale.

[389] BERTACCHI 1981a, c. 51.

[390] LOPREATO 2004, p. 348.

[391] BERTACCHI 1981, c. 48. Della tipologia A13, alzati in opera mista (cfr. PREVIATO 2015, pp. 306-313).

[392] Sul vano A13 cfr. RUBINICH 2006, p. 154.

[393] Sulla gestione delle infrastrutture idriche del complesso termale e loro assetto cfr. RUBINICH 2018.

[394] BERTACCHI 1981a, c. 58; PREVIATO 2015, p. 140.

[395] REBAUDO 2006, pp. 456-458; PREVIATO 2015, p. 140.

[396] LOPREATO 2004, pp. 342 e 345.

[397] REBAUDO 2006, p. 458; LOPREATO 2004, p. 339, 348. Le vasche settentrionali presentavano inoltre muretti in cocciopesto spessi 15 cm su cui era steso poi il rivestimento.

[398] LOPREATO 2004, p. 339.

[399] RUBINICH 2004a, c. 611; RUBINICH 2014, p. 102.

[400] FALES *et alii* 2003, c. 200; RUBINICH 2004a, c. 611.

[401] RUBINICH 2014, p. 108; RUBINICH 2018, pp. 103-104; RUBINICH 2019, p. 130.

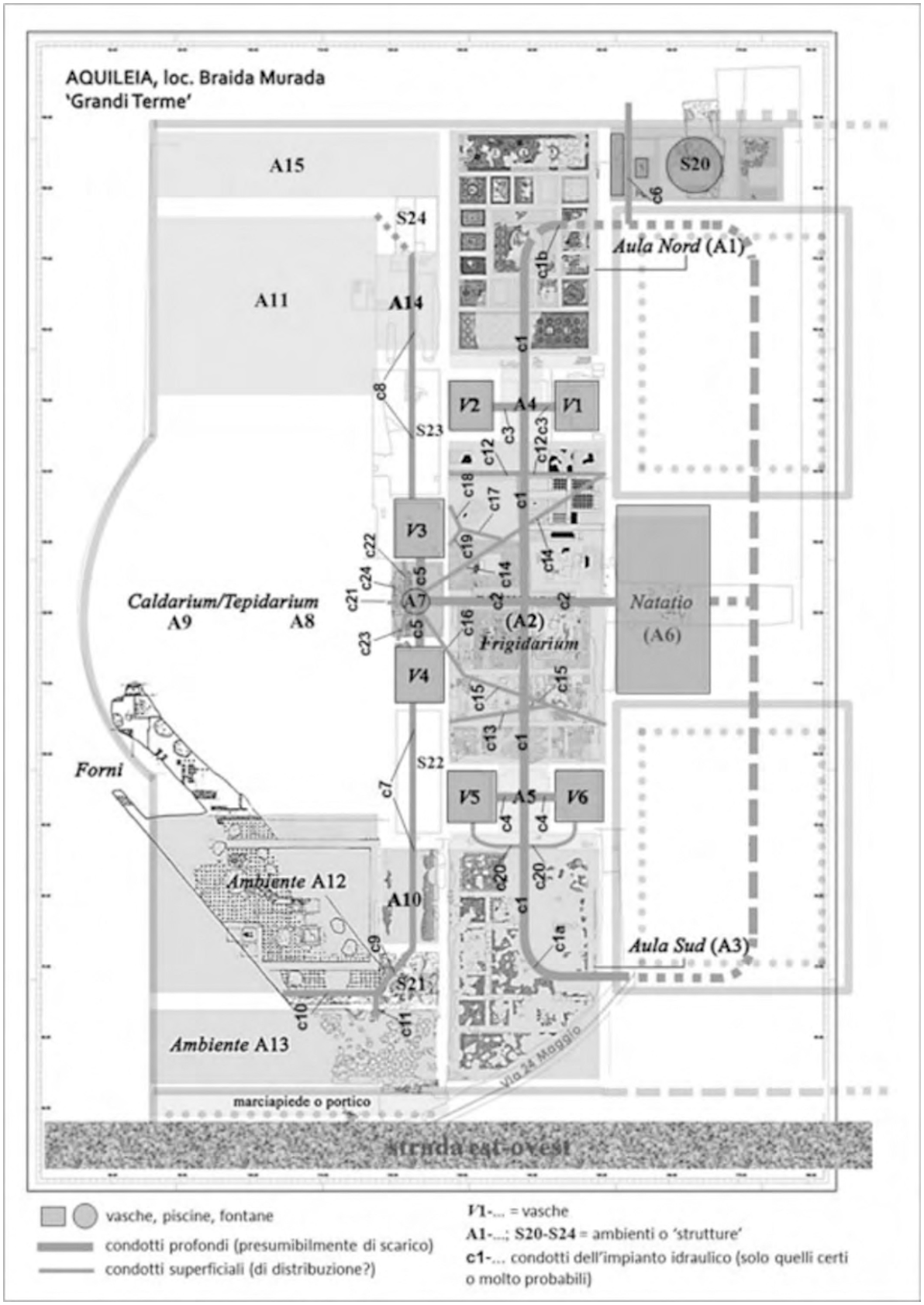


Fig. VI.36 – Aquileia, Grandi Terme. Pianta generale dell'edificio (Fase I) con ricostruzione di ubicazione e conformazione planimetrica dei condotti per l'adduzione e lo smaltimento dell'acqua, ricostruiti sulla base delle evidenze di scavo (da RUBINICH 2018, fig. 2, p. 93).

4.3.3 - *Le preparazioni pavimentali e le pavimentazioni*

Molti ambienti erano dotati di pavimenti ad ipocausto, funzionali al passaggio dell'aria calda. Un caso è rappresentato dall'ambiente A12, dotato di *suspensurae* poggianti su pilastrini in mattoni circolari bollati[402]. Su queste erano anche i piloni in cementizio, laterizi ed elementi lapidei di reimpiego, che dovevano sorreggere le volte dell'ambiente[403]. Alla stessa maniera, anche l'ambiente A8, connesso con l'area del *calidarium*, era dotato di *suspensurae* su pilastrini[404], così come doveva essere per l'ambiente A11 simmetrico, a nord, al vano A12[405].

Gran parte delle pavimentazioni dell'edificio erano in *opus sectile* o tessellato[406]. La maggior parte dei mosaici del settore meridionale vennero allettati su preparazioni pavimentali disposte in stesure a più strati di malte e calcestruzzo. Ad esempio, il pavimento di II fase del vano A13 presenta un'ottima preparazione, composta da più livelli in malta e calcestruzzo. Anche l'*opus sectile* del *frigidarium* era allettato su un possente massetto a più stesure di cocciopesto grossolano e cocciopesto, a cui sono frammisti numerosi listelli di anfore[407]. La preparazione di alcuni piani mosaicati delle Aule Nord e Sud appare invece più scadente e resa con malte di scarsa consistenza[408]. Lo stesso si può dire di alcuni pavimenti degli ambienti A16 e A17.

Viene con frequenza riscontrata la presenza dello strato di allettamento delle tessere musive nella realizzazione dei mosaici dei settori settentrionali[409].

4.3.4 - *I sistemi di copertura*

Diverse sono anche le informazioni circa il sistema di copertura delle Grandi Terme. Piccole volte a crociera, sostenute da colonne posate su grossi plinti di pietra, dovevano essere presenti sopra le vasche V1-V6 e sopra i corridoi A4 e A5. Crolli primari di blocchi di volte, probabilmente a botte, sono stati documentati in diverse occasioni sopra gli ambienti A8[410], A12 e A11[411]. Le volte erano realizzate in *opus caementicium* con *caementa* costituiti da grossolani frammenti di rocce vulcaniche di origine effusiva e piroclastica a funzione di alleggerimento. Non di rado sono state intraviste nervature in laterizi con funzione di sostegno delle colate in *opus caementicium*. Era già stato notato come alcuni di questi blocchi, interpretati come "cervello di volta", impiegassero come aggregato esclusivamente *caementa* di origine vulcanica mentre in altri, da riferire a porzioni inferiori delle coperture voltate, la componente litica fosse alternata a ricorsi di laterizi[412]. Blocchi di volte in crollo sono stati rinvenuti, più di recente, anche entro le fosse di spoglio dei muri dell'ambiente A17[413].

Si suppone invece che un tetto ligneo a spioventi con controsoffitto piano dovesse essere posto in copertura dell'ambiente A13[414]. Il soffitto e le pareti di questo spazio, perlomeno nella seconda fase, dovevano essere decorati con gli intonaci che in buona parte sono stati rinvenuti,

---

[402] BERTACCHI 1981, cc. 47-49.

[403] BERTACCHI 1981, cc. 44-45 e 49, RUBINICH 2006a, p. 155, RUBINICH 2014, p. 104. Si conserva parzialmente quello di S-E, mentre quello di N-E è visibile solamente in fondazione.

[404] RUBINICH 2014, p. 103.

[405] *ibidem*, p. 108.

[406] Per uno studio stilistico delle pavimentazioni cfr. da ultimo *Pavimenti di Aquileia* 2018, pp. 226-256.

[407] LOPREATO 2004, pp. 344, 346.

[408] FALES *et alii* 2003, c. 212; RUBINICH 2006, pp. 152-153.

[409] FALES *et alii* 2003, cc. 215-216.

[410] RUBINICH 2014, p. 103.

[411] *ibidem*, p. 111.

[412] BERTACCHI 1981, cc. 52-53; FALES *et alii* 2003, cc. 207 e 278 (nota 62); RUBINICH 2014, p. 103. Nelle relazioni di scavo viene utilizzato il termine di "pomice" che non è tuttavia del tutto esatto per descrivere questi prodotti vulcanici sotto il profilo della genesi geologica e della conformazione strutturale, analizzata nel dettaglio in questo studio. Cfr. a riguardo della natura del materiale §4.5.

[413] RUBINICH 2014, p. 111.

[414] RUBINICH 2014, p. 112. Non si esclude che pure l'ambiente A13 fosse coperto da volta a botte (cfr. *ibidem*, nota 56).

in giacitura secondaria, nelle colmate di bonifica effettuate in un momento successivo alla demolizione degli alzati di questo settore dell'edificio[415].

4.4 - CAMPIONAMENTO

Dall'area delle Grandi Terme sono stati prelevati un totale di 18 campioni (tav. 8, tab. VI.22), relativi a: a) Miscele di allettamento di paramenti e nuclei di strutture murarie (WM); b) Miscele leganti a stesura orizzontale e messe in opera con funzione strutturale, impiegate sia per colate di fondazione che come supporti preparatori pavimentali (PREP); c) miscele di allettamento o rivestimento di strutture idrauliche (CM); d) Miscele strutturali di sistemi di copertura (VM). Sono stati inoltre prelevati 3 campioni riferibili a *caementa* d'alleggerimento di volte (tab. VI.23), nonché tre tessere lapidee pertinenti al rivestimento di uno dei mosaici dell'edificio.

Campione	US	Funzione strutturale		Tipologia struttura		Ambiente	Fase	Cronologia
WM Samples								
GTR_WM_1	-	allettamento	struttura muraria	alzato - mattoni interi e fram. a stesura orizz.	A8	A13	Fase I	Prima metà IV d.C.
GTR_WM_2	-	allettamento	struttura muraria	plinto		A12	Fase I	Prima metà IV d.C.
PREP Samples								
GTR_PREP_1	1210	strutturale	prep. pavimentale	tessellato		A17	Fase III	Primi decenni V d.C.
GTR_PREP_2	1125	strutturale	prep. pavimentale	pavimento a grandi tessere		A16/17	Fase II	metà IV d.C. - inizio V d.C.
GTR_PREP_5	-	strutturale	prep. pavimentale	*opus sectile*		A2	Fase I	Prima metà IV d.C.
GTR_PREP_6	-	strutturale	prep. pavimentale	*opus sectile*		A2	Fase I	Prima metà IV d.C.
GTR_PREP_7	-	strutturale	prep. pavimentale	tessellato		A13	Fase II	IV sec. d.C. - V d.C.
- GTR_PREP_7 (T)		rivestimento		tessellato	tessere di calcare	A13	Fase II	IV sec. d.C. - V d.C.
GTR_PREP_10	329	strutturale	prep. pavimentale	tessellato		A10	Fase II	IV sec. d.C. - V d.C.
GTR_PREP_11	229	strutturale	prep. pavimentale	tessellato		A10	Fase II	IV sec. d.C. - V d.C.
GTR_PREP_12	-	strutturale	prep. pavimentale	tessellato		A10	Fase I (?)	Prima metà IV d.C.
GTR_PREP_14	1286	strutturale	piattaforma cementizia			S20	Fase I	Prima metà IV d.C.
GTR_PREP_15	1286	strutturale	piattaforma cementizia			S20	Fase I	Prima metà IV d.C.
GTR_PREP_16	1268	strutturale	piattaforma cementizia			S20	Fase I	Prima metà IV d.C.
CM samples								
GTR_CM_1	-	rivestimento	parete	struttura idraulica	vasca		Fase I (?)	Prima metà IV d.C.
GTR_CM_2	-	rivestimento	parete	struttura idraulica	vasca		Fase I (?)	Prima metà IV d.C.
VM samples								
GTR_VM_1	-	strutturale	*opus caementicium*	copertura	volta		Fase I (?)	Prima metà IV d.C.
GTR_VM_2	-	allettamento	nervatura	copertura	volta		Fase I (?)	Prima metà IV d.C.
GTR_VM_4	-	colata cementizia	*opus caementicium*	copertura	volta		Fase I (?)	Prima metà IV d.C.

Tab. VI.22 - Elenco dei campioni analizzati dal sito delle Grandi Terme con relative strutture di provenienza e inquadramento cronologico.

A causa di un tasso di spoliazione tale da determinare il pressoché totale asporto degli alzati fino alle più profonde quote di imposta, pochi sono i campioni che è stato possibile prelevare dalle strutture murarie delle terme. Dal perimetrale sud è stato prelevato un campione da una porzione di alzato della struttura in laterizi (GTR_WM_1)[416], salvatasi dalle attività di spoliazione (fig, VI.37, a). Un secondo proviene dall'allettamento dei laterizi di un plinto, interpretato come base di statua, individuato nell'ambiente A12 (GTR_WM_2)[417].

In numero maggiore sono i campioni prelevati da preparazioni di pavimentazioni o da strutture cementizie fondazionali. Sono riferibili a pavimentazioni musive di prima fase i campioni provenienti da pavimentazioni dell'ambiente A10 (GTR_PREP_12) e del *frigidarium* (GTR_PREP_5, 6)[418]. Sono stati prelevati inoltre campioni dalle preparazioni di pavimenti di fase

[415] Cfr. RUBINICH 2012b. Sul contesto di rinvenimento di questi materiale, alcuni dei quali sono stati campionati e analizzati in questo studio si veda Cap. VII, §1.2.

[416] Sulla tecnica muraria cfr. PREVIATO 2015, p. 293 e fig. 175, p. 294. La struttura è riconosciuta come muratura con alzato a corpo omogeneo in mattoni disposti per assise orizzontali e legati da malta (tipologia A8).

[417] Sulla interpretazione come base di statua cfr. RUBINICH 2014, p. 104; BERTACCHI 1981, cc. 48-49.

[418] Dalla preparazione del mosaico dell'ambiente A18 (per uno studio stilistico cfr. da ultimo PAOLUCCI 2017b, p. 251) proviene il campione GTR_PREP_3. Dalla preparazione de pavimento in *opus sectile* del *frigidarium* (per uno studio stilistico cfr. da ultimo PAOLUCCI 2017a, pp. 228-231) sono stati prelevati i campioni GTR_PREP_4, 5, 6, in zone

II (GTR_PREP_2, 7, 10, 11 fig, VI.37, b-d)[419], nonché dai restauri più tardi della fase III, tra cui vi è il mosaico con Nereide dell'ambiente A16 (GTR_PREP_1, fig, VI.37, e). Di un pavimento musivo sono inoltre state analizzate tre tessere musive (GTR_PREP_7_T) in calcare dal colore rosato.

Sono stati prelevati quattro campioni dalla piattaforma cementizia S20 che si suppone abbia potuto avere funzione di supporto ad una serie di vasche (GTR_PREP_14, 15, 16)[420].

Riferibili ad infrastrutture idrauliche sono due campioni di rivestimento parietale, purtroppo rinvenuti in giacitura secondaria entro strati di spoliazione post antichi nei pressi dell'area del *frigidarium*, ma che sono da riferire, con estrema probabilità, ai rivestimenti delle vasche delle terme (GTR_CM_1, 2)[421].

Infine, sono stati prelevati due campioni dagli spezzoni di volte in crollo dell'edificio (fig, VI.37, f), ancora visibili alcuni metri ad ovest del *frigidarium* (GTR_VM_1, 2)[422]. Di queste sono stati anche analizzati due campioni (GTR_VM_1_G e GTR_VM_1_N) dei *camenta* d'alleggerimento impiegati nelle volte selezionati in base alla presenza di due litotipi che già macroscopicamente apparivano differenti (fig. VI.38, a). Un ultimo campione (GTR_VM_4) proviene da un lacerto di volta rinvenuto tra i riempimenti post antichi del vano A10[423]. Anche in questo caso è stato preso un campione di *caementa* d'alleggerimento (GTR_VM_4_R) di un litotipo differente rispetto agli altri due sopra menzionati (fig. VI.38, b).

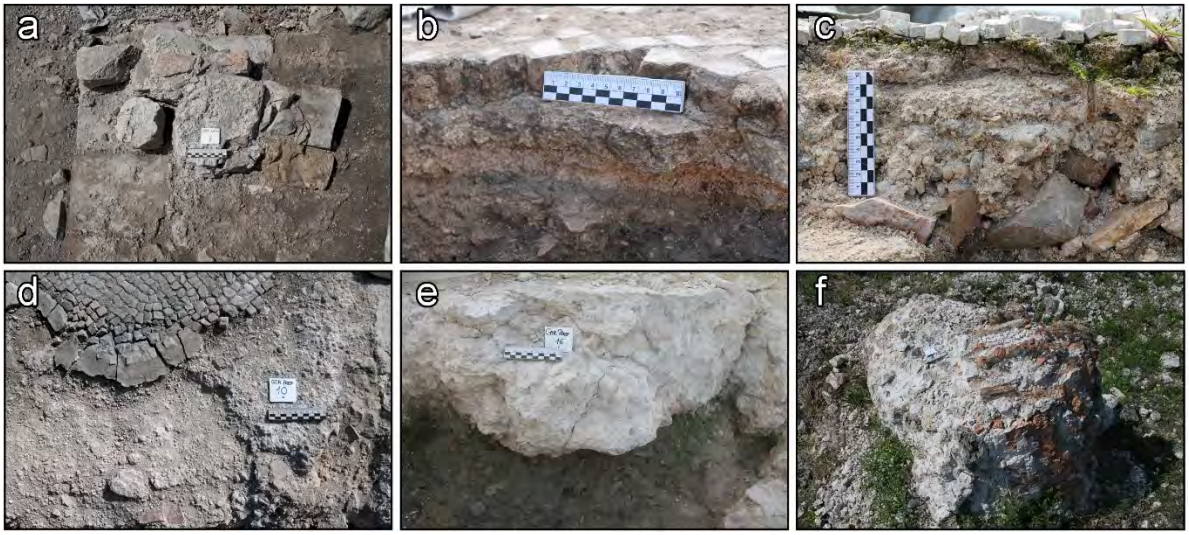


Fig. VI.37 – Aquileia, Grandi terme. Campionamento. a) Porzione di alzato del perimetrale sud dell'edificio, individuato presso l'ambiente A13; b) Preparazione pavimentale di un pavimento a grandi tessere di Fase II dall'ambiente a16/17; c) Preparazione pavimentale di un tessellato di fase II dell'abiente A13; d) Preparazione pavimentale di un tessellato di fase II (US 329) dall'ambiente A10; e) Campionamento della struttura S20 individuata nella porzione settentrionale dell'edificio termale; f) Campionamento delle miscele dell'*opus caementicium* costituente il corpo di uno dei lacerti in crollo delle volte di copertura dell'edificio termale.

diverse; Il pavimento di I fase dell'ambiente A13 (cfr. RUBINICH 2014, p. 103) è testimoniato solo da lacerti della preparazione (GTR_PREP_9). Riferibile alla prima fase è probabilmente anche il campione GTR_PREP_12 dal lacerto di preparazione individuato al di sotto del mosaico di fase II dell'ambiente A10 (inedito).

[419] il campione GTR_PREP_2 proviene dalla preparazione del mosaico a grandi tessere dell'ambiente A16/A17 (per uno studio stilistico cfr. da ultimo PAOLUCCI 2017c, pp. 252-253). Il campione GTR_PREP_7 proviene dalla preparazione del mosaico a motivi geometrici dell'ambiente A13 (per uno studio stilistico cfr. da ultimo PAOLUCCI 2017f, p. 256); I campioni GTR_PREP_10, 11 dalla preparazione del mosaico del vano A10 (per uno studio stilistico cfr. da ultimo PAOLUCCI 2017e, pp. 255-256).

[420] I campioni sono stati prelevati da più punti posti a quote differenti della struttura cementizia S20.

[421] Sulla tecnica costruttiva delle vasche cfr. §4.3.2.

[422] Sulle volte in questione cfr. FALES *et alii*, c. 207 e nota 62, c. 278. Il campione GTR_VM_2 nello specifico proviene dall'allettamento della nervatura in laterizi di una di queste volte, mentre i restanti sono da porzioni differenti della colata cementizia.

[423] Il blocco di volta in crollo proviene in questo caso da un consistente livello di riempimento di una fossa di spoliazione che incede le pavimentazioni dell'ambiente A10, in corso di scavo durante la campagna 2018.

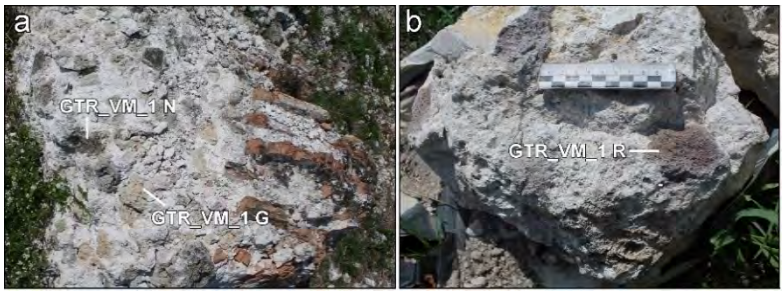


Fig. VI.38 - Aquileia, Grandi Terme. Campionamento dei *caementa* d'alleggerimento. La scelta dei campioni è stata valutata in base alle diversità delle caratteristiche cromatiche e tessiturali macroscopicamente apprezzabili dei prodotti vulcanici visibili all'interno della massa dell'*opus caementicium*.

Campione	US	Tipologia struttura		Tipologia materiale e colore			Fase	Cronologia
VM samples - *Caementa* d'allegerimento								
GTR_VM_1 G	-	volta	*opus caementicium*	pomice vulcanica	*yellow*	2.5Y - 8/6	Fase I (?)	Prima metà IV d.C.
GTR_VM_1 N	-	volta	*opus caementicium*	scoria pumicea vulcanica	*dark olive gray*	2.5Y - 3/2	Fase I (?)	Prima metà IV d.C.
GTR_VM_4 R	-	volta	*opus caementicium*	roccia effusiva vulcanica (lava)	*light reddish brown*	5YR - 6/4	Fase I (?)	Prima metà IV d.C.

Tab. VI.23 - Elenco dei campioni di *caementa* d'alleggerimento analizzati dal sito delle Grandi Terme con relative strutture di provenienza e inquadramento cronologico.

Campione	OM	XRPD - *bulk*	XRPD - *binder*	SEM-EDS	XRF
WM samples					
GTR_WM_1	x	x		x	
GTR_WM_2	x	x			
PREP Samples					
GTR_PREP_1	x	x		x	
GTR_PREP_2	x				
GTR_PREP_5	x	x	x		
GTR_PREP_6	x	x	x		
GTR_PREP_7	x	X		x	
GTR_PREP_10	x	x			
GTR_PREP_11	x				
GTR_PREP_12	x				
GTR_PREP_14	x	X		x	
GTR_PREP_15	x	X			
GTR_PREP_16	x		x		
PREP samples - elementi lapidei (tessere)					
GTR_PREP_7	x				
CM Samples					
GTR_CM_1	x	x	x	x	
GTR_CM_2	x				
VM Samples					
GTR_VM_1	x			x	
GTR_VM_2	x	x	x		
GTR_VM_4	x	x	x	x	
VM Samples – *caementa* d'alleggerimento					
GTR_VM_1_G	x	x		x	x
GTR_VM_1_N	x	x		x	x
GTR_VM_4_R	x	x		x	x

Tab. VI.24 – Elenco analisi archeometriche effettuate sui campioni in esame dell'anfiteatro aquileiese.

Prima di procedere alle analisi archeometriche, sono stati tagliati tramite troncatrice con lama diamantata sia i campioni di miscela legante (fig. VI.39) che i tre campioni di *caementa* d'alleggerimento impiegati nelle volte (fig. VI.40) e ne è stato effettuato un preliminare studio macroscopico delle caratteristiche salienti (riportato nella descrizione petrografica dei composti).

4.5 - RISULTATI DELLE ANALISI ARCHEOMETRICHE[424]

Su tutti i campioni in esame sono state effettuate analisi in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM).

Su una selezione di campioni, rappresentativi dei gruppi individuati in seguito ad analisi OM, sono state inoltre condotte indagini mineralogiche tramite analisi in diffrazione delle polveri, operate sia sui campioni massivi (XRPD-*bulk*) che sulla frazione legante.

Sono quindi state effettuate analisi chimiche e microstrutturali SEM-EDS finalizzate all'indagine della composizione chimica dei leganti e all'osservazione puntuale delle aree di reazione pozzolanica (tab. VI.24). Gli elementi lapidei analizzati (tessere) sono stati analizzati esclusivamente tramite indagine petrografica.

Oltre a queste tecniche analitiche, sui campioni di *caementa* d'alleggerimento sono state effettuate una serie di indagini geochimiche, tramite analisi XRF sul *bulk* dei prodotti piroclastici, al fine di determinarne la provenienza.

[424] I risultati delle analisi archeometriche sulle miscele leganti prelevate da strutture dell'anfiteatro aquileiese sono state già preliminarmente edite (cfr. DILARIA, SECCO 2018).

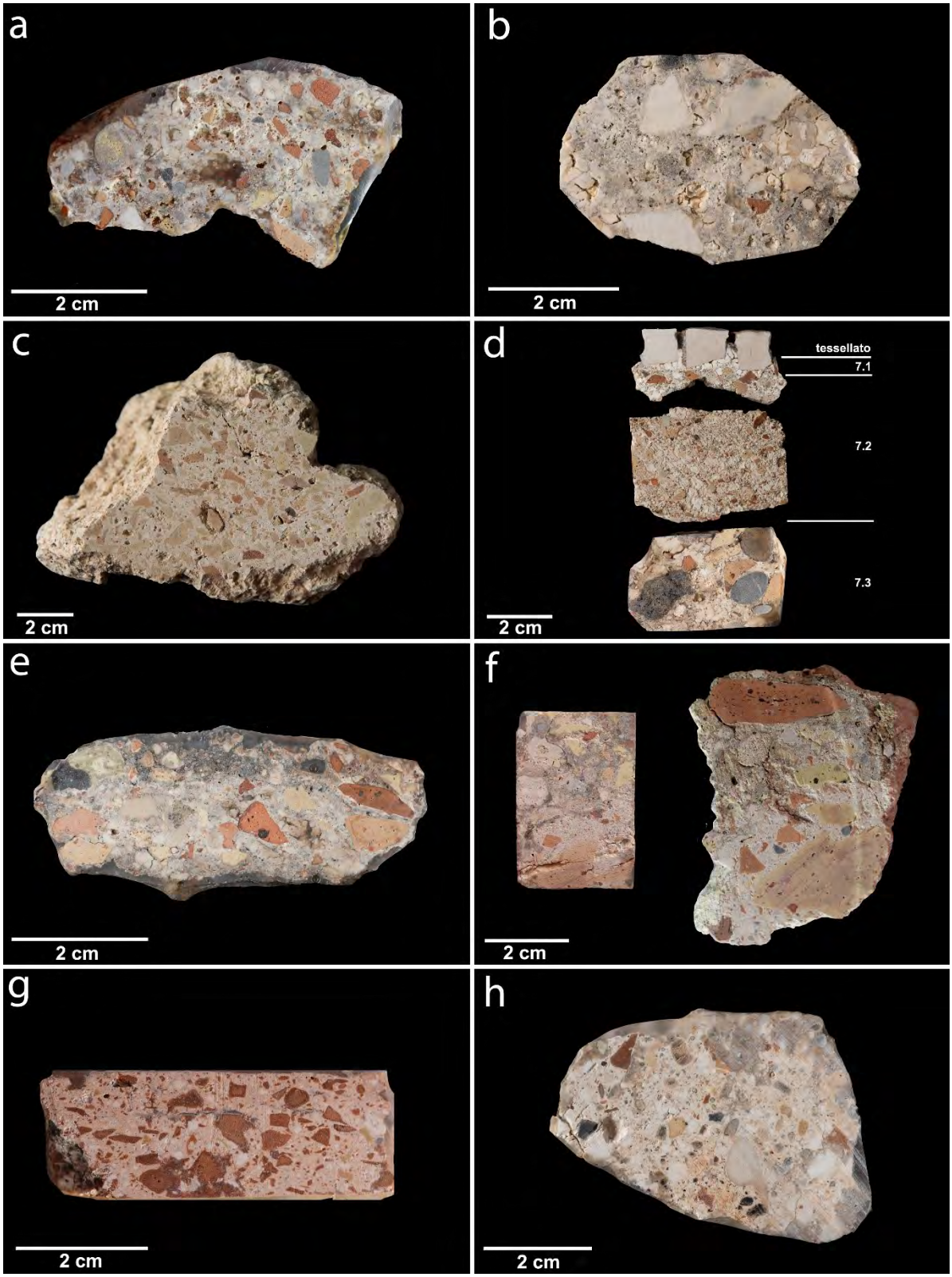


Fig. VI.39 – Tagli petrografici di una selezione di campioni di interesse prelevati dal sito delle Grandi Terme. a) GTR_WM_1 (dopo consolidamento in resina epossidica); b) GTR_PREP_1 (dopo consolidamento in resina epossidica); c) GTR_PREP_5; d) GTR_PREP_7. I diversi frammenti rappresentano l'intera sequenza preparatoria del pavimento (solo il livello GTR_PREP_7.3 è presentato dopo consolidamento in resina epossidica); e) GTR_PREP_10 (dopo consolidamento in resina epossidica); f) GTR_PREP_16 (a sx il campione dopo consolidamento in resina epossidica; a dx il campione massivo sezionato tale e quale); g) GTR_CM_1 (dopo consolidamento in resina epossidica); h) GTR_VM_4 (dopo consolidamento in resina epossidica).



Fig. VI.40 - Tagli petrografici dei tre campioni di *caementa* d'alleggerimento impiegati nelle volte delle Grandi Terme. a) GTR_VM_1_G, pomice vulcanica giallastra (2.5Y - 8/6); GTR_VM_1_N, scoria pumicea vulcanica grigio nerastra (2.5Y - 3/2); GTR_VM_4_R roccia effusiva magmatica (lava) rossastra (5YR - 6/4).

4.5.1 - *Analisi in microscopia ottica (OM)*

4.5.1.1 - Miscele leganti

Considerato l'ampio dataset di riferimento, sono state effettuate analisi statistiche multivariate (PCA) sui dati desunti dalle analisi OM comprensive della totalità dei campioni di miscele leganti prelevati dal sito delle Grandi Terme (tab. VI.25). Ciò ha permesso di identificare, in base a sample-clustering, gruppi composizionalmente affini, di seguito discussi. Si è così potuto constatare come i campioni si distribuiscano chiaramente in relazione all'impiego strutturale (fig. VI.41, b). Si distinguono soprattutto le miscele impiegate nelle volte in *opus caementicium* (Gr 4) o prelevate da infrastrutture idrauliche (Gr 2), rispetto a quelle impiegate in altri ambiti costruttivi (preparazioni pavimentali, giunti murari). La cronologia non sembra essere alla stessa maniera dirimente nella distinzione delle miscele (fig. VI.41, a), ma si può già osservare come un gruppo (Gr 3) associ esclusivamente campioni pertinenti a fasi successive alla prima.

Gruppo 1 - campioni GTR_WM_1, 2; GTR_PREP_5, 6, 7.2, 10, 11, 12, 14, 16, GTR_VM_2

Il Gr 1 è quello maggiormente rappresentato nel dataset preso in considerazione. I campioni provengono prevalentemente da strutture murarie o da stesure di preparazione pavimentale. Già macroscopicamente tutti questi campioni possono essere riconosciuti come miscele ad alta frazione fittile. Presentano una discreta tenacità ed un colore di massa biancastro (fig. VI.39, a, c, d - 7.2, e, f). In seguito ad indagine petrografica è stato possibile enucleare due sottogruppi, distinguibili principalmente sulla base della presenza di una sostenuta frazione sabbiosa nella componente d'aggregato delle miscele di uno di questi (Gr 1a).

Gruppo 1a – campioni GTR_WM_1, 2, GTR_PREP_11, 15; GTR_VM_2

I campioni del gruppo 1a sono riferibili a strutture di diversa funzione. Sotto il profilo microscopico presentano un legante carbonatico, micritico, piuttosto omogeneo. La presenza di calcinaroli è moderata (5-10%), mentre la porosità è discreta (6-10%, 15% nel campione GTR_WM_1), con prevalenti vuoti di tipo *vughs* o *vescicles* e talvolta *channels*/*planar voids* dovuti a fenomeni di ritiro in fase di presa. L'aggregato presenta una classazione piuttosto ridotta ma una buona miscelazione complessiva nell'impasto. Petrograficamente, la frazione d'aggregato (35-45% tot. vol.) è rappresentata soprattutto da frammenti fittili, angolosi ed altamente macinati, moderatamente o poco classati, con distribuzione granulometrica variabile tra 1,0 e 4,0 mm (fraz. grossolana). È presente anche una componente secondaria di polvere fittile. Sporadicamente sono stati rilevati bordi di reazione attorno ai clasti fittili e talvolta zonature della matrice che presenta però generalmente alti colori di birifrangenza. Una componente minoritaria dell'aggregato (< 40% tot. vol. agg.) è composta da frazione sabbiosa rappresentata da sabbia medio-fina carbonatica, con sporadica occorrenza di selce e quarzo; in traccia è presente arenaria quarzosa, feldspati e miche. In maniera non irrilevante sono state anche rilevate infiltrazioni di natura terrigeno-argillosa negli impasti (< 5% tot. vol. agg.). Nel solo campione GTR_WM_2 è stata riscontrata la presenza di sporadici clasti di malte di riciclo. Il rapporto L/A è stimato ad 1:1 o addirittura 1.5:1 ed è caratteristico di miscele grasse (fig. VI.42, a).

Campione	Livello	Spessore (mm)	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp. mineralogica	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante%	*Vughs v.*	*Vescicles v.*	*Planar v.*	*Channels v.*	Vuoti%	Agg. dim max. (mm)	Agg. dim media gross. (mm)	Agg. dim media fino (mm)	Classazione	Distr. Gran.	Distr. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Orientazione	bordi di reazione	Clasti carbonatici	Selce	Quarzo	Calcite spatica/Marmo	Residui di taglio di tessere	Arenaria	Frazione terrigena	Minerali femici	Feldspati	Clasti piroclastici (pomici,	Clasti di rocce vulcaniche	Gusci di molluschi	Frammenti fittili	Polvere fittile	Miche	Malte di riciclo	Carbone	Fibre vegetali	Prodotti di neoformazione
		Descr. macroscopica				*Legante*							*Vuoti*													*Aggregato*																		*Additivi*	
GTR_CM_1		18,2	2.5YR 8/3	3	MC	C	2	1:1	51	1	-	2	-	4	6,20	2,80	0,07	5	2	6	2	2	45	1	3	2	1	2	-	-	-	-	-	1	-	-	6	7	-	-	-	1
GTR_CM_2		18,4	2.5YR 8/3	3	MC	C	2	1:1	48	1	-	2	-	5	6,80	3,10	0,10	4	2	6	2	2	47	1	3	2	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	7	6	-	-	-	1
GTR_WM_1		n.d.	7.5 YR 8/3	4	MC	C	7	1:1	44	4	2	-	-	18	8,90	2,50	0,30	3	1	4	4	3	38	1	1	4	2	2	-	-	2	-	-	1	-	-	4	2	1	-	-	-	-	-
GTR_WM_2		n.d.	7.5 YR 8/3	5	MC	C	5	1.5:1	56	3	2	1	-	6	6,70	2,10	0,31	4	1	4	3	3	36	-	1	3	2	2	-	-	2	-	-	1	-	-	5	2	-	2	-	-	-	-
GTR_PREP_1		19,2*	10YR 8/1	5	MC	C	25	2:1	59	3	2	-	-	10	10,15	2,33	0,14	2	1	2	4	4	31	-	-	4	1	3	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2	-	-	-
GTR_PREP_2		32,1	10YR 8/2	5	MC	C	18	2:1	60	2	-	-	-	7	3,39	1,41	0,29	3	1	4	4	3	33	-	-	5	3	2	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-
GTR_PREP_5		n.d.	n.d.	3	MC	C	5	1:1.5	38	2	1	-	1	5	16,02	5,71	0,33	2	1	4	1	1	57	1	2	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	6	3	-	-	-	1	-	-
GTR_PREP_6		37,0*	7.5 YR 8/3	3	MC	C	2	1:2,5	26	2	2	-	-	7	12,10	4,61	0,23	3	1	4	1	1	67	-	1	3	1	2	2	-	-	-	-	-	2	-	-	3	1	-	6	-	2	2
GTR_PREP_7	7.1	2,1	white	5	MC	C	0	n.d.	95	1	-	-	-	2	0,61	0,44	0,23	2	1	5	2	2	3	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7.2	36,3	7.5 YR 8/3	5	MC	C	15	2:1	53	3	3	-	1	14	6,10	2,45	0,30	2	1	3	3	2	33	-	-	3	2	2	-	-	-	-	-	1	-	5	1	1	-	-	-	-	-
	7.3	88,3*	n.d.	5	MC	C	7	1:1.5	38	1	-	3	3	12	15,52	10,52	1,56	2	1	2	3	3	50	-	-	4	1	1	-	-	-	-	-	3	-	4	-	-	-	-	-	-	-
GTR_PREP_10		33,3*	7.5 YR 8/3	4	MC	C	10	1:1.5	42	1	2	-	-	3	10,26	4,62	1,34	3	2	3	3	3	55	-	-	5	2	3	-	-	1	-	-	-	-	-	5	1	-	2	-	-	-	-
GTR_PREP_11		n.d.	7.5 YR 8/4	4	MC	C	10	1:1	47	2	2	1	2	9	9,34	4,00	0,10	2	1	3	1	1	44	-	1	2	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	6	3	-	-	-	-	-	-
GTR_PREP_12		n.d.	7.5 YR 8/2	4	MC	C	5	1:1.5	36	3	2	-	1	10	9,73	2,11	0,19	3	1	3	4	3	54	-	-	6	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	2	-	-	-	-
GTR_PREP_14		n.d.	7.5 YR 8/2	3	MC	C	10	1:1	42	2	2	1	2	8	11,00	3,60	0,36	2	1	2	3	3	53	-	1	6	3	3	-	-	1	-	-	-	-	-	4	2	2	-	-	-	-	-
GTR_PREP_15		n.d.	7.5 YR 8/3	4	MC	C	7	1:1	44	4	2	1	-	11	7,50	3,20	0,31	3	1	3	3	3	45	-	1	5	3	4	-	-	2	1	-	-	-	-	1	5	3	1	-	-	-	-
GTR_PREP_16		n.d.	7.5 YR 8/2	3	MC	C	5	1:1	43	2	2	-	-	8	15,10	6,30	0,30	2	1	4	3	3	49	-	1	5	2	2	1	-	-	3	-	-	-	-	1	5	2	2	-	1	-	-
GTR_VM_1		n.d.	7.5 YR 8/2	3	MC	C	5	1:1	49	2	2	-	2	8	8,50	2,30	0,37	2	1	4	3	3	46	1	2	5	4	2	-	-	1	1	-	1	4	2	-	4	1	1	1	-	-	-
GTR_VM_2		n.d.	7.5 YR 8/4	4	MC	C	10	1:1	48	2	2	-	3	10	9,70	2,50	0,27	3	1	4	3	2	42	1	2	4	3	3	1	-	1	2	-	-	-	-	-	5	3	-	-	-	-	-
GTR_VM_4		n.d.	7.5 YR 8/2	2	MC	C	8	1:1	39	1	-	-	5	23	7,00	2,20	0,31	2	1	4	3	3	38	1	2	5	3	2	-	-	1	1	-	-	5	3	-	3	1	1	-	-	-	-

Tab. VI.25 - Tabella riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di miscele leganti prelevati dal sito delle Grandi Terme. I campi indicati con * si intendono come non rappresentativi.

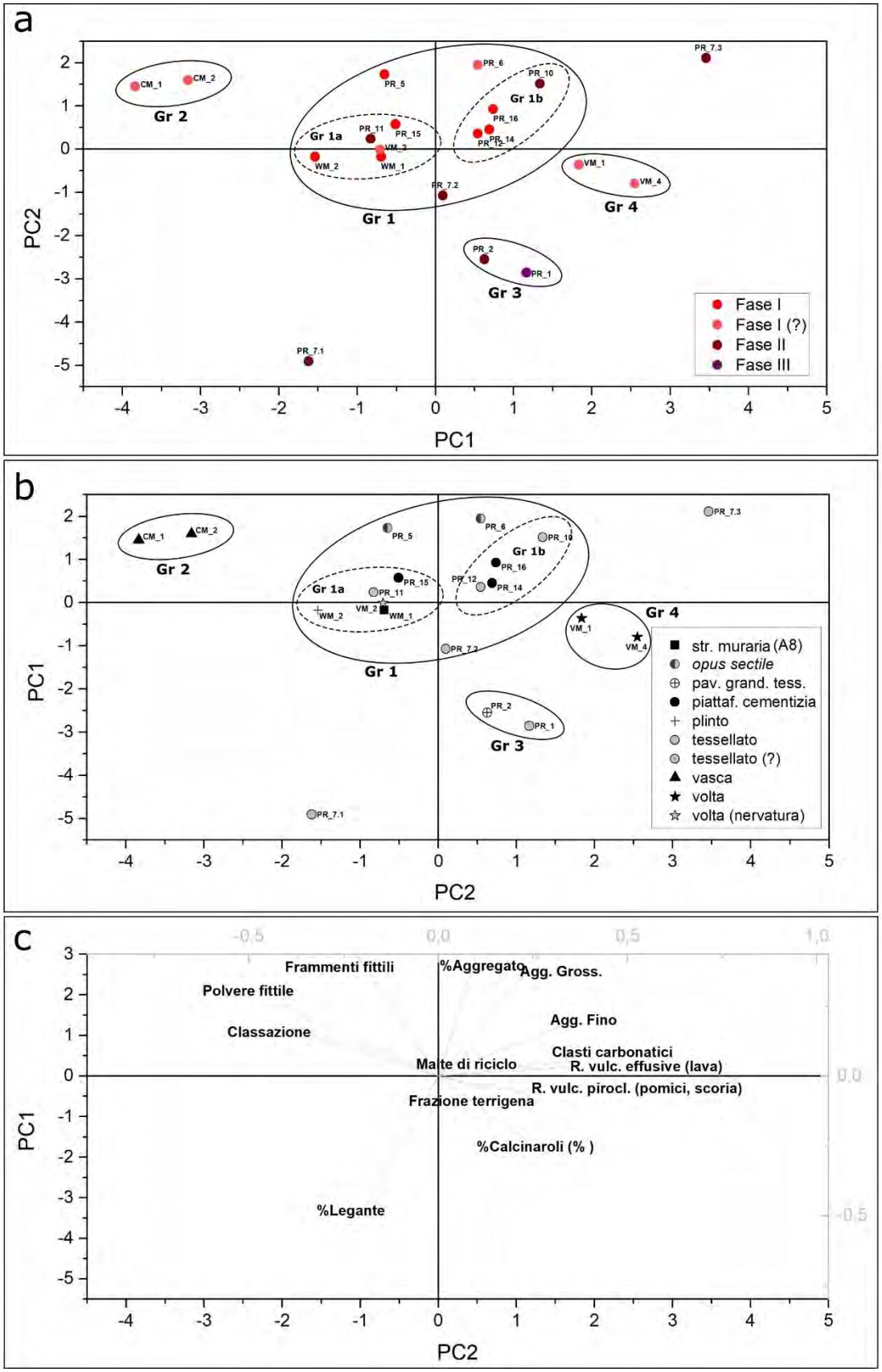


Fig. VI.41 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate sui campioni delle Grandi Terme in relazione a: a) Fase edilizia; b) tecniche edilizie delle strutture di afferenza; c) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 55% della varianza totale. I gruppi individuati in base a sample-clustering sono cerchiati da ellissi.

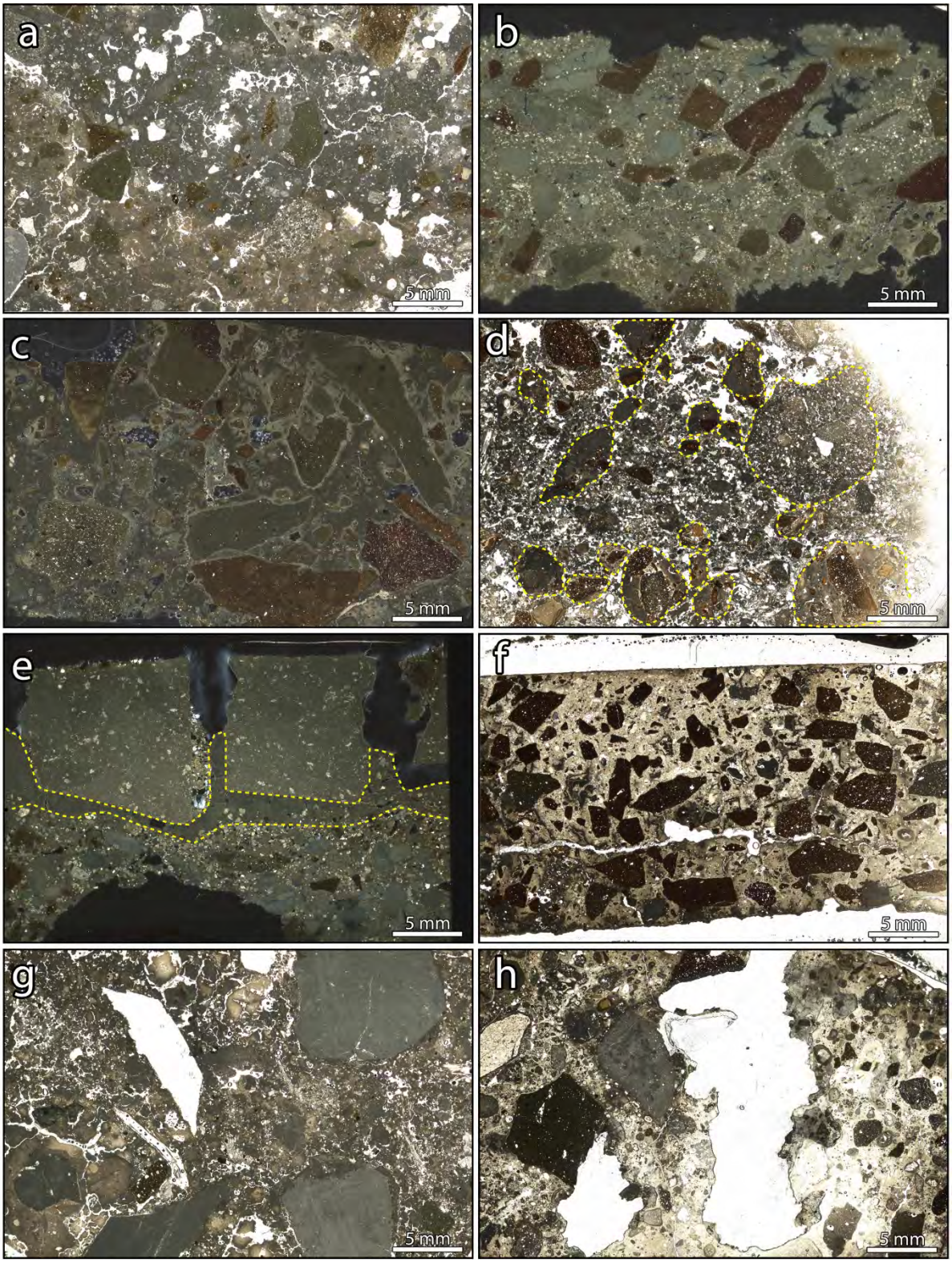


Fig. VI.42 - Acquisizioni immagini in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata dei campioni di miscele leganti prelevati dal sito delle Grandi Terme. a) GTR_WM_2 (PN); b) GTR_PREP_10 (XN); c) GTR_PREP_5 (XN); d) GTR_PREP_6 (PN). Contornati con tratteggio giallo sono i clasti di malte di riciclo impiegati in funzione di aggregato nell'impasto del campione; e) GTR_PREP_7 (XN). In evidenza con contorno giallo è il livello 7.1, al di sotto del quale è lo strato 7.2 in cocciopesto; f) GTR_CM_1 (PN); g) GTR_PREP_1 (PN); h) GTR_VM_4.

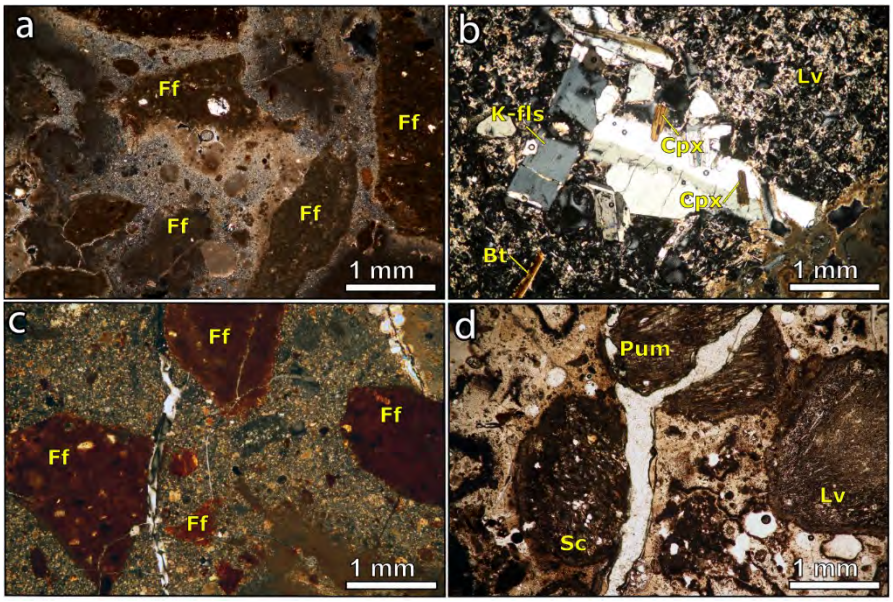


Fig. VI.43 - Acquisizioni di immagini di dettaglio in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata dei campioni di miscele leganti prelevati dal sito delle Grandi Terme. a) GTR_PR_5 (XN). Si può osservare come la matrice sia caratterizzata da bassi colori di birifrangenza indicativi dell'occorrenza di aree non completamente carbonatate con presenza di portlandite. Si osserva la presenza diffusa di frammenti fittili (Ff) e di polvere fittile micrometrica; b) GTR_PR_8.3 (XN). Dettaglio di un clasto di lava utilizzato come aggregato nella miscela. Al centro dell'immagine è un grosso cristalli k-feldspato (k-fls) e clino-pirosseni (Cpx). In basso a sx è presente biotite (Bt). Le porosità sono riempite da zeolite; c) GTR_CM_1 (XN). Si osserva l'alto tasso di dispersione nel campione di polvere fittile associata a frammenti sub-millimetrici (Ff). La matrice legante a bassi colori di birifrangenza è indicativa di una non completata carbonatazione della calce legante, con possibile occorrenza di fasi idrate in associazione a portlandite; d) GTR_VM_4 (PN). All'interno della miscela sono impiegati in funzione di aggregato clasti di pomice (Pum), scoria vulcanica (Sc) e frammenti di lava magmatico-effusiva (Lv), che conferiscono proprietà pozzolaniche al campione. Ben evidenti sono infatti i bordi di reazione attorno ai clasti.

Gruppo 1b - campioni GTR_PREP_10, 12, 14, 16

Tutti i campioni del gruppo 1b sono riferibili a stesure di preparazione per pavimenti o di fondazioni strutturali. I campioni del Gr 1b presentano caratteristiche molto affini con quelle del Gr 1a. Il legante è infatti micritico, carbonatico, con occorrenza moderata di grumi (5-10% tot. vol.). La distribuzione e il tipo di vuoti sono identici a quanto riscontrato per il Gr 1a. La classazione dell'aggregato è ridotta e la distribuzione areale non è ottimale, indice di una miscelazione non prolungata. Ciò che permette di distinguere i campioni del Gr 1b è la ripartizione rispettiva delle classi petrografiche presenti. La frazione fittile, dalla distribuzione granulometrica variabile 2,0-6,0 mm, è infatti rappresentata in percentuali contenute (< 50% tot. vol. agg.). Più sostenuta complessivamente rispetto al Gr 1a (> 50% tot. vol. agg.) è la frazione sabbiosa, rappresentata da sabbia medio-fina, prevalentemente carbonatica, con ridotta occorrenza di selce e quarzo. Arenaria, feldspati e miche sono stati riscontrati in traccia. Diversi campioni presentano anche sporadici frammenti di malte di riciclo. Nel campione GTR_PREP_16 è anche sostenuta la componente terrigeno-argillosa miscelata intimamente con la frazione legante. Il rapporto L/A è di 1:1 o 1:1.5 caratteristico di miscele grasse (fig. VI.42, b).

Rispetto a questo nucleo, si distinguono infine tre ulteriori campioni per caratteristiche secondarie ma non trascurabili.

GTR_PREP_5. Il campione proviene dalla preparazione nel tratto sud-orientale del pavimento in *opus sectile* del *frigidarium* delle terme. Il campione di cocciopesto grossolano si caratterizza rispetto agli altri precedentemente descritti per la componente d'aggregato rappresentata esclusivamente da frammenti e polvere fittile ben miscelati nel composto (fig. VI.39, c). La matrice presenta bassi colori di birifrangenza indicativi di aree non completamente carbonatate con possibile occorrenza di idrati di natura pozzolanica (fig. VI.43, a). La distribuzione granulometrica è unimodale è la dimensione media dei clasti fittili varia tra i 2,0 e i 6,0 mm a cui si deve aggiungere una discreta componente fine estremamente macinata miscelata alla frazione legante. Bordi di reazione attorno ai clasti maggiori e caratteri di *zoning* della frazione legante sono evidenti. La frazione sabbiosa d'aggregato è presente in percentuali minime (< 5 % tot. vol.).

GTR_PREP_6. Il campione proviene dalla preparazione nel tratto sud-occidentale del pavimento in *opus sectile* del *frigidarium* delle terme. Si caratterizza per essere realizzato con aggregato rappresentato in maniera dominante da frammenti di miscele di riciclo di dimensione variabile tra 1,0 mm e 4,0 mm (fig. VI.42, d). Se analizzata in dettaglio, la maggior parte di questi clasti dimostra una assoluta compatibilità con le caratteristiche petrografico-tessiturali del campione GTR_PREP_5 (frammenti di cocciopesto grossolano). Una secondaria frazione d'aggregato miscelata al legante carbonatico è rappresentata da sabbia medio-fine di natura prevalentemente carbonatica e da frammenti fittili di dimensione sub-centimetrica (3,0-5,0 mm).

GTR_PREP_7.2. Il campione è riferibile ad una stesura preparatoria di un tessellato di fase II. Si caratterizza per l'elevata presenza di calcinaroli (15% tot. vol.) omogeneamente distribuiti nella miscela. Anche la frazione legante carbonatica è abbondante (53% vol. tot.) in misura tale da determinare un rapporto L/A di 2:1 caratteristico di miscele estremamente grasse. La frazione d'aggregato è rappresentata da una prevalente componente fittile millimetrica e micrometrica (polvere) a cui è associata anche una frazione sabbiosa di natura prevalentemente carbonatica con ridotta occorrenza di quarzo e selci. Occasionalmente (< 2% tot.) è stata riscontrata la presenza di clasti di origine vulcanica a tessitura porfirico-ipocristallina e trachitica e di rocce piroclastiche (pomice). Nel complesso l'aggregato si presenta bene distribuito arealmente nel campione ma è poco classato.

Gruppo 2 - Campioni GTR_CM_1, 2

Entrambi i campioni sono riferibili a rivestimenti di infrastrutture idrauliche (vasche). I campioni del Gr 2 si distinguono già macroscopicamente come cocciopesti ad alta presenza di frazione fittile millimetrica e micrometrica (Fig. VI.39, g). La colorazione di massa dei campioni è infatti rosata (*pink*, 2.5YR 8/3) e la coesione piuttosto elevata. Sotto il profilo microscopio il legante appare carbonatico, micritico, a tessitura omogenea. La matrice presenta bassi colori di birifrangenza imputabili all'occorrenza diffusa di reazioni pozzolaniche (fig. VI.43, c). La presenza di calcinaroli è molto ridotta (2% tot. vol.) a dimostrazione di un processo di miscelazione dell'impasto ottimale. Alla stessa maniera anche la porosità è molto contenuta (≤ 5% vol. tot.) con microvuoti di tipo *planar voids* derivati da processi di ritiro in fase di presa. L'aggregato è rappresentato in maniera dominante da frammenti e polvere fittile, molto ben miscelati nei composti (fig. VI.42, f). La frazione fittile micrometrica è abbondante ed intimamente miscelata col legante. Anche la frazione più grossolana è rappresentata da frammenti fittili piuttosto classati (⌀ 1,0 - 3,0 mm ca) e ben distribuiti negli impasti. La presenza di aggregato sabbioso è minima (< 2% tot. agg.). Nel complesso il rapporto L/A è stato stimato a 1:1.5 ma tali valori sono esclusivamente indicativi in quanto risulta arduo valutare tramite analisi d'immagine il tasso di presenza della componente fittile micrometrica, intimamente miscelata alla frazione legante.

Gruppo 3 - campioni GTR_PREP_1, 2

Entrambi i campioni sono riferibili a livelli preparatori di pavimenti musivi di fasi successiva alla prima e provengono dai settori settentrionali dell'edificio termale. I campioni del Gr 3 si distinguono già macroscopicamente dagli altri qui descritti in quanto sono gli unici classificabili appieno come malte di calce dalla coesione piuttosto elevata (fig. VI.39, b). Sotto il profilo microscopico presentano un legante carbonatico, micritico, piuttosto omogeneo. La presenza di calcinaroli è elevata (18-25%), indice di una ridotta miscelazione dell'impasto prima della messa in opera. Anche la porosità è sostenuta (7-10% vol. ca), con prevalenti vuoti di tipo *vughs* e *vescicles*. La distribuzione dell'aggregato nel campione è discreta ma la classazione ridotta. Infatti, oltre ad una prevalente partecipazione di sabbia medio-fina sub-arrotondata sono anche presenti frequenti schegge e clasti di rocce calcaree o metamorfiche (marmi), nonché più sporadici clasti di ghiaia medio-fina, evidenti soprattutto nel campione GTR_PREP_1 (fig. VI.42, g). L'abbondanza di frazione legante determina un rapporto L/A di 2:1 tipico di miscele molto grasse, con frazione d'aggregato attestata a circa il 30% vol. tot. del campione. Sotto il profilo petrografico, l'aggregato è rappresentato da frazione sabbioso carbonatica dominante, con ridotta presenza della componente silicatica (quarzo e selce). Arenaria, feldspati e miche sono

presenti in traccia. Non irrilevanti sono anche le contaminazioni con frazione terrigeno-argillosa. Nel campione GTR_PREP_1 sono anche ricorrenti frammenti di fibre vegetali in funzione di additivo.

Gruppo 4 - Campioni GTR_VM_1, 4

Tutti i campioni del Gr 4 provengono dalle volte in *opus caementicium* delle terme. Si presentano come miscele piuttosto tenaci dove si può riscontrare una occorrenza di frammenti fittili in misura tale da poterli definire come cocciopesti (fig. VI.39, h). Sotto il profilo microscopico si osserva un legante micritico, carbonatico e piuttosto disomogeneo. Diverse zonature sono infatti evidenti ed imputabili a fenomeni di reazione con una frazione micrometrica dell'aggregato. La porosità è diffusa esclusivamente nel campione GTR_VM_4 (23% vol. ca)[425], con prevalenti vuoti di tipo *vughs* o *vescicles*. L'aggregato si presenta non perfettamente classato e non perfettamente distribuito nel campione. Sotto il profilo petrografico si distinguono tre classi di aggregati. La prima (30% vol. agg. ca) è rappresentata da polvere fittile di dimensione millimetrica (⌀ 2,20 mm ca) e micrometrica. La seconda è una frazione sabbiosa (sabbia medio-fina) rappresentata da prevalente componente carbonatica (50% vol. tot. ca) con secondaria frazione silicatica (quarzo e selce). Infine, la terza parte è rappresentata da clasti vulcanici di origine piroclastica (pomici e scorie) a tessitura vetrosa e rocce magmatico-effusiva (lava) a struttura porfiritica con struttura microcristallina/criptocristallina (figg. VI.42, h e VI.43, d). Questi clasti risultano pertanto del tutto confrontabili con i *caementa* d'allegerimento utilizzati nell'*opus caementicium* delle volte[426]. Nel complesso la frazione d'aggregato vulcanico è prevalente nel campione GTR_VM_4 rispetto a GTR_VM_1.

Campioni non associati

Due dei campioni analizzati tramite indagine petrografica non risultano associarsi in alcuno dei gruppi sopra definiti e verranno descritti singolarmente.

GTR_PREP_7.1. Questo campione è riferibile ad un livello di allettamento di un pavimento musivo di fase II. La miscela è classificabile come grassello di calce in quanto composta solamente da una frazione legante di natura carbonatica molto omogenea. Accidentalmente è presente qualche clasto sabbioso (fig. VI.42, e).

GTR_PREP_7.3. Questo campione è riferibile ad un livello preparatorio di un pavimento musivo di fase II. La miscela è classificabile come calcestruzzo, in quanto è presente abbondante aggregato grossolano di dimensione media maggiore a 5,0 mm (fig. VI.39, d - 7.3). Il legante nel campione appare carbonatico, micritico o piuttosto omogeneo. Grumi di calce sono pressoché assenti mentre la porosità è moderata (12% vol. ca). L'aggregato grossolano è rappresentato da ghiaia medio-fina prevalentemente carbonatica (⌀ 1,3 mm), da frammenti fittili (3,0 - 10,5 mm) nonché da clasti di rocce vulcaniche magmatico-effusive. Di questi, il clasto maggiore ha tessitura trachitico-ipocristallina con vacuoli con fenocristalli di feldspati, clinopirosseni e biotite (fig. VI.43, b). Da indagine petrografico non risultano quindi pienamente compatibili con i campioni di *caementa* prelevati dalle volte[427], essendo totalmente assente la componente piroclastica.

4.5.1.2 - *Elementi lapidei (tessere musive)*

Tutte e tre le tessere analizzate hanno colore rosato (*pinkish white*, 2.5YR 8/2) e sono identiche sotto il profilo petrografico. Si tratta di calcari del tipo wackestone con abbondanti foraminiferi planctonici (Globotruncana, Heterohelicidae, Globigerinidae), della formazione

[425] L'elevata porosità si deve probabilmente alla procedura di preparazione del campione. per la sezione sottile

[426] A cui si rimanda *infra* per una descrizione più puntuale.

[427] I clasti risultano compatibili con i campioni GTR_VM_1_G e GTR_VM_1_N (cfr. *infra*).

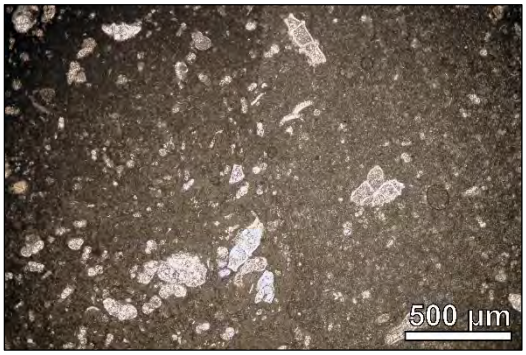


Fig. VI.44 – Tessera in calcare da un mosaico delle Grandi Terme. Si osserva la presenza di caratteristiche foraminiferi di *Globotruncana*.

della c.d. "Scaglia Rossa" (fig. VI.44). Se si considera la provenienza, gli affioramenti più vicini sono nel Carso isontino (Monte Sabotino), ma non si possono escludere i Monti Lessini (Veneto) o la zona di Maniago[428].

4.5.1.3 - *Caementa*

È stata effettuata una dettagliata caratterizzazione petrografica dei tre campioni prelevati dai *caementa* d'alleggerimento delle volte dell'impianto termale.

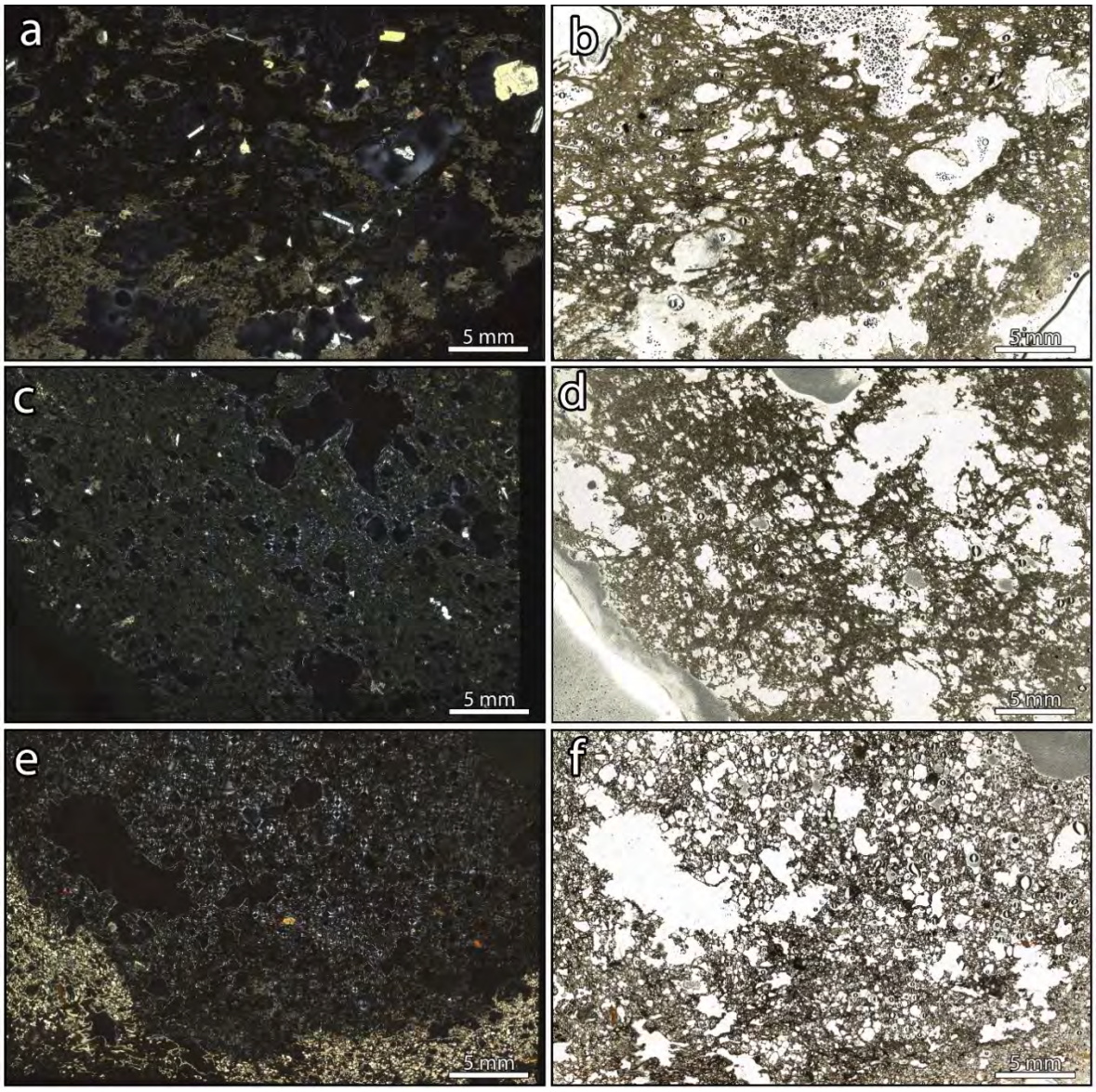


Fig. VI.45 - Acquisizioni immagini in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata dei campioni di *caementa* prelevati dale volte delle Grandi Terme. a) GTR_VM_1_G (XN); b) GTR_VM_1_G (PN); c) GTR_VM_1_N (XN); d) GTR_VM_1_N (PN); e) GTR_VM_4_R (XN) a) GTR_VM_1_G (PN).

[428] Trova ampio confronto ad Aquileia con i materiali impiegati nell'edilizia cfr. BONETTO, MAZZOLI, PREVIATO 2015, campioni 9, 19, 24, 73, pp. 601-602.

GTR_VM_1_G. Campione di roccia vulcanico piroclastica alcalina a tessitura porfiritica altamente vacuolata (pomice) (figg. VI.45, a-b). Nella *groundamss* si riconoscono alcuni clasti di dimensione maggiore di k-feldspati e plagioclasi, miche (biotite) ed estremamente sporadici clino-pirosseni (fig. VI.46, a)[429]. Le vescicole si rinvengono spesso riempite da zeoliti.

GTR_VM_1_N. Campione di roccia vulcanico piroclastica alcalina a tessitura porfiritica-ialopilitica mediamente vacuolata (scoria pumicea) (figg. VI.45, c-d). La *groundmass* appare altamente vetrosa con occorrenza di fenocristalli di k-feldspati, clino-pirosseni e, raramente, biotite (fig. VI.46, b). Le vescicole si rinvengono spesso riempite da zeoliti.

GTR_VM_4_R. Campione di roccia vulcanico effusiva tefritica fonolitica altamente vescicolare a tessitura porfiritica-ialopilitica, mediamente vetrosa (lava vulcanica) (figg. VI.45, e-f). Si riconoscono esclusivamente sporadici fenocristalli di k-feldspati, plagioclasi, clino-pirosseni e, in traccia, leucite[430]. Le vescicole si rinvengono spesso riempite da zeoliti.

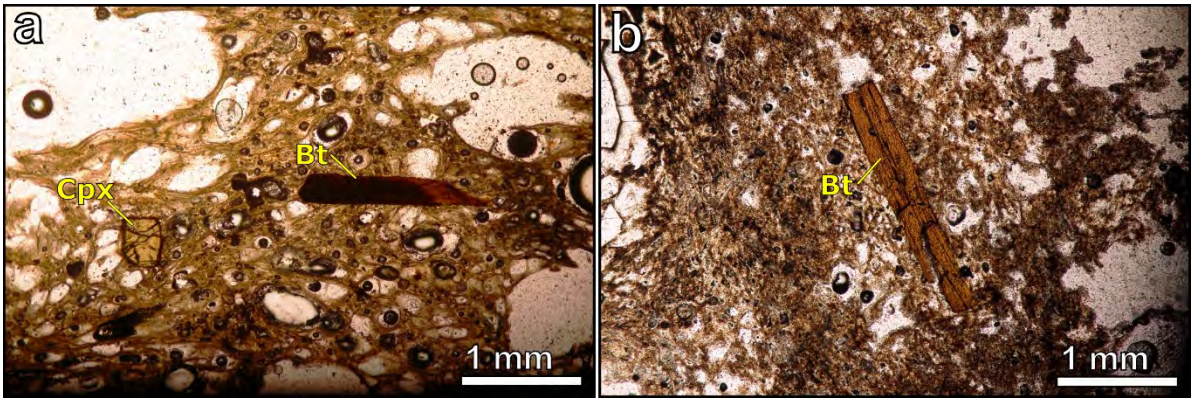


Fig. VI.46 - Acquisizioni immagini di dettaglio in microscopia ottica a luce polarizzata trasmessa dei campioni di *caementa* d'alleggerimento delle volte delle Grandi Terme. a) GTR_VN_1_G (PN). Roccia vulcanico piroclastica alcalina a tessitura porfiritica altamente vacuolata. Si riconoscono sporadici fenocristalli di clino-pirosseni (Cpx), e biotite (Bt) e K-feldspati (sanidino); GTR_VN_1_N (PN). Roccia vulcanico piroclastica alcalina a tessitura porfiritica-ialopilitica mediamente vacuolata. Al centro un fenocristallo di biotite (Bt).

4.5.2 - *Analisi XRPD*

4.5.2.1 - Miscele leganti

Le analisi mineralogiche sono state effettuate su una selezione di campioni rappresentativi dei gruppi individuati in seguito ad indagine petrografica (tab. VI.26). I dati mineralogici quantitativi sono quindi stati sottoposti ad analisi statistica con metodo multivariato (PCA) al fine di confrontarne i risultati con quanto desunto dalle indagini petrografiche[431]. Va comunque premesso come dai soli dati XRPD-*bulk* non sia possibile valutare tutta una serie di variabili fondamentali per una completa descrizione dei campioni in esame, quali i caratteri tessiturali delle miscele o l'esatta ripartizione delle fasi mineralogiche tra frazione legante e d'aggregato.

Da quanto è stato possibile constatare pertanto, seppur la distribuzione mineralogica dei campioni sembri confermare nel complesso l'indagine petrografica, sono state riscontrate delle anomalie che necessitano una adeguata argomentazione (fig. VI.47).

Da quanto riconosciuto tramite indagini XRPD-*bulk* si riescono ad enucleare chiaramente alcuni campioni rispetto al *cluster* centrale, rappresentato dalle miscele del Gr 1. Questa tecnica non ha quindi permesso di distinguere nettamente i sottotipi individuati tramite indagine OM,

[429] La struttura mineralogia e tessitura dei campioni ne permettono una associazione con i prodotti piroclastici dell'attività flegrea (JACKSON 2014).

[430] Il campione appare del tutto confrontabile sotto il profilo petrografico-mineralogico con le lave rosse vesuviane di Somma Vesuvio (SANTACROCE 1987; LANGELLA *et alii* 2009), ampiamente impiegate nell'edilizia pompeiana e trova un confronto diretto con le tefriti a struttura porfiritica vacuolate descritte in PIOVESAN *et alii* 2019, p. 260.

[431] Cfr. §4.5.1.1.

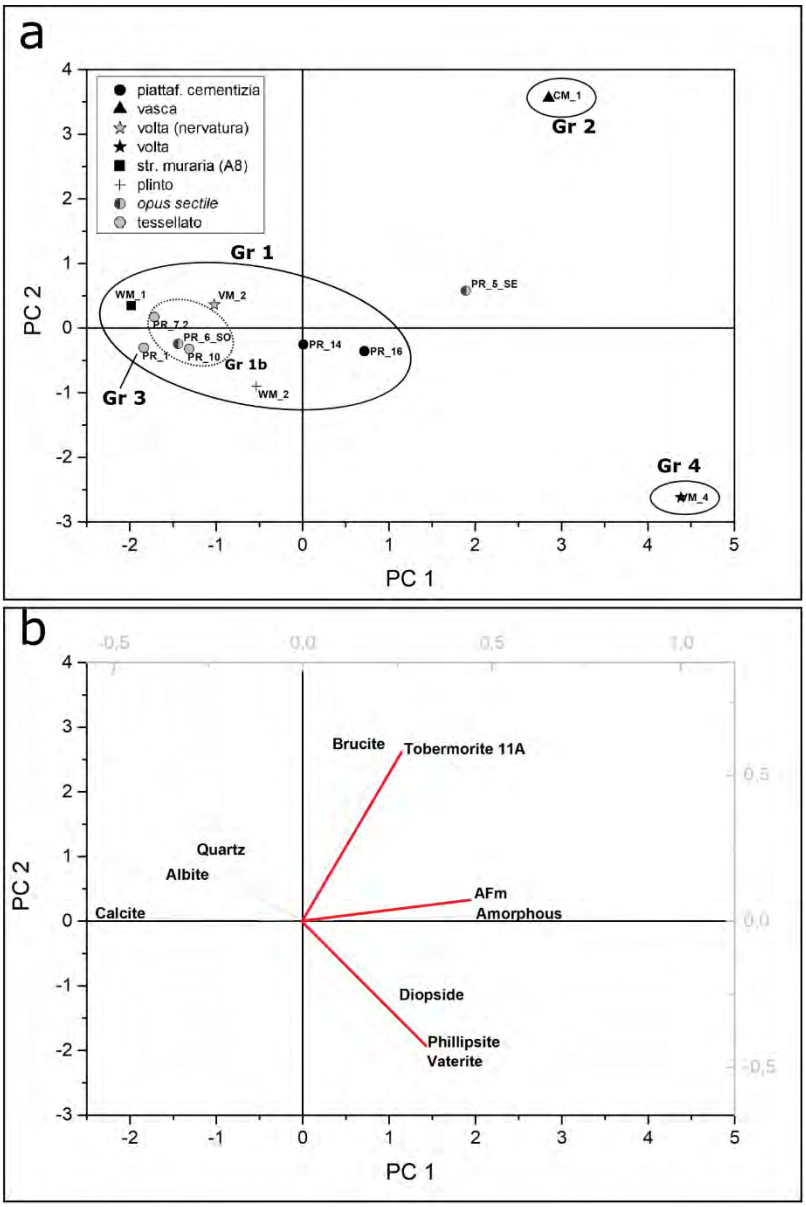


Fig. VI.47 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi XRPD-*bulk* condotte su una selezione di campioni dal sito delle Grandi Terme, descritti in riferimento a: a) tecnica edilizia; b) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 rappresentative del 69% della varianza totale. I gruppi principali individuati in base a sample-clustering sono stati raggruppati da ellissi.

ma appare solo labile la distinzione dei campioni del sottogruppo Gr 1b. Questi ultimi si caratterizzano per la maggior occorrenza di calcite e quarzo, da ricondurre con sicurezza alla presenza di consistente sabbia carbonatica e silicatica, elemento che, come già si era osservato, ha permesso di distinguere questo sottogruppo dal Gr 1a. Tra tutti i campioni, quello che restituisce le percentuali più elevate di calcite è infatti GTR_PREP_1, già descritto tramite indagine OM come malta di calce ed elevata frazione carbonatica. Le restanti fasi non permettono di separare ulteriormente questo campione dagli altri del Gr 1, seppur sia stato ascritto sicuramente al Gr 3 in seguito alle indagini petrografiche. Sotto il profilo mineralogico i campioni del sottogruppo Gr 1a si caratterizzano per le sostenute percentuali di diopside, gehlenite, microclino e fase amorfa da ricondurre all'abbondante componente fittile. Anche l'ematite è un ossido ferroso da associare all'ossidazione dell'argilla sinterizzata. Dolomite, feldspati plagioclasi, quarzo sono invece da associare alla componente sabbiosa carbonatica e silicatica o allo smagrante impiegato nelle ceramiche. La calcite è da ascrivere sia alla componente legante che ad una parte della sabbia carbonatica. Infine, l'aragonite è da associare prevalentemente ad una componente della frazione d'aggregato, probabilmente di genesi organica. Solo nel campione GTR_VM_4 questa fase è attestata in percentuali elevate (5,2 % tot) ed anomale rispetto a quanto riscontrato in tutti gli alti campioni. In questo caso l'aragonite può rappresentare un prodotto transizionale metastabile antropogenico prodottosi per fenomeni di decalcificazione e ri-carbonatazione del carbonato di calcio nel corso di processi di natura pozzolanica[432]. GTR_VM_4, così come GTR_PREP_5, si caratterizza infatti anche per la presenza di vaterite; anche questa fase rappresenta un polimorfo metastabile del carbonato di calcio[433]. Infine, fillosilicati (clinocloro), miche

[432] Sull'aragonite antropogenica cfr. VOLPIN 2017/2018, p. 117.

[433] Sulla vaterite antropogenica cfr. OLESON, JACKSON, VOLA 2014, p. 248; JACKSON *et alii* 2017.

(muscovite e phengite) e ilmenite, presenti sempre in aliquote ridotte, sono minerali accessori della componente terrigena dispersa in percentuali variabili nei campioni. La smectite è un minerale argilloso attestato esclusivamente in quei campioni che presentano sostenuta frazione terrigena (GTR_PREP_16; GTR_VM_2).

Campione	Calcite	Dolomite	Aragonite	Vaterite	Phillipsite	Tobermorite 11Å	AFm	Quarzo	Plagioclasio	Microlino	Analcime	Anortoclasio	Sanidino	Diopside	Gehlenite	Brucite	Miche	Clinochlore	Ematite	Ilmenite	Smectite	Amorfo
GTR_WM_1	65,0	6,3	1,0	-	-	-	0,4	9,2	0,9	0,3	-	-	-	0,7	-	-	1,4	0,5	1,2	-	-	13,2
GTR_WM_2	67,4	-	0,4	-	-	-	-	2,7	0,3	-	-	0,4	-	4,8	0,8	-	0,2	-	0,2	-	-	22,9
GTR_PREP_1	79,8	3,8	0,9	-	-	-	-	3,1	0,3	0,6	-	-	-	-	-	-	-	0,2	1,0	-	-	10,3
GTR_PREP_5	34,2	-	-	2,5	-	1,1	1,6	1,7	-	0,4	-	-	-	-	4,5	-	-	9,6	0,5	-	-	43,9
GTR_PREP_6	72,2	1,5	1,1	-	-	-	0,3	4,3	0,5	1,1	-	-	-	1,1	0,7	-	1,8	1,0	0,5	-	-	14,0
GTR_PREP_7.2	58,2	4,9	-	-	-	-	0,4	8,8	2,1	2,2	-	-	-	4,1	-	-	2,0	0,9	0,7	-	-	15,8
GTR_PREP_10	67,6	5,2	0,9	-	-	-	0,3	6,1	0,7	0,7	-	-	-	3,4	0,3	-	0,8	-	0,3	-	-	13,7
GTR_PREP_14	60,2	-	1,0	-	-	-	1,6	4,2	0,4	-	-	0,3	-	1,8	0,3	-	2,0	1,2	0,2	0,3	-	26,5
GTR_PREP_16	45,5	-	1,6	-	-	-	1,5	6,0	0,3	-	-	-	-	3,9	3,6	-	1,7	0,6	0,4	-	2,1	32,8
GTR_CM_1	42,4	-	0,5	-	-	2,3	1,9	5,0	0,5	-	-	-	-	3,5	0,4	1,0	0,2	-	0,8	-	-	42,4
GTR_VM_2	48,0	-	-	-	-	-	0,3	6,4	2,1	4,9	0,6	-	-	0,6	-	-	0,9	0,3	-	-	2,1	33,8
GTR_VM_4	22,9	-	5,2	3,4	1,0	-	2,2	1,3	-	-	-	1,5	2,1	7,0	-	-	-	-	-	-	-	53,5

Tab. VI.26 - Tabella quantitativa cumulativa delle fasi mineralogiche espresse in %wt di una selezione di campioni oggetto di indagini XRPD-*bulk*.

Campione	Calcite	Dolomite	Aragonite	Vaterite	Tobermorite 11 Å	AFm	Diopside	Gehlenite	Brucite	Hydroxylapophyllite	Miche	Ematite	Smectite	Amorfo
GTR_PREP_5	28,5	-	-	-	2,6	1,7	10,6	2,2	-	-	0,4	0,3	-	53,7
GTR_PREP_16	52,8	-	-	-	-	2,6	3,8	-	-	-	3,5	-	0,5	36,8
GTR_CM_1	29,7	-	-	-	5,5	2,0	-	-	1,1	-	0,3	-	-	61,5
GTR_VM_2	17,1	-	-	-	-	0,6	1,0	-	-	-	3,0	-	-	78,0
GTR_VM_4	30,9	0,6	4,5	3,4	-	0,5	2,3	-	-	0,2	-	-	-	57,6

Tab. VI.27 – Tabella quantitativa cumulativa delle fasi mineralogiche espresse in %wt di una selezione di campioni oggetto di indagini XRPD-*binder*.

Alcuni campioni di cocciopesto si caratterizzano per l'occorrenza di alcune fasi indicative di processi di natura pozzolanica. Già tramite le indagini XRPD-*bulk* si è potuto osservare come i campioni GTR_CM_1 e GTR_PREP_5 siano miscele alquanto pozzolaniche, come comprovato dalla presenza di alluminati di calcio idrati in associazione a silico-alluminati di calcio idrati, la cui formazione è con sicurezza determinata dall'intima iterazione tra la componente fittile micrometrica dispersa nella matrice e la calce legante. Le fasi C-A-S-H e C-A-H cristalline risultano strutturate in tobermorite 11Å antropogenica e Afm (hydrocalumite, hydrotalcite, exaydroborite), che assieme descrivono circa il 4.5 e 2.5 %wt. dei campioni GTR_CM_1 e GTR_PREP_5 rispettivamente (fig. VI.48, a)[434]. L'occorrenza di brucite, attestata esclusivamente in GTR_CM_1 potrebbe testimoniare la presenza di idrati di magnesio non ricristallizzati in seguito a processi di de-dolomitizzazione[435], causati dai fenomeni di reazione pozzolanica. L'assenza di questa fase in tutti gli altri campioni sembra infatti negare l'uso di dolomia come pietra da calce[436]. Si può osservare comunque come tendenzialmente la maggior parte dei campioni analizzati siano contraddistinti da moderate proprietà pozzolaniche, con una non trascurabile formazione di AFm

[434] Dall'analisi non si possono inoltre tenere in considerazione ulteriori fasi C-A-S-H o AFm paracristalline e pertanto descritte indistintamente dalla fase amorfa.

[435] KATAYAMA 2010.

[436] cfr. BLÄUER-BÖHM, JÄGERS 1997. Inoltre, questo aspetto appare confermato anche dall'indagine SEM_EDS dei grumi di legante non miscelato, che hanno sempre restituito elevati tenori di calcio, con frazione magnesiaca sempre minima, a testimonianza della calcinazione di calcari puri (cfr. §4.5.3).

(0,25 %wt. campione); solo i campioni GTR_WM_2 e GTR_PR_1 possono considerarsi del tutto come miscele aeree. Da considerare infine come entrambi i due campioni della piattaforma cementizia S20 analizzati tramite XRPD, così come il campione GTR_VM_4, restituiscano sostenuta formazione di fasi AFm cristalline (2,25 e 1,5 %wt. rispettivamente).

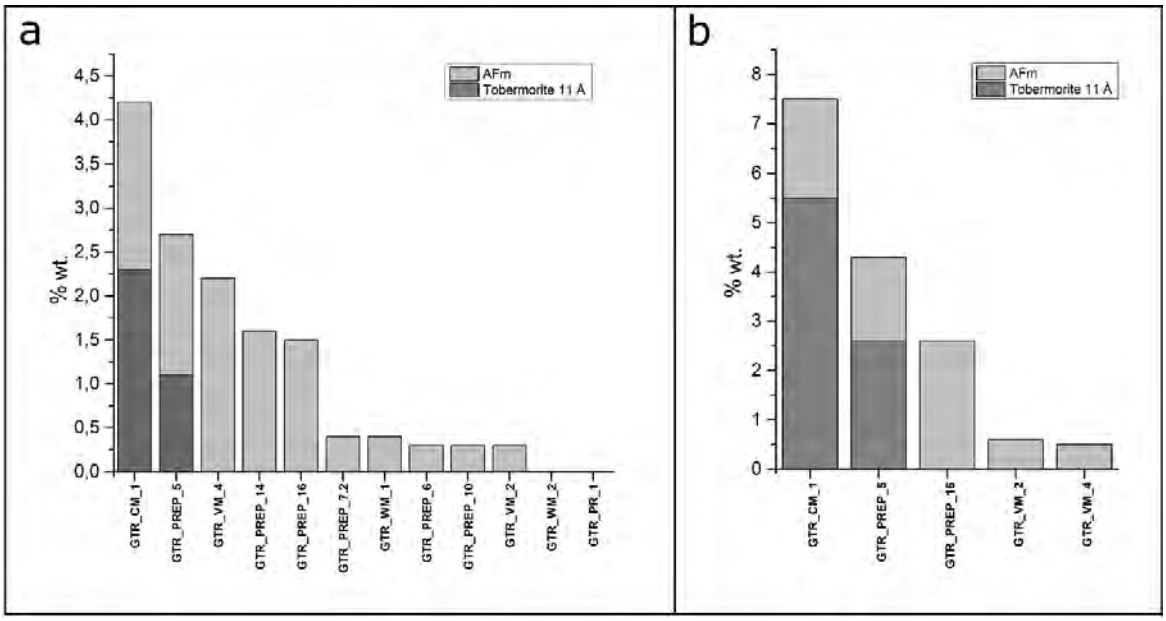


Fig. VI.48 – Distribuzione dei campioni indagati tramite analisi mineralogica XRPD in relazione alle percentuali di presenza di fasi idrate di natura pozzolanica espresse in %wt. a) distribuzione dei campioni in base ai risultati delle indagini XRPD-buk; b) distribuzione dei campioni in base ai risultati delle indagini XRPD-*binder*.

Al fine di quantificare quindi con miglior precisione la natura delle fasi pozzolaniche, sono state effettuate anche mirate indagini XRPD-*binder* per una limitata selezione di campioni di interesse (tab. VI.27). In totale accordo con quanto osservato tramite indagini XRPD-*bulk*, i dati desunti dalle indagini sulla sola matrice legante restituiscono un profilo del tutto identico per ciò che riguarda le caratteristiche pozzolaniche dei campioni. La formazione di fasi idrate cristalline appare infatti estremamente sostenuta nel campione GTR_CM_1 (7,5% tot. legante) e in GTR_PREP_5 (4% tot. legante). Con maggior chiarezza si può osservare come, oltre ad aliquote consistenti di alluminati di calcio idrati, ossia fasi AFm, caratteristiche di processi pozzolanici indotti dall'iterazione tra calce legante e frazione fittile micrometrica, si riscontri la formazione di tobermorite cristallina 11 Å, allumino-silicato di calcio idrato cristallino (Al-tobermorite) associato a sicuri prodotti di tipo C-A-S-H paracristallini, difficilmente parametrizzabili (fig. VI.48, b)[437]. L'elevata componente amorfa derivata dall'analisi XRPD-*binder* permette di ipotizzare la presenza di C-A-S-H paracristallini dispersi nella matrice legante, la cui occorrenza è stata qualitativamente indagata tramite analisi SED-EDS.

I restati campioni (GTR_PREP_16, GTR_VM_2, GTR_VM_4) possono comunque essere considerati come miscele moderatamente idrauliche, data la limitata formazione di fasi AFm.

Le altre fasi mineralogiche documentate tramite indagine XRPD-*binder* sono formazioni antropogeniche comunque correlate ai processi propriamente pozzolanici.

La brucite, attestata nel campione GTR_CM_1 può essere testimonianza di prodotti idrati magnesiaci microcristallini metastabili derivati da processi di dedolomitizzazione dell'aggregato dolomitico. L'aragonite, così come la vaterite, sono sicuramente da ascrivere a fasi di neoformazione, prodottasi in seguito a fenomeni di decalcificazione e ricristallizzazione in forma metastabile del carbonato di calcio ($CaCO_3$) nel corso dei processi di natura pozzolanica[438]; ancora, in GTR_VM_4 è stato possibile documentare in traccia solo tramite l'analisi della frazione

[437] JACKSON *et alii* 2017.

[438] Per questi aspetti cfr. *supra*.

legante l'hydroxyapophyllite (0,2 % tot. ca). Questo è un silicato idrato frequentemente associato a zeoliti, la cui formazione è da ascrivere all'interazione pozzolanica in rocce ad elevata componente potassica con la componente calcica; rappresenta pertanto una fase accessoria ai gel di tipo C-A-S-H[439].

4.5.2.2 - *Caementa*

I tre campioni di *caementa* prelevati dalle volte delle Grandi Terme presentano una struttura mineralogica tra loro simile con alcune differenze significative (Tab. VI.28).

Campione	Calcite	Quarzo	Albite	Anortite	Sanidino	Augite	Ca-Phillipsite	Na/Ca-Phillipsite	Ematite	Biotite	Amorfo
GTR_VN_1_G	30,8	0,5	5,5	-	6,0	-	32,9	-	-	0,5	23,8
GTR_VN_1_N	5,0	-	-	-	72,1	-	-	10,6	-	0,3	12,9
GTR_VN_4_R	3,0	-	-	12,8	45,1	8,3	3,2	-	5,1	1,4	21,1

Tab. VI.28 – Tabella quantitativa cumulativa delle fasi mineralogiche espresse in %wt effettuate su sui tre campioni di *caementa* prelevati dalle volte delle Grandi Terme.

Come già osservato tramite indagine petrografica, in GTR_VM_1_G la fase principale è la componente amorfa (23,8% wt.), che rappresenta il vetro vulcanico costituente l'impalcatura strutturale della roccia vulcanica piroclastica. Come osservato tramite indagine petrografica i rari fenocristalli sono rappresentati da k-feldspati (sanidino 6,0% wt.), plagioclasi (albite 5,5% wt.) e biotite (0,5% wt.). I cristalli di clino-pirosseni sono minimi e non rappresentati nell'indagine mineralogica. L'abbondante phillipsite ricca in calcio (32,9% wt.) è invece un caratteristico minerale zeolitico autogenico formatosi dall'iterazione col vetro vulcanico e soluzioni alcaline. Calcite e quarzo rappresentano invece con tutta probabilità infiltrazioni della malta legante entro le porosità del campione.

GTR_VM_1_N si distingue dal precedente per una più sostenuta componente cristallina, testimoniata da abbondanti fenocristalli di sanidino tra i k-feldspati che costituiscono la *groundmass* (72,1 % wt.), associata con phillipsite sodica autogeniche (10,6 % wt.). La componente vetrosa è invece più ridotta. In traccia è presente biotite (0,3% wt.). Assenti sono i pirosseni.

GTR_VM_4_R infine si caratterizza per la presenza di abbondanti sanidino (45,1% wt.) associati ad anortite (12,8 % wt.). I clino-pirosseni presenti nella matrice sono descritti dall'augite (8,3% wt.), mentre la biotite ricorre in misura contenuta (1,4% wt.). Sostenuta è ancora la componente amorfa a testimonianza della presenza di vetro vulcanico (21,1% wt.). Come osservato tramite indagine petrografica, formazioni autogeniche di phillipsite sono presenti soprattutto nei riempimenti dei vacuoli della roccia vulcanica. L'analisi XRPD non sembra evidenziare chiaramente fasi associate a leucite, la cui presenza è quindi probabilmente in traccia. Caratterizzante è la presenza di ematite, ossido ferroso che conferisce la colorazione rosata alla roccia.

Da quanto è stato possibile analizzare, tutti i campioni in esame si presentano come rocce vulcaniche altamente potassiche, con elevata presenza di sanidino, fase estremamente attestata soprattutto nel campione GTR_VM_1_N. È questa una caratteristica che, in area mediterranea, è ricorrente nel vulcanismo etrusco-laziale e campano[440].

[439] ROCHELLE *et alii* 2016, p. 1103.
[440] PECCERILLO 2005; MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013, p. 556.

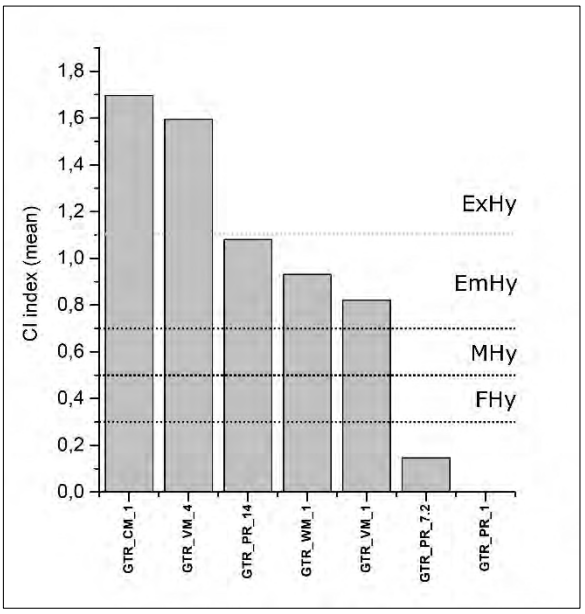


Fig. VI.49 - CI index dei campioni in relazione ai campi di idraulicità stabiliti in BOYNTON 1980. I valori sono indicativi della media di più misurazioni EDS di aree di matrice. FHy = Feebly Hydraulic; MHy = Moderatly Hydraulic; EmHy = Eminently Hydraulic; ExHy = Extremely Hydraulic (non presente in BOYNTON 1980).

4.5.3 - *Analisi SEM-EDS*

Le analisi SEM-EDS sono state operate su una limitata selezione di campioni (tab. VI.24), al fine di: a) analizzare la composizione chimica dei leganti; b) individuare puntualmente la distribuzione di eventuali fasi pozzolaniche diffuse nelle matrici, sulla base dei risultati delle indagini XRPD-*bulk* e XRPD-*binder*; c) determinare la natura e il chimismo degli aggregati, in particolar modo di quelli pozzolanici, sia naturali (vetro vulcanici) che artificiali (frammenti e polvere fittile).

Per ciò che concerne la natura chimica dei leganti, sono stati indagati i grumi di calce non miscelata di alcuni campioni (GTR_WM_1, GTR_PREP_1, GTR_PREP_7.2, GTR_PR_14, GTR_CM_1). Nei casi in cui sia stato possibile individuare ed analizzare dei calcinaroli, si è potuto osservare come il chimismo del legante restituisca elevati tenori di CaO in %wt. e ridotto MgO in %wt., indicativi dell'uso di una calce prodotta da calcinazione di calcari pressoché puri (CaO/MgO > 60)[441] (fig. VI.50, a). Solo nei campioni GTR_PREP_14 e, soprattutto, GTR_CM_1 le analisi puntuali di aree spot all'interno dei grumi di legante restituiscono elevati tenori di ossidi di silicio ed alluminio che sono sicuramente da ricondurre ad alterazione avanzata per reazione pozzolanica permeatasi attraverso microporosità stesse dei calcinaroli (fig. VI.50, c-d)[442].

Per quanto riguarda le aree di matrice, la maggior parte dei campioni restituisce elevati tenori in %wt. di SiO_2, Al_2O_3 oltre a CaO da associare alla permeazione diffusa dei gel pozzolanici, con un *CI index* > 0.8 (fig. VI.50, b) caratteristico di miscele eminentemente idrauliche (fig. VI.49)[443]. Si può osservare come i campioni dove il *CI index* risulta in assoluto maggiore (GTR_CM_1 e GTR_VM_4) siano gli stessi di quelli che, in seguito ad indagine mineralogiche, hanno dimostrato la formazione consistente di allumino-silicati di calcio idrati cristallini[444]. Si dimostra quindi come la presenza polvere fittile micrometrica uniformemente diffusa nelle matrici sia tale da rendere queste miscele estremamente idrauliche[445]. Per GTR_VM_4 si dimostra come anche la frazione vetrosa delle piroclastiti entri fortemente in reazione con la calce legante, mentre i clasti maggiori presentano ampi bordi di reazione. Anche le analisi EDS delle matrici dei campioni GTR_VM_1, GTR_WM_1 e GTR_PREP_14 restituiscono un *CI index* compreso tra 0.7 e 1.1 che risulta caratteristico di miscele eminentemente idrauliche. Per questi campioni, le analisi SEM di dettaglio hanno però dimostrato come la matrice appaia fortemente zonata, con aree eminentemente calciche perfettamente carbonatate alternate a zonature a bassi colori di interferenza caratteristici dell'occorrenza di prodotti idrati (fig. VI.50, e-f). Infine, in pieno accordo con le indagini mineralogiche, il *CI index* dei campioni GTR_PREP_1 e GTR_PREP_7.2 è di < 0.3 (fig. VI.49), indicativo di miscele poco o per nulla idrauliche.

[441] *Mineral and Chemical Composition of Pure Limestone* 2011.

[442] Cfr. *infra*.

[443] BOYNTON 1980, pp. 274-275; BANFILL, FORSTER 1999, p. 177.

[444] Cfr. §4.5.2.1.

[445] La presenza di polvere fittile micrometrica di ⌀ < 75 µm (TEUTONICO, ASHALL, GARROD, YATES 2000, p. 340; COUTELAS, GODARD, BLANC, PERSON 2004, p. 131; LANCASTER 2019, p. 34) le aree di contatto con la componente calcica del legante sono estremamente diffuse e ciò determina la più ampia formazione di prodotti idrati nei composti.

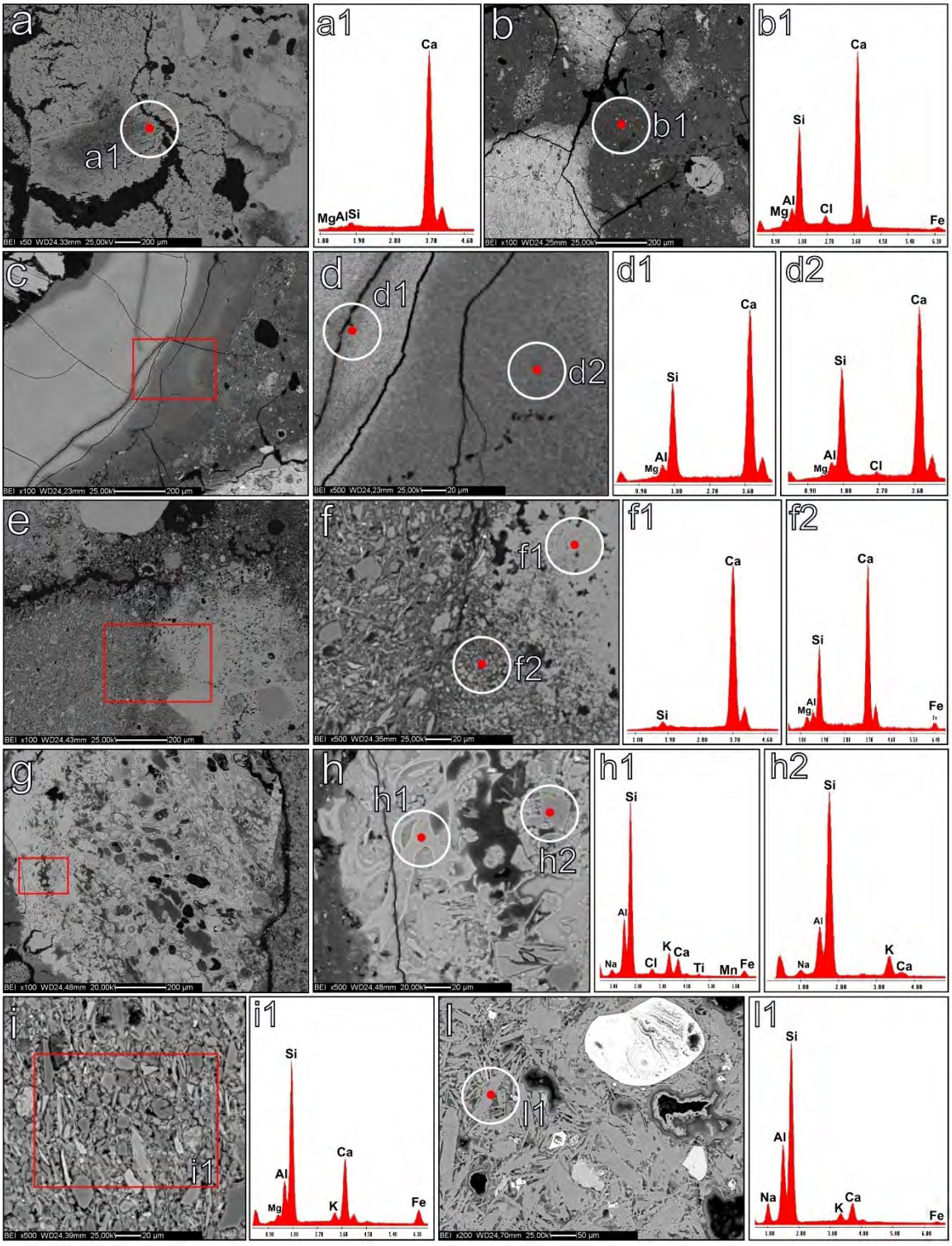


Fig. VI.50 - Analisi SEM-EDS dei campioni di miscele leganti delle Grandi terme. Acquisizioni a elettroni retrodiffusi (BSE). a) GTR_WM_1, grumo di calce non miscelata; a1) microanalisi EDS di una porzione del grumo di calce; b) GTR_CM_1, matrice legante; b1) microanalisi EDS della matrice legante; c) GTR_CM_1, grumo di calce non miscelata; d) ingrandimento dell'area evidenziata nella fig. c; d1) microanalisi EDS di un'area del grumo di calce ad alti colori di interferenza; d2) microanalisi EDS di un'area del grumo di calce a bassi colori di interferenza; e) GTR_WM_1, matrice legante; f) ingrandimento dell'area evidenziata alla fig. e; f1) microanalisi EDS di un'area della matrice leganti a bassi colori di interferenza; f2) microanalisi EDS di un'area della matrice leganti ad alti colori di interferenza; g) GTR_VM_4, clasto di pomice; h) ingrandimento area evidenziata in fig. g; h1) microanalisi EDS di un'area del vetro vulcanico; e2) microanalisi EDS di un k-feldspato (sanidino); GTR_CM_1, clasto fittile; i1) microanalisi EDS di un'area del frammento fittile; l) GTR_PR_7.2, clasto di roccia vulcanica a tessitura porfirico-ipocristallina; l1) microanalisi EDS di un minerale feldspato plagioclasio della *groundmass*.

Infine, è stato analizzato anche il chimismo degli aggregati pozzolanici presenti nei campioni. I clasti piroclastici vulcanici si caratterizzano per la diffusa occorrenza di vetro vulcanico e fenocristalli di feldspati potassici (sanidino) (fig. VI.50, g-h). Le rocce vulcaniche presenti nel campione GTR_PR_7.2 presentano invece una *groundmass* sostenuta da diffusi microliti feldspatici poveri in potassio (fig. VI.50, l), ossidi di ferro e titanio (probabilmente ilmenite) e fenocristalli di biotite. La frazione fittile è sempre caratterizzata da elevato CaO indicativo della componente molto carbonatica delle argille (fig. VI.50, i).

4.5.4 - *Analisi XRF*

Le analisi XRF sono state effettuate esclusivamente sui tre campioni di *caementa* GTR_VM_1_G, GTR_VM_1_N e GTR_VM_1_G al fine di evidenziarne il profilo geochimico degli elementi maggiori e degli elementi in traccia. Le porzioni oggetto di indagine sono state campionate dal nucleo di grossolani scapoli (10 cm ca), pertanto il rischio di alterazione da contatto con il legante dell'*opus caementicium* è minimo[446]. Di seguito è riportato il profilo chimico degli elementi principali (tab. VI.29) e degli elementi in traccia (tab. VI.30) dei campioni presi in esame.

Campione	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	LOI	Sum
GTR_VM_1_G	0,41	0,85	14,40	45,27	0,05	4,35	11,74	0,40	0,14	3,21	19,19	100,00
GTR_VM_1_N	3,98	0,37	17,56	58,88	0,01	6,50	4,32	0,46	0,24	3,56	4,12	100,00
GTR_VM_4_R	2,27	2,22	16,74	53,05	0,36	7,35	7,08	0,74	0,14	6,51	3,53	100,00

Tab. VI.29 - Risultati dell'analisi XRF degli elementi chimici maggiori espressi in % wt. dei campioni di *caementa* prelevati dalle volte delle Grandi Terme.

Campione	Ni	V	La	Ce	Co	Ba	Nb	Y	Sr	Zr	Cu	Zn	As	Rb	Sn	Cs	Pb	Zr/Y	Nb/Y	Nb/Zr
GTR_VM_1_G	6,45	19	77	157	4,25	107	63	44	249	472	13,42	90,81	7	479	24	25	86	10,7273	1,4318	0,1335
GTR_VM_1_N	10,2	14	182	417	0,01	9	124	72	55	1018	7,6	107,4	45	348	26	23	88	14,1389	1,7222	0,1218
GTR_VM_4_R	12,47	131	61	104	11,8	1747	33	31	782	249	71,37	163,14	6	296	9	-01	35	8,0323	1,0645	0,1325

Tab. VI.30 - Risultati dell'analisi XRF degli elementi chimici in traccia espressi in ppm dei campioni di *caementa* prelevati dalle volte delle Grandi Terme.

I risultati dell'analisi sono poi stati confrontati con i dati riportati in letteratura. È stato così possibile stabilire, con buon grado di sicurezza, le aree di provenienza delle rocce delle rocce vulcaniche impiegate nelle volte delle Grandi Terme di Aquileia, applicando una metodologia che, in anni recenti, sembra dare risultati soddisfacenti per l'identificazione dei bacini di cava[447]. Nello specifico, utilizzando i rapporti Zr/Y vs Nb/Y (Zirconio/Ittrio vs Ittrio/Niobio), Nb/Zr vs Th/Ta (Niobio/Zirconio vs Torio/Tantalio), Nb/TiO_2 vs Zr/TiO_2 (Niobio/diossido di Titanio vs Zirconio/diossido di Titanio)[448] sono stati intersecati i dati desunti da questo studio con il dataset di campioni archeologici e geologici riportato in letteratura[449].

Già grazie alle analisi XRPD[450] sono state riscontrate forti assonanze nel profilo mineralogico tra i tre campioni di *caementa* e le formazioni piroclastiche e magmatico-effusive dei distretti vulcanici di area etrusco-laziale e campana. L'analisi degli elementi in traccia permette di distinguere ulteriormente le rocce mafiche ultra-potassiche del distretto etrusco-laziale da quelle di area campana[451].

---

[446] L'elevato valore di LOI (*loss of ignition*) del campione GTR_VM_1_G è piuttosto anomalo. È possibile postulare una contaminazione del campione con la calcite legante della malta, evidenza che è stata riconosciuta anche tramite indagine XRPD (cfr. §4.5.2.2).

[447] Sul metodo cfr. MARRA, DEOCAMPO, JACKSON , VENTURA 2011, p. 119.

[448] MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013, pp. 557-562.

[449] Si fa qui in particolare riferimento ai lavori di LANCASTER, SOTTILI, MARRA, VENTURA 2011; MARRA, DEOCAMPO, JACKSON, VENTURA 2011; JACKSON *et alii* 2013; MARRA, D'AMBROSIO 2013; MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013; JACKSON 2014; D'AMBROSIO *et alii* 2015; MARRA, D'AMBROSIO, GAETA, MATTEI 2016; MARRA *et alii* 2016.

[450] Cfr. §4.5.2.2.

[451] PECCERILLO 2005.

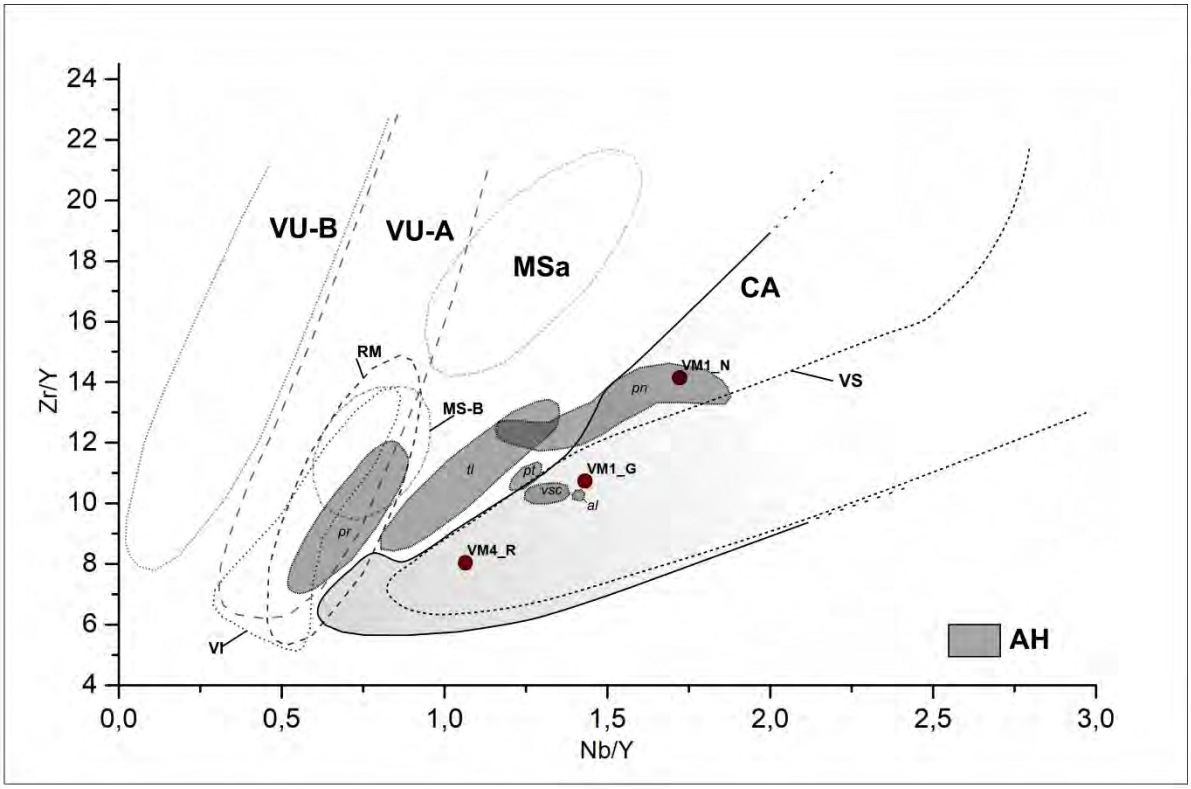


Fig. VI.51 - Grafico distributivo degli elementi in traccia Nb/Y vs Zr/Y dei campioni di *caementa* delle volte delle Grandi Terme in relazione ai dati geologici e campioni archeologici di rocce vulcaniche piroclastiche (pomici e scorie) e magmatico effusive (lava) dall'edito per l'area campana ed etrusco-laziale (modificato da MARRA, D'AMBROSIO 2013, fig. 2a, p. 998 per l'area etrusco-laziale, da MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013, fig. 9b, p. 567 per l'area campana). **VU-A/VU-B** = distretto vulcanico di *Vulsinii* (Lazio); **MS-A/MS-B** = Monti Sabatini (Lazio); **RM** = Vulcano di Rocca Morfina (Lazio); **VI**: Distretto vulcanico di Vico (Lazio); **AH** = Colli Albani a loro volta distinguibili in sotto unità: *pn* = Pozzolane Nere; *pr* = Pozzolane Rosse; *pt* = "Tufo Pisolitico"; *vsc* = Unità eruttiva di Villa Senni; *tl* = "Tufo Lionato"; *al* = Cratere Albano; **CA** = Distretto vulcanico campano comprensivo dell'area flegrea e vesuviana (Campania); **VS** = Distretto vulcanico del Vesuvio (Campania).

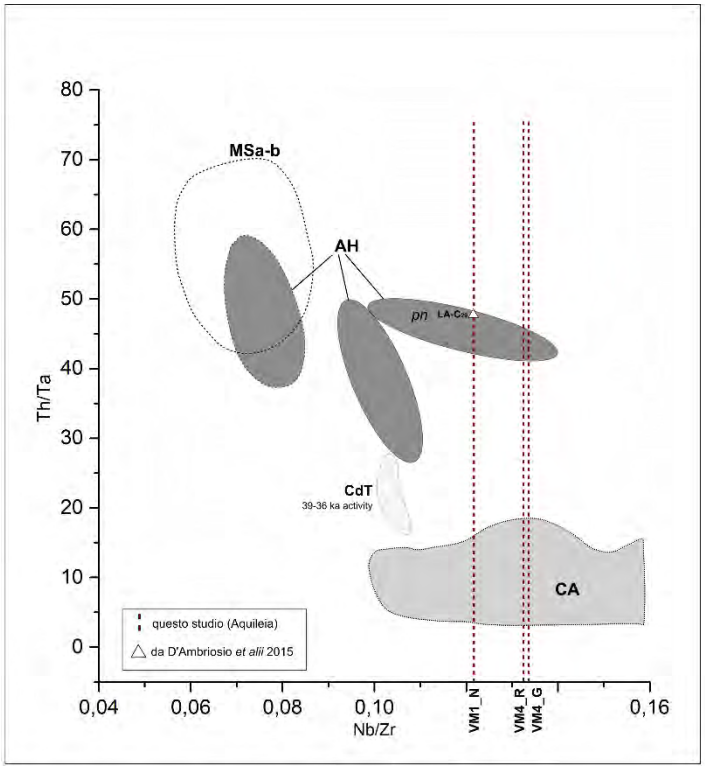


Fig. VI.52 - Grafico distributivo degli elementi in traccia Nb/Zr vs Th/Ta dei campioni di *caementa* delle volte delle Grandi Terme in relazione ai dati geologici e campioni archeologici di rocce vulcaniche piroclastiche (pomici e scorie) e magmatico effusive (lava) dall'edito per l'area campana ed etrusco-laziale (modificato da MARRA, D'AMBROSIO, GAETA, MATTEI 2016, fig. 2b, p. 184). **MS-A/MS-B** = Monti Sabatini (Lazio); **AH** = Colli Albani a loro volta distinguibili in sotto unità: *pn* = Pozzolane Nere; **CA** = Distretto vulcanico campano comprensivo dell'area flegrea e vesuviana (Campania).

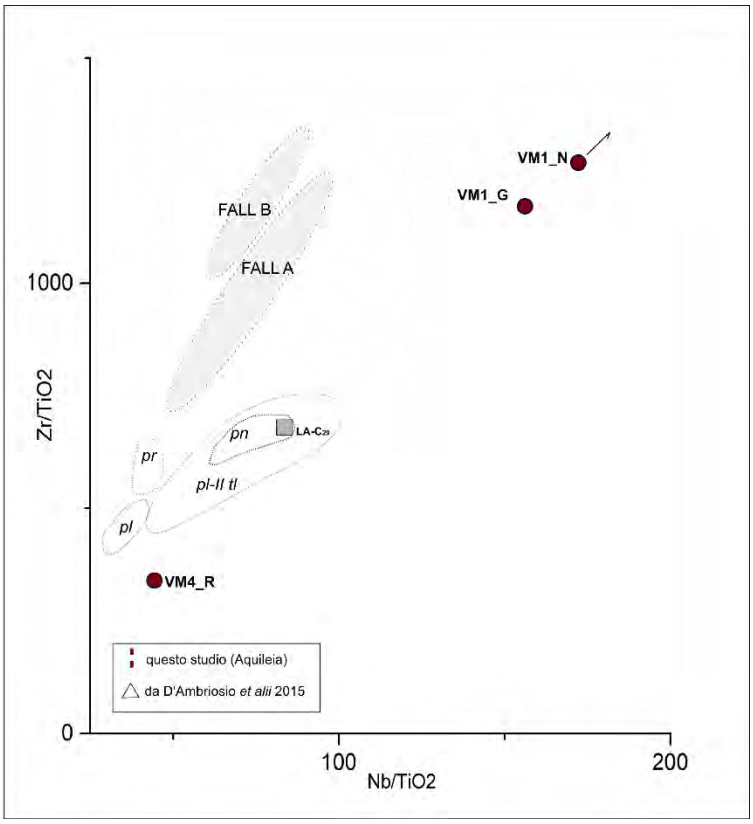


Fig. VI.53 - Grafico distributivo degli elementi in traccia Nb/TiO_2 vs Zr/TiO_2 dei campioni di *caementa* delle volte delle Grandi Terme in relazione ai dati geologici e campioni archeologici di rocce vulcaniche piroclastiche (pomici e scorie) e magmatico effusive (lava) dall'edito per l'area etrusco-laziale (modificato da MARRA, D'AMBROSIO, GAETA, MATTEI 2016, fig. 3, p. 186). **FALL a/FALL b** = Monti Sabatini (Lazio); *pn* = Pozzolane Nere; *pr* = Pozzolane Rosse; *pl* = "Pozzolanelle"; *tl* = "Tufo Lionato".

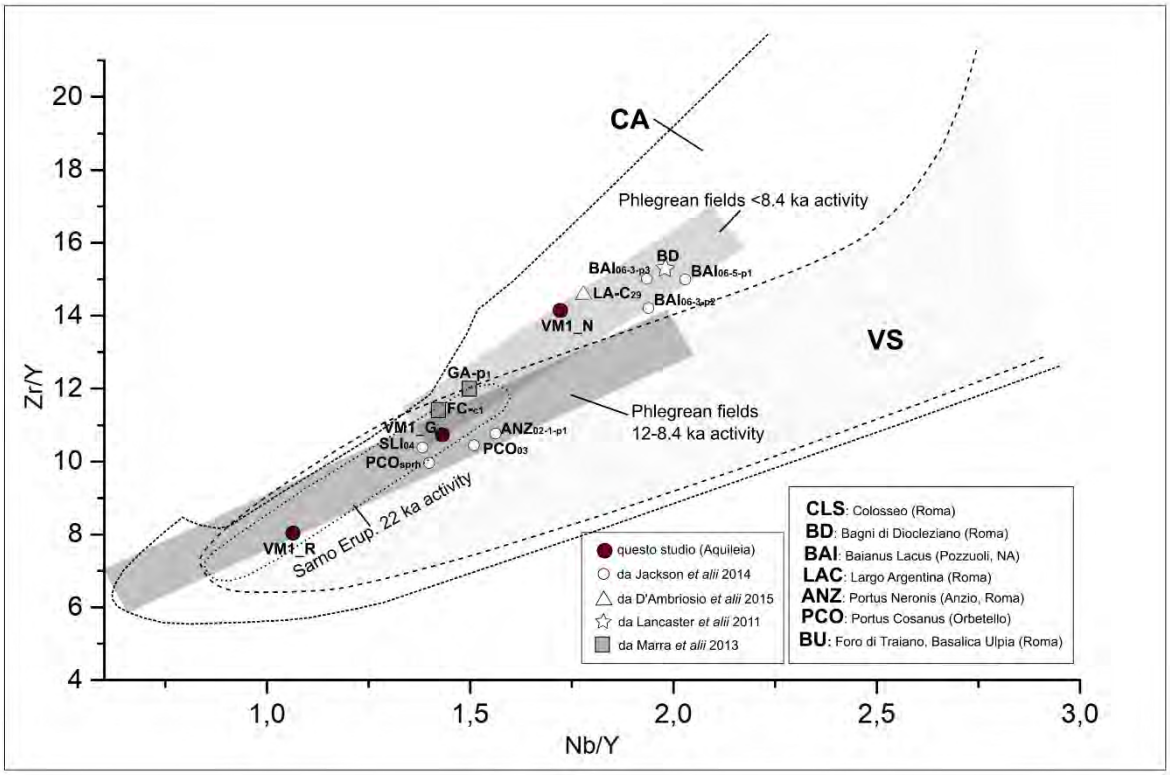


Fig. VI.54 - Grafico distributive degli elementi in traccia Nb/Y vs Zr/Y dei campioni di *caementa* delle volte delle Grandi Terme in relazione ai dati geologici e campioni archeologici di rocce vulcaniche piroclastiche (pomici e scorie) e magmatico effusive (lava) dall'edito per l'area campana (modificato da MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013, fig. 8, p. 566 e fig. 9b, p. 567 per l'area campana); **CA** = Distretto vulcanico campano comprensivo dell'area flegrea e vesuviana (Campania); **VS** = Distretto vulcanico del Vesuvio (Campania).

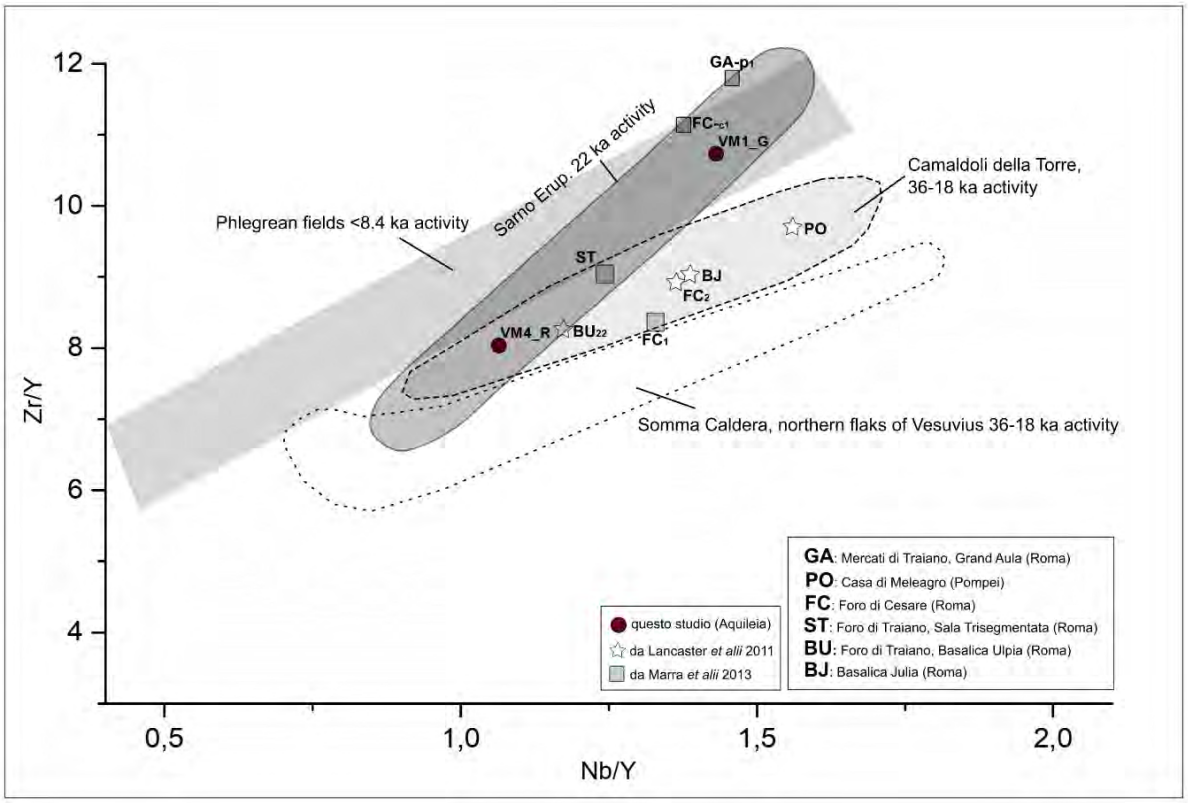


Fig. VI.55 - Grafico distributive degli elementi in traccia Nb/Y vs Zr/Y dei campioni di *caementa* delle volte delle Grandi Terme in relazione ai dati geologici e campioni archeologici di rocce vulcaniche piroclastiche (pomici e scorie) e magmatico effusive (lava) dall'edito per l'area vesuviana (modificato da MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013, fig. 8, p. 566 e fig. 10b, p. 570).

Dai rapporti Zr/Y vs Nb/Y, si è potuto così constatare come tutti i campioni aquileiesi ricadano chiaramente all'interno dei valori caratteristici del distretto vulcanico campano (fig. VI.51). Solo il campione GTR_VM_1_N presenta alti valori di Zr/Y e di Nb/Y che risultano compatibili anche con alcuni depositi piroclastici di area laziale, con evidenti similitudini nella distribuzione geochimica delle c.d. "Pozzolane Nere" dei Colli Albani[452]. Dall'analisi Nb/Zr vs Th/Ta, oltre a rientrare nella distribuzione dei prodotti vulcanici di area campana flegrea e vesuviana (fig. VI.52), il campione GTR_VM_1_N risulta comunque compatibile anche con il raggruppamento delle "Pozzolane Nere"[453]. Solo grazie all'analisi di Nb/TiO_2 vs Zr/TiO_2, che ben si presta alla discriminazione dei prodotti del vulcanesimo etrusco-laziale[454], è stato infine possibile chiarire come GTR_VM_1_N non sembri rientrare assolutamente nel *cluster* dei campioni geologici di questo distretto vulcanico, dato che i valori di TiO_2 risultano alquanto bassi (< 0.5% wt.), mentre i campioni di area etrusco-laziale si caratterizzano per valori di TiO_2 generalmente > 0,5% wt. Sembra quindi verosimile ritenere che pure questa roccia possa avere provenienza campana.

All'interno del comprensorio vulcanico campano si possono inoltre identificare le due principali aree certamente sfruttate in antico, ossia il distretto flegreo e l'unità vesuviana, abbastanza distinguibili tra di loro anche sotto il profilo geochimico, seppur con ampi tratti di sovrapposizione (fig. VI.53).

[452] Per una analisi petrografica, mineralogica e geochimica di questo tipo di *harenae fossiciae* cfr. JACKSON *et alii* 2007; D'AMBROSIO *et alii* 2015.

[453] I campioni sono stati descritti come una retta e non in maniera puntuale in quanto la strumentazione adottata non ha permesso di determinare i valori degli elementi in traccia di Torio e Tantalio.

[454] MARRA, D'AMBROSIO, GAETA, MATTEI 2016, p. 185.

Dall'analisi Zr/Y vs. Nb/Y, due dei campioni, ossia GTR_VM_1_N e GTR_VM_1_G ricadono all'interno dell'area propriamente flegrea.

GTR_VM_1_N presenta valori di Zr/Y e Nb/Y del tutto comparabili con altri campioni archeologici di scorie vulcaniche prelevati dalle volte del Colosseo e dalle Terme di Diocleziano[455]. Tra questi, solo per il secondo è stata ribadita la provenienza dall'area flegrea (cratere di Lago D'Averno)[456]. Il campione aquileiese è inoltre molto simile ad alcuni clasti di scorie pumicee prelevate, nell'ambito del progetto ROMACONS[457], da strutture portuali in *opus caementicium* del Mediterraneo. In particolare, alcuni campioni dai moli di Baia sono stati ascritti ai depositi piroclastici delle eruzioni flegree più recenti (< 8.4 k.a.)[458]. Inoltre, se dai dati Zr/Y vs Nb/Y il campione GTR_VM_1_N presenta caratteri di similitudine con un frammento di roccia vulcanica afferente ai depositi di "Pozzolane Nere" prelevato dal nucleo di una struttura di rifacimento di III sec. d.C. del Tempio B di Largo Argentina[459], grazie all'analisi Nb/TiO_2 vs Zr/TiO_2 si è potuta dimostrare la totale alterità di quest'ultimo dal campione aquileiese (fig. VI.54).

GTR_VM_1_G, ricade all'interno delle aree occupare dai ceneri vulcaniche delle due principali eruzioni piroclastiche flegree (12-8.4 k.a. e < 8.4 k.a.) successive a quella del Tufo Giallo Napoletano (12 k.a.), ma si sovrappone parzialmente anche con l'area dell'eruzione vesuviana del Sarno (22 k.a.). Il campione presenta strettissime affinità geochimiche per i valori di Zr/Y e Nb/Y, nonché sotto il profilo tessiturale e mineralogico, con dei campioni di *caementa* o d'aggregato pozzolanico dalle strutture in *opus caementicium* dei moli di Cosa, Santa Liberata (*Domitiana Positio*), Anzio (Porto di Nerone) e Baia a Pozzuoli. Questi prodotti piroclastici, che si caratterizzano per una struttura molto vetrificata ed un colore giallo-grigiastro, ricadono pienamente nell'area dei depositi geologici del cratere di Bacoli nei Campi Flegrei[460]. Il campione GTR_VM_1_G sotto il profilo dei rapporti Nb/Y e Zr/Y trova però confronti anche con *caementa* di lava vulcanica impiegata nelle volte della Grande Aula dei Mercati di Traiano e del Foro di Cesare a Roma, per i quali non è stato possibile discriminare con precisione la provenienza tra area flegrea e vesuviana sulla base dei dati geochimici[461]. Le indagini petrografiche e mineralogiche non forniscono dati utili a chiarirne il bacino specifico[462].

GTR_VM_4_R, infine, risulta rientrare, in base valori di Nb/Y ~ 1.0 e Zr/Y < 8.0, nell'areale occupato dalle attività magmatiche di Somma-Vesuvio antecedenti all'eruzione del 79 d.C. (fig. VI.55). È forse possibile circoscriverne la pertinenza specifica alle eruzioni piroclastiche del Sarno (22 k.a.) o a quelle indagate tramite il carotaggio a Camaldoli della Torre datate tra 18-36 k.a. GTR_VM_4_R condivide un profilo geochimico che, dai valori Nb/Y e Zr/Y, non risulta di troppo dissimile da quello di campioni lava prelevati da volte di diversi edifici romani imperiali, che sono state attribuite alle attività magmatiche di Somma Vesuvio[463] e, ancora una volta, forse pertinenti all'attività eruttiva indagata tramite carotaggio a Camaldoli della Torre (18-36 k.a.)[464].

Nel complesso, l'analisi ha quindi permesso di definire con buon grado di precisione la provenienza dei tre campioni di *caementa* prelevati dalle volte delle Grandi Terme. GTR_VM_1_G e GTR_VM_1_N hanno provenienza dall'area flegrea, ma non deve essere scartata, per la prima,

---

[455] LANCASTER 2011, p. 64; LANCASTER, SOTTILI, MARRA, VENTURA 2011, pp. 719-720, campioni Colosseo 011 e Bagni di Diocleziano 05; MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013, p. 569.

[456] Il campione Colosseo 011 è stato recentemente associato ai depositi di Somma Vesuvio indagati attraverso il carotaggio effettuato a Camaldoli della Torre, mentre per il secondo (Bagni di Diocleziano 05) si conferma la provenienza flegrea, nello specifico con il cratere di Lago D'Averno (MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013, p. 569).

[457] Sul progetto cfr. Cap. IV, §1.4.

[458] JACKSON 2014, con riferimenti in JACKSON, VOLA 2014, campioni BAI.06.05.P2; BAI.06.03.P3.

[459] MARRA, D'AMBROSIO, GAETA, MATTEI 2016, campione LA-C29.

[460] JACKSON *et alii* 2013, campione BAI-03-06-T1 (tufo pumiceo); JACKSON 2014, p. 152-153 con riferimenti in JACKSON, VOLA 2014 campioni ANZ02-1-T1; PCO, 03, 04AB; SLI_04-T1; PCO3-sprh.

[461] MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013, pp. 565-568, campioni GA-p1 e FC-p1.

[462] Per il Foro di Cesare cfr. JACKSON *et alii* 2010a, p. 414; per la Grande Aula dei Mercati di Traiano cfr. JACKSON *et alii* 2009; JACKSON *et alii* 2010b.

[463] LANCASTER, SOTTILI, MARRA, VENTURA 2011, pp. 716-717, Basilica Ulpia 022, Foro di Cesare 021, Basilica Iulia 023. Ciò sembra confermare quanto desunto da indagine petrografica (cfr. §5.3.3).

[464] MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013, pp. 569-573.

l'opzione della provenienza dall'area vesuviana. GTR_VM_4_R sembra invece riconducibile con sicurezza ai depositi di lava delle eruzioni vesuviane (attività magmatica di Somma-Vesuvio) antecedenti il 79 d.C.

4.6 - CONTESTUALIZZAZIONE ARCHEOLOGICA DEI DATI ANALITICI E ANALISI DELLE FASI DI CANTIERE

Il campionamento e l'analisi dei campioni di miscele leganti e di *caementa* prelevati dal sito delle Grandi Terme, seppur relativamente modesto in termini quantitativi, si è rivelato di estrema importanza all'interno del quadro delle ricerche condotte per Aquileia in relazione a queste tematiche.

Prima di entrare nel dettaglio della discussione dei singoli aspetti, ciò che appare palese, da quanto evidenziato non solo attraverso le diversificate metodologie di indagine archeometrica, ma anche da quanto riportato nelle relazioni di scavo[465], è l'ottima qualità dei materiali cementizi utilizzati nel contesto termale, che non trovano confronto con gli altri campioni aquileiesi trattati in questa ricerca.

L'uniformità costruttiva generale dell'opera è percepibile dall'utilizzo generalizzato di miscele a base fittile piuttosto grasse (L/A ≥ 1:1), estremamente diffuse sia per la fase di impianto (fase I) che per i primi restauri (fase II).

All'interno di questa macro-classe tipologica, grazie alle analisi petrografiche si è potuto osservare come i diversi campioni presentino significative differenze preparatorie e si clusterizzino in gruppi composizionalmente affini con una distribuzione che rispecchia le diverse forme strutturali. In altri termini, si è dimostrato come le pratiche preparatorie delle miscele fossero altamente diversificate in relazione alla loro funzione e al contesto di impiego. Questo grado di "specializzazione" delle tecniche preparatorie è percepibile soprattutto dalle caratteristiche delle miscele applicate in contesti "delicati" quali possono essere le infrastrutture idrauliche ed i sistemi di copertura, per la costruzione dei quali doveva essere rivolta massima attenzione alle materie prime utilizzate e alle modalità preparatorie e di messa in opera dei materiali cementizi. Di contro, più generiche sono le miscele applicate nei giunti di corpi murari o quelle predisposte in funzione di preparazione pavimentale[466].

Grazie alle indagini mineralogiche e chimiche è stato quindi possibile descrivere più dettagliatamente la qualità delle miscele a base fittile impiegate nelle Grandi Terme. Ciò è stato possibile soprattutto valutando e quantificando oggettivamente il tasso di formazione di minerali cristallini di stampo pozzolanico rispetto al totale delle fasi mineralogiche presenti nei campioni[467].

Si è così potuto dimostrare come le maestranze presenti nel cantiere avessero una profonda conoscenza delle proprietà dei materiali cementizi e della resa finale del prodotto finito. Non è infatti un caso che le migliori miscele, dalle proprietà pozzolaniche straordinarie, siano quelle applicate come rivestimento di vasche che garantivano un'ottima impermeabilizzazione di queste strutture. Moderate caratteristiche pozzolaniche sono restituite anche dalle miscele utilizzate per la costruzione della piattaforma cementizia S20 di supporto ad un articolato sistema di vasche ed infrastrutture idrauliche.

Si distinguono invece le miscele a base fittile (cocciopesti e cocciopesti grossolani) applicate nella preparazione di pavimenti. In questo ambito gli unici composti idraulici sono quelli predisposti nei sottofondi preparatori dei *sectilia*; di contro quelli predisposti per pavimenti musivi risultano debolmente o per nulla idraulici[468].

---

[465] Cfr. ad esempio le miscele applicate per infrastrutture idrauliche §4.3.2

[466] Cfr. §4.5.1.1

[467] Cfr. §4.5.2.1 e 4.5.3.

[468] Questo aspetto particolare e non particolarmente ricercato in letteratura appare invece ricorrente nelle tecniche preparatorie di pavimenti ad Aquileia. Le cause ed i motivi di questa differenza qualitativa nelle miscele preparatorie tra pavimenti in tessellato e in *opus sectile* saranno discusse più in dettaglio altrove (cfr. Cap. VIII, §3.5.1 e 3.5.2).

L'elevata qualità complessiva dell'opera edilizia si può cogliere anche nell'abbondanza di *caementa* di origine vulcanica, in prevalenza pomici e scorie pumicee, ma anche lave vulcaniche, impiegate a fini d'alleggerimento nelle volte. Grazie all'analisi degli elementi in traccia è stato possibile circoscriverne la provenienza dai distretti vulcanici dell'area flegrea e vesuviana (fig. VI.26). L'approvvigionamento dai territori contermini al Golfo di Napoli sottende la conoscenza delle proprietà intrinseche di questi specifici materiali da costruzione nei termini garantistici di qualità del prodotto. Le ceneri piroclastiche flegree non sono infatti altro che quella *pulvis* citata da Vitruvio[469] che, da quanto tramandato nei sui scritti, si poteva cavare nelle aree presso il Golfo di Napoli tra Baia e il Vesuvio. Successivamente Plinio, attribuendole l'aggettivo di *puteolanus,* ne associa la provenienza al sito di Pozzuoli, determinando così la genesi moderna del termine "pozzolana"[470]. Materiale simile al *pulvis puteolanus* erano le scorie piroclastiche dell'area vesuviana, da Vitruvio definite col termine di *pumex Pompeianus*[471]. Come riportato dagli autori latini, queste ceneri vulcaniche permettevano di ottenere materiali cementizi e strutture particolarmente tenaci ed erano quindi ottime da impiegare nella costruzione di moli a mare, in quanto permettevano la presa di malte e calcestruzzi anche in ambiente acquatico[472]. Seppur nella trattatistica latina non sia fatta alcuna menzione a riguardo, diverse testimonianze archeologiche attestano l'uso di pomici e scorie vulcaniche grossolane nell'ambito della realizzazione di volte in *opus caementicium* di edifici monumentali di epoca imperiale, a Roma e non solo. In tale contesto questi materiali venivano utilizzati in qualità di *caementa* d'alleggerimento in virtù della loro ridotto peso specifico, più che per le proprietà pozzolaniche intrinseche[473].

La prova dell'uso di rocce vulcaniche nelle volte delle Grandi Terme aquileiese è un dato per ora eccezionale se contestualizzato nell'ambito geografico cisalpino, nonché in relazione al periodo storico. La presenza di pomici flegree nelle volte delle Terme di Diocleziano a Roma[474], costruite tra 296 e 308 d.C., è la dimostrazione di come dall'epoca imperiale fino al tardoantico fossero conosciuti, noti ed esportati i prodotti vulcanici di area campana nell'Urbe così come altrove nel bacino Mediterraneo[475]. Tuttavia, finora non era ancora mai stato chiaramente provato il commercio di rocce e polveri piroclastiche e magmatico-effusive dall'area campana fino al nord Italia per tutta l'età romana. Il caso aquileiese rappresenta, pertanto, l'unico caso provato con certezza finora[476].

Di certo una committenza di elevatissimo rango quale era la famiglia imperiale costantiniana doveva essere al centro di una serie di contatti e connessioni politico-sociali ed economico-commerciali tali da garantire l'approvvigionamento dei prodotti di miglior qualità disponibili sul mercato e di richiamare le migliori maestranze circolanti al tempo. Intrigante comunque è l'attestazione del commercio esclusivo di prodotti dall'area campana, che non sembra interessare anche le c.d. *harenae fossiciae* del distretto etrusco-laziale[477]. Da quanto noto, sembra che il *pulvis puteolanus* avesse una circolazione sicuramente maggiore rispetto alle *harenae fossiciae*, la cui distribuzione appare soprattutto locale, con un massiccio impiego nell'edilizia della

[469] VITR, *De arch*., II, 6, 1-2.

[470] PLIN., N.H. XVI, 202, XXXV, 166-167.

[471] VITR, *De arch*., II, 6, 2-3; GRECO 2011, p. 62.

[472] Sulle proprietà della c.d. "reazione pozzolanica" cfr. Cap. III, §3.

[473] In generale sull'argomento cfr. DELAINE 1997, pp. 159-160; ADAM 2005, p. 380; GIAVARINI 2005, p. 136; LANCASTER 2005, pp. 59-67; LANCASTER 2006; LANCASTER 2010; LANCASTER, MARRA, SOTTILI, VENTURA 2010; LANCASTER, SOTTILI, MARRA, VENTURA 2011; LANCASTER 2011; MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013; LANCASTER 2015, pp. 29-38.

[474] LANCASTER 2011, p. 64; LANCASTER, SOTTILI, MARRA, VENTURA 2011, pp. 719-720; MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013, p. 569; JACKSON 2014, p. 154.

[475] Per una visione generale di questi commerci cfr. HOHLFENDER, OLESON 2014, pp. 223-226.

[476] Per ulteriori discussioni sull'argomento, confronti e le correnti opinioni riguardo le altre possibili attestazioni dell'uso di *pulvis puteolanus* in strutture di età romana del nord Italia riportate in letteratura cfr. *infra*, e inoltre Cap . VIII, §1.5.2 e nota 170.

[477] Sulle *harenae fossiciae* vedi riferimenti a Cap. III, §2.3; sulla loro distinzione nelle fonti latine rispetto alla *pulvis puteolana* cfr. da ultimi JACKSON *et alii* 2007; LANCASTER 2015, pp. 20-25; D'AMBROSIO *et alii* 2015.

Roma imperiale. Il motivo di ciò potrebbe risiedere nella vicinanza dei depositi flegrei e vesuviani al mare e ad alcuni dei principali porti di epoca romana, quali quello di Baia e di Miseno, che resero agevole il commercio e l'esportazione della *pulvis puteolana*[478]. Il dato da Aquileia sembra supportare questa ipotesi[479].

Dopo quest'ampia premessa, di seguito saranno prese in esame nel dettaglio tipologie, proprietà e funzioni delle miscele impiegate in ambito costruttivo e di rivestimento, in relazione alle tre diverse fasi in cui si declina la vita "edilizia" dell'impianto termale.

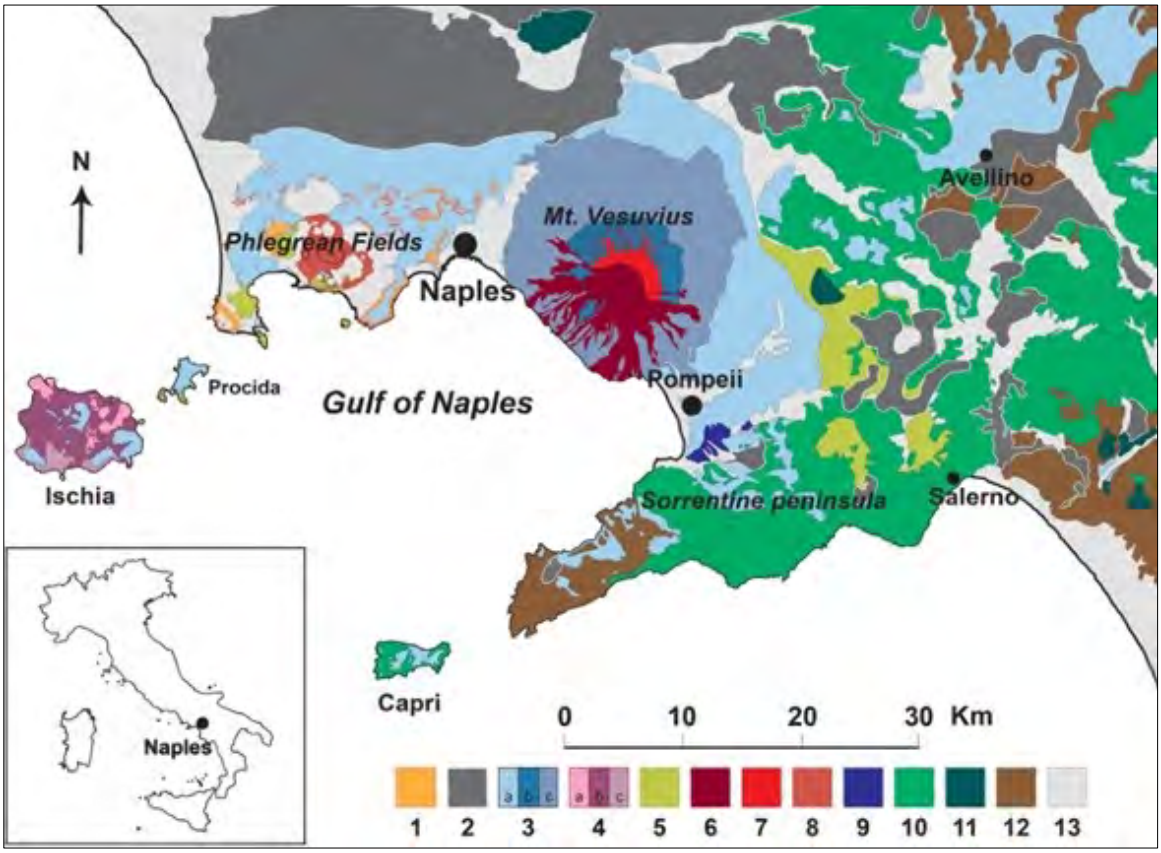


Fig. VI.56 - Carta Geologica del Golfo di Napoli ed aree contermini (da PIOVESAN *et alii* 2019, fig. 2, p. 257. 1 = Tufo Giallo Napoletano; 2 = Ignimbrite campana; 3a = Depositi piroclastici incoerenti e indifferenziati; 3b = Depositi indifferenziati del Vesuvio e di Monte Somma; 3c = Depositi indifferenziati e rilavorati della porzione basale del Vesuvio e di Monte Somma; 4 = Tufi e lave effusive a tessitura trachitica; 4a = Lava trachitica di Ischia; 4b = Tufo trachitico di Ischia (Tufo Verde di Monte Epomeo); 4c = Altri tufi stratificati di Ischia; 5 = Tufi indifferenziati della regione Campana; 6 = Prodotti vulcanici successivi all'eruzione del 79 d.C.; 7 = Prodotti vulcanici precedenti all'attività di Monte Somma; 8 = Lava dei Campi Flegrei; 9 = Depositi piroclastici dell'eruzione del 79 d.C., 10 = Depositi calcarei; 11 = Travertini; 12 = Depositi di rocce clastiche; 13 = Depositi alluvionali recenti.

Fase I - La costruzione. L'impianto dell'edificio termale risponde ad un progetto edilizio studiato e regolato in tutte le sue parti, come testimoniato dal rigore con cui sono disposti planimetricamente gli ambienti e le infrastrutture di servizio. L'elevata perizia tecnica delle maestranze richiamate per questo impegnativo progetto di costruzione appare già evidente dall'elevato livello tecnico raggiunto dai mosaici delle Grandi Terme, la cui resa artistica andò definendo il modello propulsore per i motivi iconografici e stilistici dell'Aquileia tardo antica[480]. Anche le

[478] D'AMBROSIO *et alii* 2015, p. 201.

[479] Va comunque ribadito come siano state prese in esame tramite indagine XRF degli elementi in traccia esclusivamente i *caementa* impiegati nelle volte e non anche i clasti impiegati come aggregato nelle miscele. Non si deve dare per scontati del tutto che i litotipi fossero gli stessi (cfr. a riguardo *infra*).

[480] NOVELLO 2017.

pratiche costruttive delle strutture ed infrastrutture dell'edificio si discosta rispetto ai canoni edilizi dell'Aquileia tardo imperiale. La presenza di strutture murarie a corpo pieno in laterizi appare insolito nel IV e V sec., e richiama direttamente tecniche di età repubblicana ed alto imperiale che trovano confronto per questo periodo storico solo negli *horrea* del Patriarcato[481]. È verosimile ritenere che i laterizi non siano di reimpiego ma che una serie di fornaci siano state impostate per la realizzazione dei mattoni da impiegare nella costruzione delle terme.

L'analisi dei campioni dei materiali cementizi ascritti alla fase di costruzione non sembra solo ribadire nuovamente l'idea di una elevata qualità complessiva dell'opera architettonica, ma porta nuova linfa per una discussione più ampia sui commerci di materie prime e di maestranze nel cantiere edilizio e, più in generale, ad Aquileia nella Tarda Antichità.

Come visto la specializzazione delle tecniche preparatorie appare altissima, con l'impiego generalizzato di miscele a base fittile (cocciopesto, cocciopesto grossolano) a composizione leggermente differente in base al contesto di applicazione.

Da quello che è stato possibile analizzare, nei giunti di allettamento di strutture in laterizi, siano essi setti murari (GTR_WM_1), plinti e basi di statue (GTR_WM_2) o nervature di volte (GTR_VM_2) sono applicate miscele di cocciopesto ascritte al Gr 1a. Come indicato tramite indagine XRPD-*bulk* e XRPD-*binder* questi composti hanno un ridotto potere pozzolanico, data la contenuta formazione di fasi Afm (< 1% wt. del campione massivo; < 2% wt. della frazione legante) ed assenza di C-S-H cristallino. Ciò si deve anche al fatto che l'aggregato è costituito da una componente rilevate di sabbia miscelata a frammenti fittili in rapporti di circa 1:1. La polvere fittile, elemento necessario a garantire la diffusa permeazione in matrice dei prodotti pozzolanici[482], è invece pressoché assente.

Le miscele impiegate nella piattaforma cementizia S20 (GTR_PREP_14, 15 e 16) si presentano invece moderatamente idrauliche. La presenza più consistente di frammenti e polvere fittile nei campioni del Gr 1b determina maggiori proprietà pozzolaniche, come evidenziato tramite analisi XRPD dalla sostenuta formazione di fasi AFm nei campioni GTR_PREP_14 e 16. La tecnica preparatoria non appare comunque del tutto uguale nei tre campioni analizzati. Le differenze sono probabilmente da imputare all'estensione, in pianta così come in profondità, della piattaforma stessa, che probabilmente avrà visto intercorrere un discreto divario temporale dalla data di inizio lavori alla loro conclusione. È possibile quindi che vi siano alcune differenze nelle modalità di preparazione degli impasti che rispecchiano le diverse "giornate" di lavoro.

Le miscele impiegate nei massetti preparatori delle pavimentazioni restituiscono ulteriori indizi interessanti. In particolare, l'analisi del campione GTR_PREP_5, prelevato da una porzione della preparazione della pavimentazione del *frigidarium*, dimostra come nella realizzazione dei *sectilia* fosse riposta una particolare cura. La miscela è prodotta con abbondante calce omogeneamente miscelata all'aggregato costituito esclusivamente da frammenti e polvere fittile. Le spiccate proprietà pozzolaniche del materiale sono evidenti dalla presenza di fasi AFm associate alla formazione di C-A-S-H cristallini, ossia tobermorite 11Å (al-tobermorite). Diversamente dagli alluminati di calcio idrati, la formazione di al-tobermorite cristallina sembra contraddistinguere esclusivamente i materiali cementizi aquileiesi estremamente pozzolanici e non si ritrova in alcuno degli altri campioni analizzati in questo studio al di fuori del contesto termale qui esaminato.

Il campione GTR_PREP_6 proveniente dal tratto sud-occidentale dell'aula del *frigidarium*, testimonia invece un'attività di restauro del pavimento in *opus sectile*. Miscelati a calce ed aggregato sabbioso sono diffusi frammenti di reimpiego di una miscela ad alto contenuto fittile che appare del tutto compatibile con la matrice del campione GTR_PREP_5. È quindi probabile che schegge della preparazione originaria della pavimentazione in *sectile* siano stati reimpiegati come aggregato grossolano nel corso di un intervento di restauro di questa porzione della pavimentazione.

[481] PREVIATO 2015, p. 295.
[482] Cfr. a riguardo §4.5.3.

Attenzione massima era rivolta all'adeguato rivestimento delle strutture idrauliche per la conservazione dell'acqua. I campioni GTR_CM_1 e 2, seppur rinvenuti decontestualizzati, testimoniano di come le vasche dell'edificio fossero state ottimamente impermeabilizzate. Circa il 7,5% wt. del legante del campione GTR_CM_1 è costituito da prodotti idrati cristallini di natura pozzolanica, con presenza sostenuta di al-tobermorite cristallina (5,5% wt.) ed un *CI index* stimato a circa 2.2. Se si considera che il campione GTR_CM_1 risulta da tre a cinque volte più pozzolanico rispetto a tutte le altre miscele impiegate nella realizzazione o rivestimento degli apparati per la conservazione dell'acqua analizzati in questo studio[483], le caratteristiche pozzolaniche del materiale lo rendono qualitativamente il campione di cocciopesto di miglior fattura finora analizzato.

Di ottima fattura sono anche le miscele impiegate nell'*opus caementicium* costituente le volte dell'edificio che sono probabilmente anch'esse pertinenti all'originario intervento di costruzione. I campioni GTR_VM_1 e GTR_VM_4 sono malte di cocciopesto provenienti da alcuni lacerti rinvenuti in punti diversi dell'edificio. Soprattutto nel secondo campione è presente una abbondante frazione d'aggregato costituita da clasti vulcanici di origine prevalentemente piroclastica (pomici e scorie pumicee, ma sono presenti anche clasti di lava vulcanica) che conferiscono ottime caratteristiche pozzolaniche al materiale cementizio. Così come detto per i *caementa* grossolani è probabile che, più che per il fine idraulicizzante, l'uso di queste sabbie piroclastiche fosse finalizzato alla realizzazione di miscele solide ma al contempo leggere; non si esclude quindi che il campione GTR_VM_4, in cui ve n'è abbondante presenza, provenga da uno spezzone del "cervello di volta", ossia la porzione superiore di una di queste strutture.

Pur non essendo state eseguite analisi specifiche sulla provenienza delle pozzolane d'aggregato dei campioni GTR_VM_1 e GTR_VM_4 è verosimile ritenere che esse siano riconducibili agli stessi litotipi impiegati come *caementa* d'alleggerimento nelle volte, per i quali si è supposta una provenienza dall'area campana[484], con specifico riferimento ai bacini dell'area flegrea (GTR_VM_1_N e probabilmente GTR_VM_1_G) e dall'area vesuviana (GTR_VM_4_R). Il terzo litotipo (roccia lavica vesuviana) è attesto esclusivamente negli spezzoni di volta rinvenuti dalla parte meridionale dell'edificio, mentre è assente in quelli dall'area centro-occidentale. La sua distribuzione localizzata potrebbe testimoniare momenti diversi di rifornimento di queste materie prime ma potrebbe pure dimostrare un'attività di restauro della volta da cui proviene il campione GTR_VM_4_R, ipotesi che non sembra del tutto improbabile[485]. Tuttavia, essendo il campionamento estremamente circoscritto e provenendo tutti i blocchi di *opus caementicium* oggetto di campionamento da contesti in giacitura secondaria, non è possibile avvalorare ulteriormente queste diverse teorie.

La maggior parte delle altre materie prime impiegate nelle miscele dell'edificio erano invece disponibili localmente.

---

[483] Cfr. Cap. VIII, §3.4.2.

[484] L'attribuzione però non è così scontata, seppur sotto il profilo eminentemente petrografico non sembrino presentare differenze gli aggregati dei campioni GTR_VM_1 e GTR_VM_4 con i campioni di rocce vulcaniche GTR_VM_1_G, GTR_VM_1_N e GTR_VM_4_R alcuni studi tecnici di edifici romani di età imperiale hanno evidenziato come in diversi casi le pozzolane impiegate nelle miscele leganti di volte in *opus caementicium* non siano degli stessi litotipi dei *caementa* d'alleggerimento delle stesse; talvolta anche la provenienza delle materie prime appare differente (MARRA, D'AMBROSIO, GAETA, VENTURA 2013, in part. p. 575). Si veda come, ad esempio, nel caso del Foro di Cesare a Roma siano impiegate "Pozzolane Rosse" (oltre a frazione pumicea) come aggregato nelle malte delle volte (JACKSON *et alii* 2009a; JACKSON *et alii* 2010, pp. 145-148) laddove i *caementa* dall'alleggerimento sono costituiti esclusivamente da pomici (JACKSON *et alii* 2010, pp. 148-149) per cui è stata certificata la provenienza dall'area campana e dai Monti Sabatini (MARRA, D'AMBROSIO, GAETA, VENTURA 2013, in part. p. 568); ancora nelle volte della Grande Aula dei Mercati di Traiano a Roma alle "Pozzolane Rosse" impiegate come aggregato nelle miscele (JACKSON *et alii* 2009b;) si sostituiscono lave vulcaniche dai Monti Sabatini e dall'area vesuviana come *caementa* (MARRA, D'AMBROSIO, GAETA, VENTURA 2013, in part. p. 568). Nel caso aquileiese tuttavia, trattandosi sempre di materiali importati – non essendo presenti depositi piroclastici locali in area friulana – è più probabile che i depositi vulcanici dell'area campana fossero i bacini di approvvigionamento anche delle pozzolane impiegate come aggregato nelle miscele delle volte.

[485] Cfr. *infra*.

L'analisi petrografica delle sabbie ad alta frazione carbonatica (calcari e dolomie) con presenza di secondaria di silicati (quarzi, arenarie quarzose e selci), è pienamente compatibile con i principali depositi ghiaio-sabbiosi del sistema isontino[486].

I frammenti e la polvere fittile provengono principalmente dalla frantumazione di laterizi localmente prodotti, come testimoniato dall'elevata presenza di elevati tenori calcio restituiti dalle indagini SEM-EDS nelle matrici ceramiche del tutto compatibili con i depositi di argille carbonatiche delle aree di pianura veneto-friulana[487].

La calce, come è stato possibile evidenziare mediante indagini SEM-EDS, proveniva da calcinazione di calcari puri quali possono essere le rocce calcaree del carso isontino, triestino e istriano[488].

Fase II - I primi restauri. Diversi indizi lasciano intendere come ancora nel corso dei primi restauri la committenza delle opere fosse di elevata estrazione economico-sociale. L'uso di miscele a base fittile appare ancora generalizzato. Le pavimentazioni musive dell'area meridionale oggetto di analisi (GTR_PREP_7, 10, 11) sono realizzate, anche in questo periodo, su massetti preparatori resi con uno strato di cocciopesto moderatamente idraulico. In particolare, la pavimentazione del mosaico dell'ambiente A13 da cui viene il campione GTR_PREP_7 è resa con una successione di strati complessa[489]. Al di sopra di un vespaio in frammenti fittili e scapoli di elementi litici e marmorei è un primo strato di calcestruzzo (GTR_PREP_7.3) dello spessore di circa 7,0-8,5 cm con aggregato costituito da ghiaie carbonatiche e silicatiche, frammenti fittili e sporadici clasti di rocce vulcaniche a tessitura porfirico-trachitica. Su di questo è uno strato di cocciopesto non idraulico (GTR_PREP_7.2) di 3,5-5,0 cm. L'aggregato a costituito da frammenti fittili, sabbie carbonatico-silicatiche di provenienza locale e sporadici clasti di rocce vulcaniche tra cui alcune pomici. Le tessere analizzate, tutte ascrivibili al litotipo "Scaglia Rossa", sono infine allettate su uno strato in puro grassello di calce. La successione di stati e lo spessore complessivo della preparazione richiama abbastanza chiaramente la successione di *statumen* (vespaio), *rudus* (calcestruzzo) e *nucleus* (cocciopesto) citati da Vitruvio tra le pratiche da adottare nella costruzione dei pavimenti musivi[490], aspetto che, ad Aquileia, appare inusuale in questo periodo[491].

L'occorrenza sporadica di pomici nella malta del *nucleus* (fig. VI.57, a) è alquanto interessante anche perché trova confronto con un clasto rinvenuto nella preparazione del *tectorium* di un campione di intonaco (GTR_INT_4), pertinente ad un nucleo rinvenuto in strati di riporto nei pressi dell'ambiente A13 e attribuito ad interventi di restauro successivi alla fase di impianto del complesso termale (fig. VI.57, b)[492]. L'occasionale occorrenza di pomici in questi campioni, il cui utilizzo non appare qui chiaramente intenzionale, fornisce comunque prova di un rinnovato approvvigionamento di questo materiale nel cantiere di restauro[493]. La primaria destinazione d'uso era forse finalizzata alla produzione di malte e calcestruzzi da utilizzare nel corso di attività di manutenzione o ricostruzione delle volte. Viene però così fornita, nuovamente, una prova dell'importazione di materiali piroclastici non disponibili localmente anche nelle fasi successive all'originario intervento costruttivo delle terme[494], che stimola diverse suggestioni sul fermento dell'attività edilizia stessa. La presenza accidentale delle pomici nei campioni GTR_PREP_7.2 e GTR_INT_4.2 potrebbe rappresentare proprio la "cazzuola non lavata", impiegata prima per la produzione delle miscele delle volte (o di altri tipi di strutture) e poi, passata di mano in mano,

[486] GAZZI, ZUFFA, GANDOLFI, PAGANESE 1973, pp. 7, 10-13, p. 16, fig. 11, tab. 1a, p. 28; MAROCCO 2009, p. 73. Cfr. inoltre, Cap. VIII, §1.3.1.1.

[487] FONTANA 2006, pp. 60-63.

[488] CARULLI, ONOFRI 1960; CUCCHI, GERDOL 1985, cfr. inoltre Cap. VIII, §1.1.1.1.

[489] Una preliminare analisi è in RUBINICH 2006, p. 154.

[490] VITR. *De arch*. VII.1.1, 3, 4.

[491] Cfr. Cap. VIII, 3.5.1.

[492] Cfr. Cap. VII, §4.1.2 (Grandi Terme).

[493] Non si esclude che invece l'indizio della presenza di tali aggregati nei campioni possa essere un elemento guida per associare le strutture di provenienza alla fase di costruzione dell'edificio.

[494] Non è stato condotto alcun ulteriore studio finalizzato a determinarne la provenienza.

utilizzata, da uno o più operai, per la stesura o la miscelazione di impasti da applicare nella preparazione di pavimenti o di intonaci parietali.

La presenza di maestranze di formazione tecnica diversa da quelle operanti nei settori meridionali appare evidente nell'analisi dalla preparazione del pavimento a grandi tessere dell'ambiente A16 nei settori settentrionali delle Terme. Il campione GTR_PREP_2 è infatti una malta di calce piuttosto grassa con diffusa presenza di grumi calce, attribuita al Gr 3 e del tutto differente dai campioni di cocciopesto o cocciopesto grossolano del Gr 1 e dagli altri analizzati in questo studio Gr 2 e Gr 4[495]. Questa tecnica preparatoria si accosta maggiormente alle pratiche del periodo tardoantico[496].

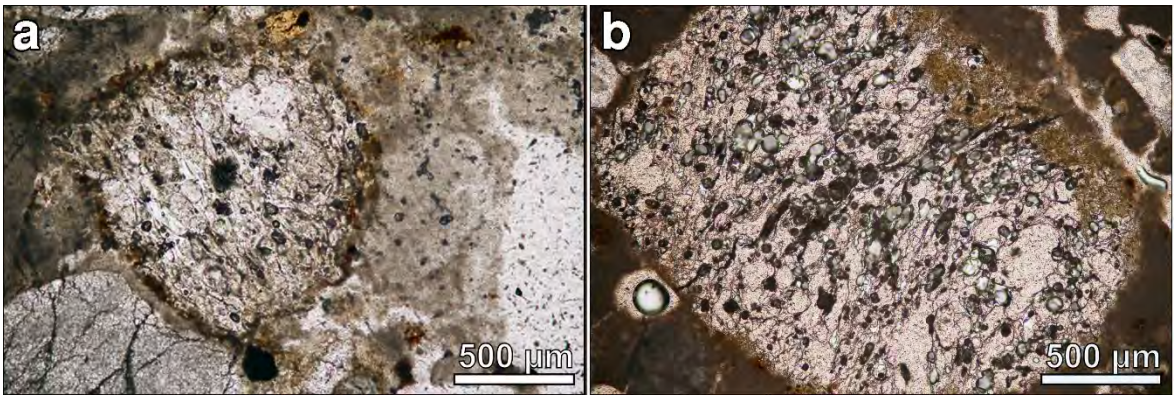


Fig. VI.57 - Aquileia, Grandi Terme. Acquisizioni al microscopio ottico in luce trasmessa a nicol paralleli di alcuni clasti di pomice vacuolata ed altamente vetrosa. a) GTR_PREP_7.2; b) GTR_INT_4.2.

Fase III – Ulteriori ristrutturazioni. Sulla scia di quanto osservato per la fase II, il radicale cambiamento di tecniche nelle ulteriori attività di restauro e ricostruzione degli ambienti settentrionali è reso ancora più evidente dall'analisi del campione GTR_PREP_1, proveniente dalla preparazione del mosaico con Nereide dell'ambiente A16[497]. Il massetto consiste in uno strato di 3,0-3,5 cm di una malta di calce totalmente aerea, estremamente grassa e contenente diversi grumi di calce mal miscelati e schegge di taglio di tessere calcaree. Questa tecnica preparatoria, che si discosta chiaramente dalle pratiche virtuose citate da Vitruvio, si avvicina maggiormente ai sistemi di preparazione di pavimenti musivi rinvenuti in contesti privati dell'Aquileia tardoantica[498].

Ciò dimostra come l'impulso e il rinnovamento tecnico-qualitativo portato dalle maestranze circolanti nei cantieri costantiniani nei primi decenni del V sec. d.C. fosse ormai pressoché totalmente esaurito[499].

[495] Cfr. §4.5.1.1.
[496] Cfr. *infra*.
[497] Cfr. §4.2.
[498] Cfr. Cap. VIII, 4.3.5.1.
[499] NOVELLO 2017.

5 - *INSULA* DELLA CASA DELLE BESTIE FERITE

5.1 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICA E STORIA DELLE RICERCHE

Con Casa delle Bestie ferite è tradizionalmente intesa una serie di contesti abitativi collocati in una porzione strategica all'interno dei settori settentrionali della città di Aquileia. Il quartiere in cui si collocano queste case è infatti delimitato, a sud, dal decumano aquileiese corrispondente alla prosecuzione urbana della via Annia, e, ad occidente, dal *kardo* massimo (Via Giulia Augusta) corrente in senso NNO-SSE e corrispondente alla prosecuzione urbana della Via Postumia.

Nei primi anni '60, in occasione di alcuni scavi di emergenza promossi dal comune di Aquileia, furono rinvenuti i resti di alcune strutture romane; tra il 1961 ed il 1962, vennero così messi in luce, dall'allora ispettore alla Soprintendenza del Friuli Venezia Giulia Luisa Bertacchi, otto vani pavimentati in tessellato – di cui uno raffigurante scene di caccia e animali morenti da cui prende il nome una delle case – che si disponevano attorno ad una corte rivestita con lastre litiche (fig. VI.58)[500]. Lo scavo non fu documentato per intero, ma vennero effettuate solamente alcune fotografie del sito e dei pavimenti musivi, corredate da rilievi delle strutture messe in luce che vennero successivamente re-interrate[501]. In occasione di una seconda riapertura dell'area, venne effettuata una nuova documentazione fotografica dei mosaici, a cui seguì una prima pubblicazione dove ne vennero presi in esame i caratteri stilistici[502].

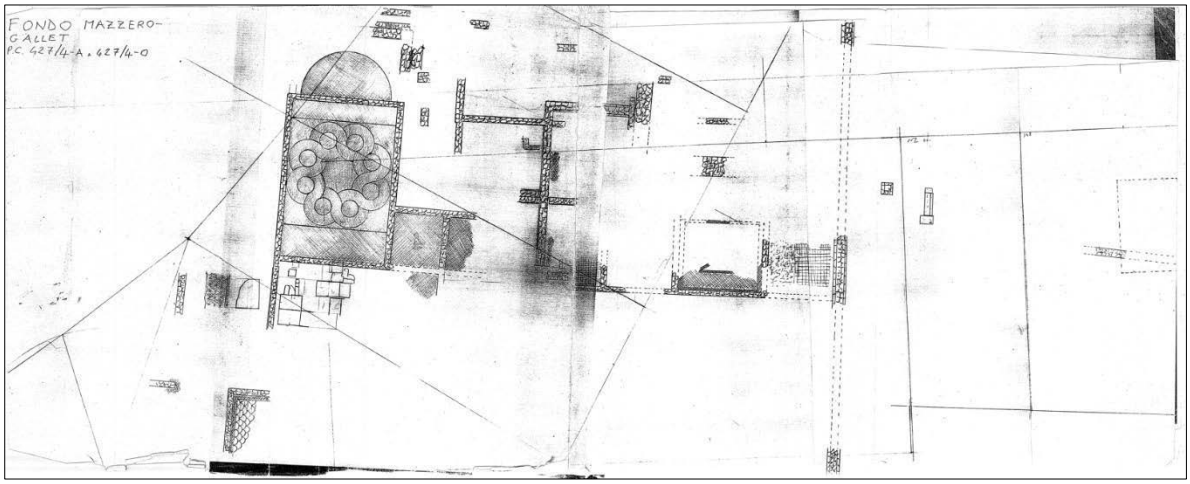


Fig. VI.58 - Aquileia. Casa delle Bestie ferite. Rilievo delle evidenze messe in luce nel corso delle indagini di emergenza di L. Bertacchi tra 1960 e 1962 (da NOVELLO, BUENO, SALVADORI 2014).

Solo nel corso dei primi anni 2000 il sito della *Domus* delle Bestie Ferite è tornato ad essere oggetto di interesse, in seguito ad un'iniziativa di valorizzazione dell'intero tracciato della Via Annia, che, come noto, attraversava nel suo percorso centri quali Padova, Altino, Concordia per poi giungere fino ad Aquileia[503].

Alla luce di queste premesse, nel 2006, prima di procedere con le nuove indagini stratigrafiche nel sito già messo in luce dalla Bertacchi, si è innanzitutto deciso di eseguire un rilievo plano-altimetrico dell'area (a cura del Dipartimento di Architettura, Urbanistica e Rilievo

[500] BERTACCHI 1963, cc. 19-42; BERTACCHI 1964, p. 258.

[501] Tali rilievi furono poi inseriti *nella Nuova Carta Archeologica di Aquileia* (Cfr. BERTACCHI 2003, tav. 10, n°144).

[502] BERTACCHI 1980a, pp. 167-168.

[503] Il "Progetto Via Annia" è stato finanziato da Arcus S.p.A e co-finanziato dalla Regione del Veneto e dal Comune di Padova in collaborazione con la Soprintendenze per i Beni Archeologici del Veneto e del Friuli-Venezia Giulia.

dell'Università di Padova), corredato da indagini geofisiche sul terreno, operate attraverso delle tomografie geoelettriche in corrente alternate (eseguite da un gruppo di lavoro dell'Università del Molise)[504]. Dal 2007 ad oggi l'Università degli Studi di Padova, scavi promossi dall'Università degli studi di Padova sotto la direzione scientifica prima del prof. J. Bonetto (anni 2007-2008) e successivamente della prof.ssa M. Salvadori (anni 2008 – attuale) hanno ripreso le indagini nell'area[505]. Se tra 2007 e 2012 gli scavi si sono concentrati principalmente presso la *domus* delle Bestie ferite e abitazioni contermini, è a partire dal 2013, che le indagini, tuttora in corso, si sono concentrate nella porzione più occidentale dell'isolato[506], con l'obiettivo di incrementare e migliorare le conoscenze circa lo sviluppo urbanistico e l'evoluzione architettonica e planimetrica dei quartieri residenziali settentrionali di Aquileia in età romana, ad oggi ancora poco noti rispetto ad altri settori dell'antica colonia. Nel corso degli scavi, a cui è preceduta una nuova campagna di prospezioni geofisiche[507], in questa porzione dell'*insula* sono state messe in luce una seconda serie di abitazioni totalmente svincolate dalla Casa delle Bestie ferite propriamente detta.

5.2 - ARTICOLAZIONE PLANIMETRICA E FASI EDILIZIE

Sull'assetto planimetrico delle abitazioni collocate nell'Insula della Casa della Bestie ferite e sulla loro evoluzione architettonico-planimetrica non è stata ancora fatta chiarezza. Ciò è dovuto in parte alle ingenti attività di spoglio che hanno interessato questi settori della città dall'età post-antica ad oggi, a cui si somma la fervente attività edilizia in epoca antica in questo quartiere, che portò a continue e ripetute attività di ricostruzione e riorganizzazione degli spazi tali da rendere difficile la lettura delle evidenze di fase e complicando così la visione complessiva della parcellizzazione interna del quartiere e delle singole unità abitative[508]. Inoltre, non essendo possibile connette le abitazioni con gli accessi sugli assi stradali[509], collocati all'esterno dell'area in concessione e in parte obliterati da viabilità e edifici moderni, risulta estremamente arduo definire con precisione l'assetto planimetrico complessivo delle *domus* e definire con precisione le percorrenze interne[510].

Alla luce di queste considerazioni, è stato nondimeno possibile riconoscere la presenza di almeno due complessi abitativi principali, separati l'uno dall'altro da un lungo setto murario corrente in senso NNO-SSE, mantenuto e restaurato nel corso di tutte le fasi edilizie (fig. VI.59)[511].

La porzione orientale dell'isolato venne quindi occupata da almeno una abitazione gravitante, in età tardoantica, attorno alla grande aula absidata con mosaico con animali morenti sopra menzionata.

---

[504] BONETTO *et alii* 2006, pp. 322-326.

[505] Per una sintesi sulle campagne di scavo effettuate cfr: BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2012; BUENO, CENTOLA 2014, pp. 323-328; BUENO, CENTOLA, GHIOTTO 2014, pp. 172-176; BRUGNOLO *et alii* 2017; BONETTO *et alii* 2019, pp. 117-120.

[506] L'ampliamento dell'area di scavo è stato possibile a seguito dell'acquisizione, da parte dell'allora Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli-Venezia Giulia, della porzione di terreno compresa tra Via delle Vigne Vecchie a nord, l'area demaniale indagata sino al 2012 ad est e la strada statale Giulia Augusta ad ovest.

[507] Le prospezioni geofisiche sono state condotte dalla dott.ssa R. Deiana e dal dott. G. Strapazzon del Dipartimento dei Beni Culturali dell'Università di Padova.

[508] BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2012, p. 81.

[509] Le entrate alle case aquileiesi, come tipico nel mondo romano, dovevano essere precedute da un portico e dovevano presentare, a lato delle *fauces,* delle botteghe, come nel caso dei Fondi CAL (cfr. MIAN 2003, p. 85), e nella Domus di Tito Macro presso i Fondi ex-Cossar (cfr. Cap. VI, §6), o delle *tabernae* come nel caso della casa dei Tre Cortili (MEDRI 2000, p. 313, tav. 10).

[510] Caso virtuoso è in questo senso l'esempio della *Domus* di Tito Macro presso i Fondi ex – Cossar, dove si è potuta accertare l'estensione esatte dell'unità abitativa (Cfr. paragrafo 3).

[511] Quest'evidenza è stata messa in luce in seguito alla campagna di scavo 2013 (cfr. BOSCHETTI, DILARIA, PIAZZA 2016), dove per la prima volta venne assunta la molto probabile distinzione della "casa occidentale" rispetto a quella delle Bestie ferite tradizionalmente intesa (BONETTO *et alii* 2019, pp. 117, 119).

Nel settore occidentale invece, le indagini attualmente in corso, stanno permettendo di definire i limiti su almeno tre lati di una seconda abitazione e delle strutture abitative ad essa contermini.

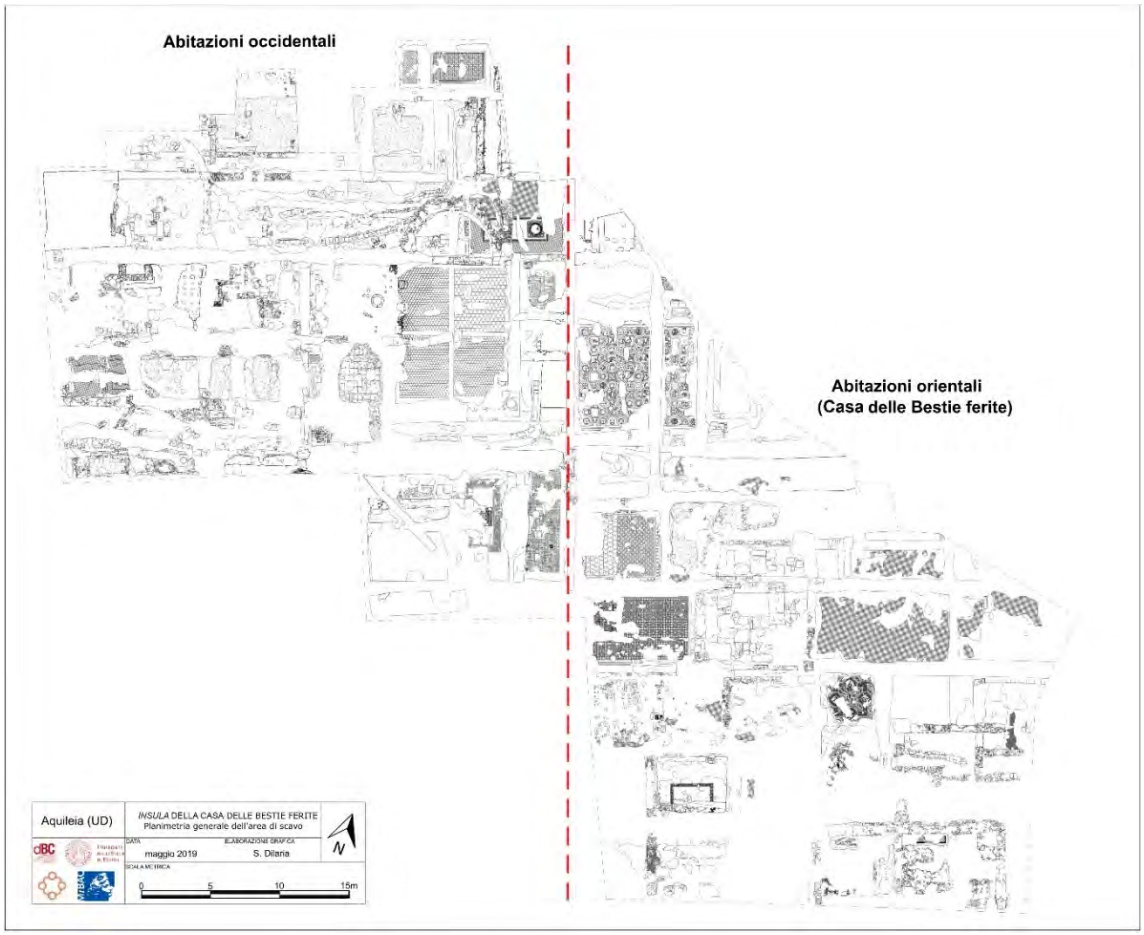


Fig. VI.59 - Aquileia, *Insula* della Casa delle Bestie ferite. Pianta generale di fine scavo alla conclusione della campagna archeologica 2018.

Lo studio, ancora in corso, dei contesti e dei materiali permetterà di affinare le cronologie assolute circa le fasi di impianto e di ristrutturazione delle diverse abitazioni, fino alle fasi di abbandono e di riuso post-antico. Dai dati preliminari di scavo è stato possibile circoscrivere tre fasi edilizie principali valide per entrambe i settori abitativi, a cui segue una fase di riuso post-antico di alcuni contesti abitativi. Come si vedrà, non vi è una totale coincidenza tra le cronologie assolute definite per le due parcellizzazioni abitative sopra definite: l'inquadramento cronologico abbastanza ampio (metà I sec. a.C. – metà I sec. d.C.) proposto per la fase di impianto delle abitazioni occidentali (Casa delle bestie ferite) è stato spiegato nei termini di "un cantiere continuo che trovò la sua conformazione planimetrica stabile solamente nella metà del I sec. d.C."[512].

La definizione cronologica dei contesti è stata determinata principalmente sulla base dei caratteri stilistici delle pavimentazioni, in particolar modo musive, messe in luce. Di contro, per le abitazioni dell'area occidentale, la datazione della fase di impianto delle case, per ora inquadrabile entro la prima metà del I sec. d.C., è incentrata su caratteri stratigrafici corroborati dallo studio, tutt'ora in corso, dei materiali provenienti dai riporti preparatori dei piani pavimentali[513].

[512] BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2012, p. 82.

[513] Lo studio dei materiali provenienti dai livelli di preparazione dei piani abitativi della fase di impianto è attualmente condotto nell'ambito della tesi di laurea magistrale del dott. M. Pacioni, sotto la supervisione della prof. M. Salvadori e dei dott. M. Mantovani e L. Scalco.

Alla stessa maniera, quel leggero iato, in termini di le cronologie assolute, tra le fasi edilizie successive a quella di impianto nei due settori occidentale ed orientale dell'*insula*, dipende in massima parte dal criterio di datazione adottato, che segue quanto prima detto.

5.2.1 - *Il settore orientale: la cd. Casa delle Bestie ferite (campagne di scavo 2007-2012)*

Con Casa delle Bestie ferite, vengono intese le abitazioni collocate nella porzione orientale dell'omonima *insula*, costruite e mantenute dall'età tardo-repubblicana all'età tardoantica. Come precedentemente sottolineato, le evidenze riferibili all'impianto delle *domus* non risultano leggibili in estensione, a causa dei numerosi rifacimenti e, soprattutto, delle sovrapposizioni tardoantiche, nonché degli interventi di spoliazione post-antica. É dunque possibile fornire solo una parziale ricostruzione dell'assetto planimetrico e delle principali fasi che ne caratterizzarono la lunga vita (fig. VI.60).

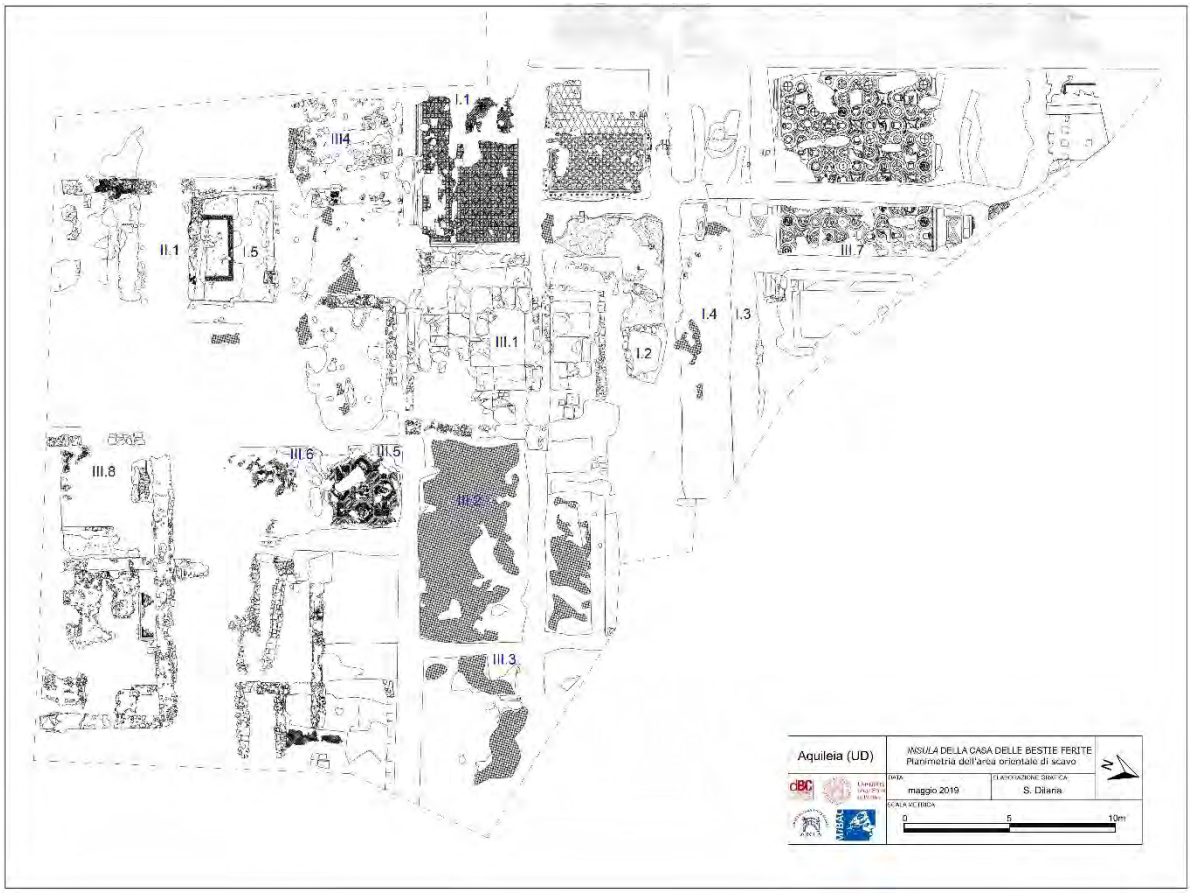


Fig. VI.60 - Aquileia, Casa delle Bestie ferite e abitazioni contermini (abitazioni orientali). Pianta generale delle evidenze archeologiche.

Fase I. La prima fase edilizia, pertinente alla costruzione delle case, sembra essere stata caratterizzata da un cantiere continuo che trovò forma compiuta nel I sec d.C.[514].

Dal punto di vista planimetrico, l'area può essere suddivisa in tre settori principali: a) spazio centrale, la cui pavimentazione originaria non è pervenuta in quanto in seguito obliterata dalla pavimentazione in lastre litiche (III.1)[515], abbracciato da un corridoio conformato ad U (I.2)

[514] BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2012, p. 81.

[515] Dell'originaria pavimentazione resta solamente un piccolo lacerto di una struttura in cocciopesto la cui funzione non è chiara (BUENO, NOVELLO, SALVADORI 2008, p. 153), successivamente interpretata come vasca (PREVIATO 2015, p. 185).

su cui si aprivano pavimenti decorati in tessellato (I.1); c) una seconda corte di nord-ovest (I.3), dotata di vasca, leggermente disassata rispetto a quella centrale e forse in relazione con quest'ultima, attorno alla quale ruotava un corridoio (I.4)[516].

Nel settore meridionale *dell'insula* è stata invece rinvenuta una serie di ambienti con orientamento prevalentemente nord-sud (I.5), rivestiti da pavimenti in tessellato di tipo geometrico, sebbene particolarmente rimaneggiati e danneggiati da spogli successivi, che ne hanno compromesso l'interpretazione funzionale e la definizione planimetrica.

Fase II. Tra il II sec. d.C. e l'inizio del successivo, la porzione orientale dell'isolato fu oggetto di interventi di ricostruzione episodici di modesta entità, non riconducibili pertanto ad una vera e propria ristrutturazione unitaria delle abitazioni[517]. Si tratta piuttosto di modificazioni planimetriche, ravvisabili nella differente organizzazione di alcuni vani: alcuni furono ridotti nelle dimensioni mediante nuovi setti murari, altri vennero invece allargati, andando in tal modo ad obliterare le rasature di strutture murarie più antiche ed inglobando spazi in origine appartenenti ad ambienti differenti[518].

Fase III. Nel corso dell'età tardo-imperiale, la casa fu oggetto di un consistente progetto di ristrutturazione verosimilmente da ricondurre ad un progetto unitario di riqualificazione nel segno delle nuove forme dell'edilizia tardo antica. In quasi tutti gli ambienti messi in luce, vennero realizzati nuovi pavimenti, prevalentemente musivi. Questi rifacimenti, datati su base stilistica alla seconda metà del IV sec. d.C.[519], andarono a sovrapporsi alle pavimentazioni precedenti, tuttavia rispettandone, approssimativamente, orientamento e assetto planimetrico.

Nella zona della corte centrale della casa questo fenomeno è indiziato da evidenze di ricostruzioni dei vani e della corte centrale stessa, che venne ripavimentata con lastre litiche (III.1), forse in parte di reimpiego[520]. Affacciato su questa, ad est, venne realizzato un nuovo pavimento musivo figurato, con rappresentazioni di caccia ed animali feriti sopracitato (III.2)[521]. L'ambiente venne plausibilmente dotato di una terminazione absidata (III.3)[522], al quale si accedeva mediante un gradino.

Anche gli ambienti collocati ad ovest della corte vennero ripavimentati e rialzati su potenti riporti terrosi o su *suspensurae* per la creazione di intercapedini con funzione isolante[523]; immediatamente a sud si assistette al rifacimento delle pavimentazioni di alcuni vani: il rivestimento in tecnica mista in *opus sectile* e bordo in tessellato di I fase, venne obliterato da un nuovo pavimento in *opus sectile* (III.4)[524]; due vani, verosimilmente a destinazione privata in quanto privi di connessione diretta con la corte, furono rivestiti in tessellato (III.5, III.6)[525]; nella zona settentrionale, gravitante attorno alla seconda corte scoperta a nord di quella centrale, un nuovo pa-

[516] BUENO, SALVADORI 2007, p. 131, figg. 2, 5.

[517] BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2012, p. 86.

[518] BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2012, p. 86.

[519] Il *terminus post quem* è rappresentato da monete di Costanzo II rinvenute dalle preparazioni di due pavimenti di questa fase. Cfr. BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2009, pp. 124-125; BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2012, p. 92 e fig. 10, p. 91. Cfr. inoltre da ultimo BRUGNOLO *et alii* 2017, pp. 50-51.

[520] BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2012, p. 90, 92, e fig. 10; BUENO, NOVELLO, SALVADORI 2008, pp. 153-154.

[521] Per uno studio stilistico del pavimento cfr. BOSCHETTI 2017a e bibliografia *ivi* riportata.

[522] L'evidenza, seppur labile, è costituita da un lacerto pavimentale presentante una treccia policroma con andamento curvilineo.

[523] La presenza di intercapedini non doveva essere associata ad alcun sistema di riscaldamento (non è infatti stato trovato alcun *praefurnium*), ma sarebbe invece legata ad una funzione isolante del sovrastante pavimento dall'umidità del terreno (BUENO, NOVELLO 2011, p. 317), secondo una prassi frequentemente attestata ad Aquileia (cfr. ad esempio MEDRI 2000, p. 299 e nota 61).

[524] Tale pavimento è stato spogliato quasi interamente ma se ne può comunque intuire la composizione decorativa in base alle impronte lasciate sulla sottostante malta preparatoria. Si veda, da ultimo, BRUGNOLO *et alii* 2017, pp. 58-59, schede 53 e 54.

[525] BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2007, p. 125.

vimento musivo (III.7), pertinente ad un importante ambiente di rappresentanza, andò ad obliterare la porzione occidentale del corridoio della corte; presso la zona meridionale infine, l'imponente fase di ristrutturazione è documentata dalla costruzione di nuovi setti murari, che andarono a scassare direttamente i piani pavimentali più antichi[526]. A queste strutture è associato un lacunoso pavimento in grandi tessere fittili ed *emblema* in tessellato (III.8)[527].

Fase IV. Nell'area sono documentate tracce di un'occupazione precaria verificatasi, in età post-antica, probabilmente in presenza di strutture in parte già spogliate. Anche la presenza nell'area di piccole discariche urbane usate per gettare i rifiuti delle attività domestiche suggerisce che il quartiere venne in qualche forma ancora frequentato, almeno fino alla fine del VI o ai primi decenni del VII secolo d.C.

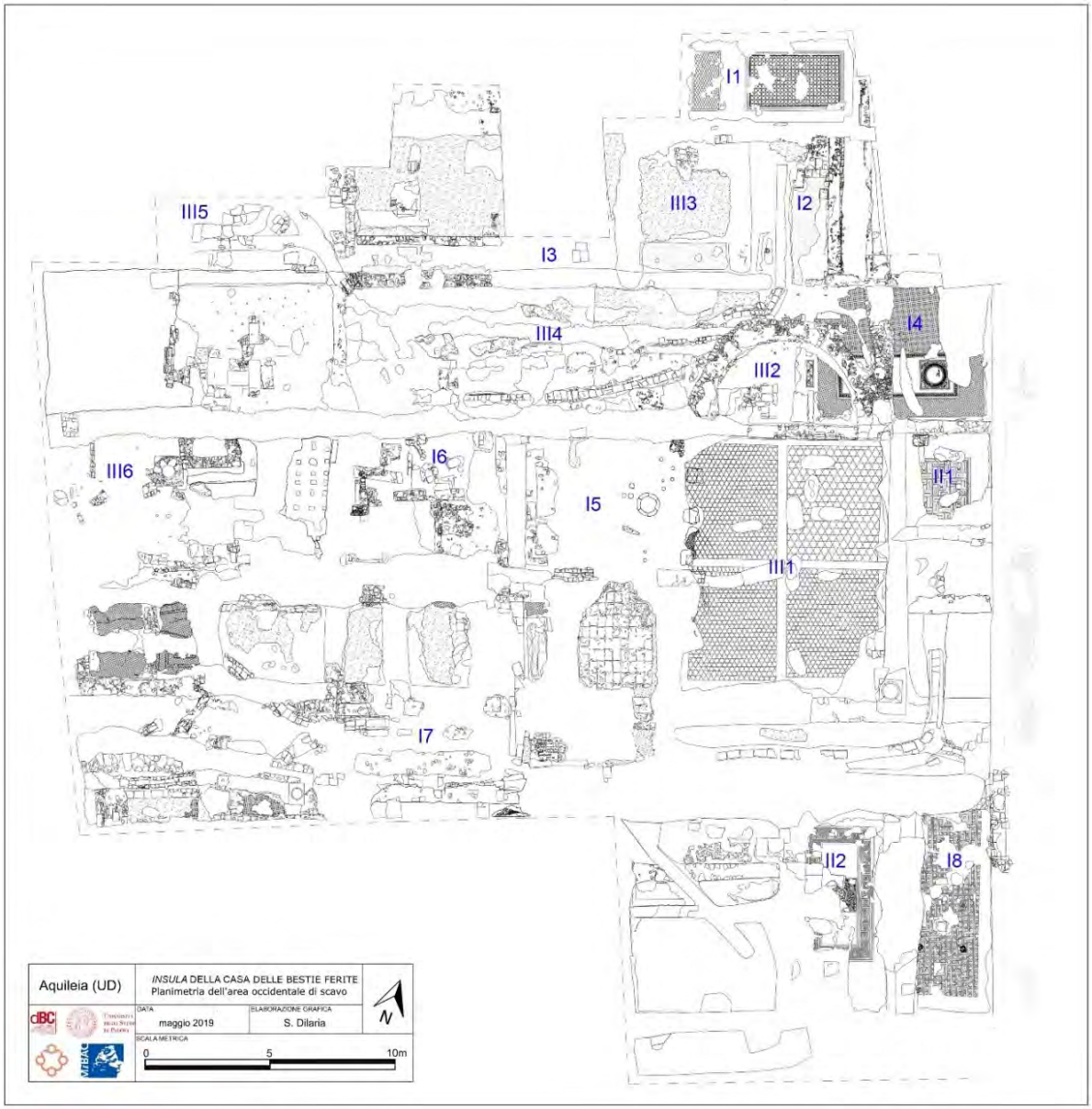


Fig. VI.61 - Aquileia, abitazioni occidentali dell'isolato della Casa delle Bestie ferite. Pianta generale dell'area alla conclusione della campagna archeologica 2018.

[526] BUENO, NOVELLO, MANTOVANI 2012, p. 91, fig. 11 e p. 92.

[527] CFR. DA ULTIMO XXX. Il *terminus post quem* alla metà del IV sec. d.C. di questo ambiente è inoltre confermata dal rinvenimento di una moneta di Costanzo II dal suo strato preparatorio.

5.2.2 - *Il settore occidentale (campagne di scavo 2013-2018)*

Nell'area occidentale sono state rinvenute una serie di abitazioni interessate da due principali macro-fasi edilizie. La prima, da collocare verosimilmente in età giulio-claudia, corrisponde all'impianto delle case. Queste ultime non subirono sostanziali modifiche fino all'epoca tardo-antica, quando si registrarono infatti, tra la seconda metà del IV secolo e la prima metà del successivo, importanti cambi planimetrici, che ne mutarono radicalmente l'assetto complessivo (fig. VI.61).

Fase I. Relativamente alla prima fase edilizia, nelle porzioni settentrionale e centrale dell'area occidentale dell'*insula* sono emerse numerose evidenze ascrivibili a due abitazioni, delle quali non è stato ancora possibile definire con chiarezza tutti i limiti. Più certa sembra essere invece l'appartenenza dei resti rinvenuti presso la fascia meridionale dell'area occidentale ad una terza proprietà, separata dal sopracitato nucleo abitativo da uno spazio interpretato come *ambitus* (fig. VI.61, I7), riconosciuto in quanto tale nel corso della campagna di scavo 2018[528]. Le strutture pertinenti a tali abitazioni erano chiuse, ad est, dal sopracitato muro di divisione mediana dell'*insula*[529].

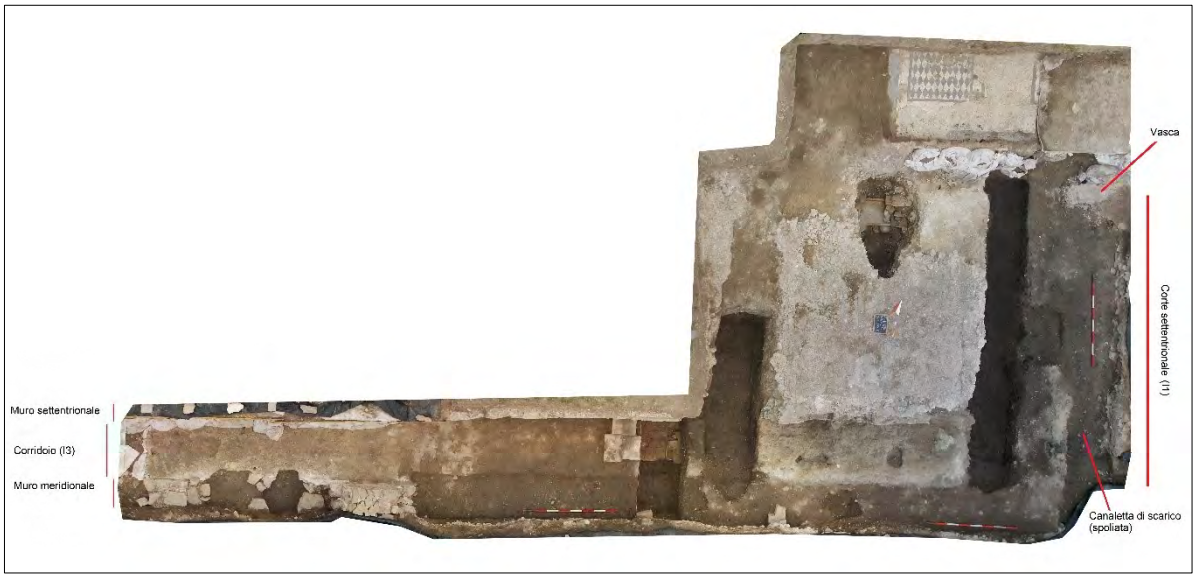


Fig. VI.62 - Aquileia, abitazioni occidentali dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite. Ortofoto di un settore dell'area settentrionale al termine della campagna 2018.

Le abitazioni si presentano variamente articolate nella distribuzione interna degli spazi.

Nella porzione più settentrionale vi è una abitazione, di cui è stato finora messo in luce un vano a destinazione tricliniare, rivestito da un mosaico geometrico bicromo (I.1)[530], forse connesso con una corte scoperta (I.2), cui si accedeva da un corridoio interno (I.3) (fig. VI.62), con andamento tendenzialmente est-ovest, del quale rimangono i muri di delimitazione nord e sud ed esigui lacerti della pavimentazione in mattoni sesquipedali romani. Una serie di infrastrutture idrauliche di smaltimento dell'acqua, che si dipartivano da una vasca collocata nella porzione settentrionale della corte (I1), si dirigevano, con andamento tendenzialmente est-ovest, verso il *kardo* massimo, sottoposto al quale era verosimilmente presente una cloaca.

[528] Lo spazio d'ambito tra ambiti abitativi, pur interessato da ingenti spoliazioni, è stato interpretato come tale in virtù dell'assenza di strutture per interni e dal rinvenimento del convoglio di più infrastrutture idriche di scarico delle acque reflue.

[529] BOSCHETTI, BRIDI, CATALDI 2016, p. 23; BOSCHETTI, DILARIA, PIAZZA 2016, pp. 43-44.

[530] In base all'ingombro e allo schema decorativo, appare plausibile identificare il mosaico con quello scavato attorno al 1915, quando i soldati del Regio Esercito Italiano effettuarono uno scavo che portò in luce un mosaico, del quale G. Pozzar eseguì in quegli anni un rilievo (cfr. BUENO 2017g.).

A sud del corridoio I.3 era una pavimentazione musiva prevalentemente bicroma, in tessere minute bianche e nere, riferibile ad un lungo vano, la cui pertinenza all'abitazione settentrionale non è chiara. Il tessellato si presenta decorato, presso il limite orientale, da un motivo ad onde correnti nere che va ad inquadrare un pannello con medaglione inscritto, all'interno del quale è delineato un felino (I.4).

Con il medesimo orientamento est-ovest si sviluppano, immediatamente a sud di questo vano, una seconda abitazione, con vani sia di servizio che a destinazione privata, gravitante anch'essa attorno ad un'area scoperta (I5), dotata al centro di un pozzo in mattoni pozzali[531] e di una vasca rettangolare. Un corridoio proveniente da ovest, di cui rimangono esigue tracce, doveva dare accesso a tale spazio, mentre a sud alcuni setti murari con andamento est-ovest delineavano dei vani pavimentati con tessellati. Nel complesso, la planimetria di questa porzione centrale dell'isolato non può essere chiaramente definita, in quanto non è stata messa in luce per tutta la sua estensione: la parte orientale, che doveva estendersi, ad est, sino al muro di delimitazione dell'*insula*, venne obliterata in età tardo-antica dalla costruzione di un grande ambiente absidato rivestito in *opus sectile*[532]. Anche il limite occidentale, presumibilmente non distante dal cardine massimo, laddove la *domus* si affacciava[533], non è stato individuato, in quanto doveva collocarsi al di sotto della moderna ciclabile che corre parallela alla statale Giulia Augusta.

A sud, invece, le indagini hanno consentito di individuare il probabile vicolo scoperto (I7) che costituisce al momento un buon indicatore per identificare in questo punto la chiusura dei contesti fin qui descritti.

Infine, a sud del vicolo è emerso un bacino stratigrafico, solo parzialmente messo in luce ed indagato, da riferire ad una terza proprietà privata, della quale si possiedono ad oggi pochi dati che non consentono di delinearne la planimetria. Tra le principali evidenze databili al momento della costruzione dell'abitazione vi sono un vano pavimentato con tessellato policromo (I8) con fioroni e corone con lance[534], quasi integralmente conservato, e i resti di due ulteriori pavimentazioni musive, intaccate ed obliterate dalle successive sistemazioni di età tardo-antica.

Fase II. Cospicue evidenze che consentono di inferire come, già a partire dai decenni che seguono l'impianto dell'isolato, le abitazioni subirono alcune ristrutturazioni, rifacimenti e variazioni planimetriche, seppur non sostanziali. Il fenomeno, ben attesto nelle case occidentali per tutto l'arco cronologico riferibile alla media età imperiale, si esplica chiaramente nella ristrutturazione, ad esempio, delle strutture murarie di delimitazione delle singole unità abitative e nel restauro dei pavimenti danneggiati dall'umidità o dall'usura. Ascrivibile a questa fase medio-imperiale è ad esempio la realizzazione di due pavimenti in tessellato, l'uno (II1) posto presso il muro di demarcazione mediana dell'*insula*, connotato da una decorazione geometrica in tessere bianche e nere[535], l'altro (II2), posto più a sud, pertinente al nucleo insediativo meridionale, con decorazione policroma con stella di due quadrati e fiorone[536]. In questo periodo, un piccolo vano adiacente alla corte, preliminarmente interpretato come cucina (I6)[537], venne sicuramente annesso ad un ambiente dotato di *suspensurae* collegato, ad ovest, ad un vicino *prefurnium*.

---

[531] DIDONÈ 2016, p. 17, PREVIATO 2018, p. 109, CANCIANI 2019, pp. 397-400;

[532] Cfr. *infra*.

[533] Non è stato possibile condurre una puntuale verifica del rapporto esistente tra l'abitazione e il cardine massimo, che si trova a circa 16 m dalle prime strutture conservate, a causa della strada moderna che passa proprio in questo punto.

[534] BOSCHETTI, BRIDI, CATALDI 2016, pp. 22-23; BOSCHETTI, DILARIA, PIAZZA 2016.

[535] SCALCO 2016.

[536] Cfr. BRUGNOLO 2017e (scheda 73).

[537] L'evidenza è data dal rinvenimento di una canaletta per lo smaltimento delle acque, connessa ad un pozzetto di scarico, di una struttura rettangolare forse funzionale alla preparazione di cibi ed uno spesso livello ricco di carbone, da ricondurre ad un piano scottato. Inoltre, lo spazio risulterebbe adiacente ad uno stretto vano, interpretato

Fase III. L'impianto delle abitazioni subì un consistente mutamento, che ne alterò radicalmente l'assetto architettonico e planimetrico, nei decenni compresi tra la seconda metà del IV secolo e la prima metà del V sec. d.C.

Gli evidenti cambiamenti, segno di un radicale ripensamento planimetrico dell'isolato, si riflettono nella variazione dell'orientamento degli spazi, ora prevalentemente disposti in senso nord-sud, nella costruzione di nuove strutture murarie e nell'obliterazione di quelle più antiche, e nel rifacimento degli impianti di regimentazione idrica. Poche delle strutture dei secoli precedenti rimasero in uso: tra queste, venne mantenuta, ad esempio, buona parte dell'antico muro nord-sud di divisione dell'isolato, come comprovato dai documentati interventi di ristrutturazione e rifacimento visibili nel suo tratto meridionale[538].

Le nuove strutture tardoantiche – di cui non siamo certi della destinazione d'utilizzo privata –andarono a ricoprire grandi superfici, vennero dotate di ricchi apparati decorativi pavimentali e parietali[539] ed ampi ambienti di rappresentanza, a riflesso dell'elevato *status* dei proprietari.

Un chiaro esempio di tale fenomeno è costituito dal grande ambiente absidato (III1), di circa 90 m^2, disposto con andamento nord-sud e dotato di un pavimento in tarsie marmoree. Costruito al di sopra delle strutture rasate pertinenti alle porzioni più orientali delle abitazioni di questo lato dell'*insula*, era dotato di accesso da una corte lastricata posta a sud, di cui restano labili tracce. Il cantiere di costruzione dell'abside (III2), rivolta a nord e rialzata di un gradino, determinò la completa dismissione e obliterazione della pavimentazione musiva con felino entro medaglione della fase I (fig. VI.63).



Fig. VI.63 – Aquileia, abitazioni occidentali nell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite. Fondazioni dei setti murari dell'abside della grande aula absidata tardoantica (III1), impostati sulla distruzione delle abitazioni di Fase I.

Il radicale riassetto delle case di età alto-imperiale risulta evidente anche a nord e ad ovest del grande *sectile*, con una serie di ambienti che verosimilmente da relazionarsi con l'imponente aula absidata: a nord, i muri del corridoio interno della casa settentrionale vennero rasati ed obliterati dalla costruzione di un grande pavimento in cementizio a base fittile (III3). Ad ovest, invece, si sovrapposero alle precedenti strutture una grande area scoperta rivestita in lastre di arenaria di una corte (III4), pesantemente intaccata dagli spogli post-antichi ma presumibilmente monumentalizzata e abbellita, in base ai materiali e agli elementi architettonici rinvenuti nei riporti circostanti, con colonne ed apprestamenti idrici. Si ipotizza che quest'ultima sia da porre in correlazione con un'ulteriore area scoperta (III5), pavimentata con grandi basoli prevalentemente in arenaria, presumibilmente attribuibile ad uno spazio esterno pubblico che si sviluppava a partire dal cardine massimo. Tali evidenze testimoniano, per questa

come *praefurnium* e dotato di pavimento con *suspensurae*, tuttavia inizialmente interpretato come parte di un sistema idraulico di età tarda (cfr. BALLANCIN, BRUGNOLO 2016, pp. 12-13).

538 BOSCHETTI, DILARIA, PIAZZA 2016, pp. 43-44.

539 Per una completa trattazione delle pavimentazioni si rimanda al *corpus* dei pavimenti di Aquileia (BRUGNOLO *et alii* 2017, pp. 48-51 e relative schede).

fase edilizia, una modificazione funzionale degli spazi; un ulteriore elemento a supporto di questi mutamenti è dato anche dal rinvenimento di ulteriori lastre pavimentali da esterno nell'area con pozzo (III6) posta presso il limite occidentale dello scavo, che vide in questo momento il rifacimento della vera e la realizzazione di una vasca[540].

Nel settore meridionale della porzione occidentale dell'isolato, l'*ambitus* continuò ad assolvere alla funzione di area di passaggio, a seguito di una fase di significativi restauri databili tra la fine del IV e la prima metà del V secolo d.C., che coinvolsero soprattutto il sistema di smaltimento delle acque, costruito *ex novo* ma con il medesimo orientamento del precedente.

Fase IV. A partire a partire dalla seconda metà V secolo d.C., in concomitanza declino politico e amministrativo di Aquileia, nei quartieri settentrionali a forme di abbandono e disuso di alcuni vani, come dimostrano alcuni livelli neri, molto humotici e ricchi in materiale archeologico e ceneri[541], si combinano settori dove sono attestate forme abitative ad uso precario e modeste attività di lavorazione artigianale. Tale utilizzo si legge, ad esempio, nelle buche di palo frequentemente rinvenute nei pavimenti, da identificarsi come apprestamenti funzionali alla costruzione di capanne[542]. Una frequentazione precaria dell'area è indiziata anche dalla presenza, nel settore settentrionale, di minime tracce di piani in battuto con scottature sede di attività saltuarie di lavorazione di lavorazione dei metalli.

5.3 - TECNICHE EDILIZIE E MATERIALI DA COSTRUZIONE

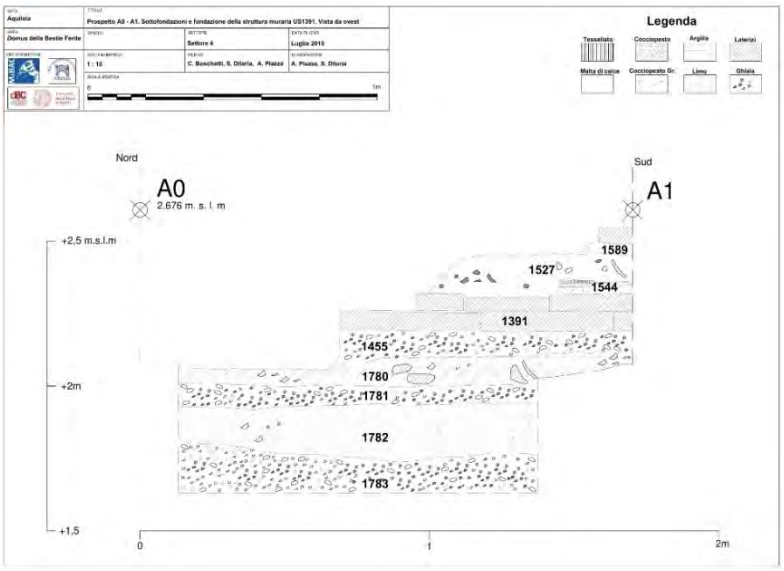


Fig. VI.64 - Aquileia, *Insula* della casa delle Bestie ferite. Prospetto delle sottofondazioni pluristratificate sottoposte al setto mediano di divisione dell'isolato (da BOSCHETTI, DILARIA, PIAZZA 2016, tav. 5, p. 67).

5.3.1 - *Strutture Murarie*

Nonostante i grandi interventi di epoca post-antica finalizzati al recupero di materiale edilizio abbiano compromesso l'integrità di gran parte delle strutture, è stato possibile identificare, anche se spesso conservati solo a livello di fondazioni, numerosi setti murari caratterizzati da una notevole eterogeneità sotto il profilo delle tecniche esecutive[543].

La fase I si caratterizza per la compresenza di diverse tecniche costruttive. Gran parte delle strutture murarie ascrivibili a questo periodo presentano sottofondazioni realizzate mediante l'alternarsi di livelli ghiaio-sabbiosi a strati

[540] BALLANCIN, BRUGNOLO 2016, pp. 12-13, PREVIATO 2018, p. 110-111.

[541] Il fenomeno della genesi delle Terre Nere individuate nel corso delle indagini presso le case occidentali dell'insula della Casa delle Bestie ferite (PATUZZI 2016, p. 53-55) è stato oggetto di una tesi di laurea magistrale (PATUZZI 2015-2016) che ha previsto sia lo studio del materiale rinvenuto in alcuni accumuli individuati nell'area centrale delle case occidentali che specifiche analisi micromorfologiche, condotte da C. Nicosia (Università di Padova), atte a determinarne composizione e genesi. In proposito cfr. NICOSIA 2018, pp. 70-77.

[542] BALLANCIN, BRUGNOLO 2016, p. 14; DIDONÈ 2016, p. 17; PATUZZI 2016, p. 54.

[543] Per la definizione delle tecniche edilizie di fondazioni ed alzati si fa riferimento alla classificazione presente in PREVIATO 2015, pp. 249-325.

depurati limo-argillosi (fig. VI.64)[544]. A questo tipo di apprestamento si associano strutture murarie realizzate in materiale lapideo o fittile. Nello specifico, il sistema costruttivo più diffuso in questa prima fase è esemplificato da una serie di strutture murarie con fondazione in blocchi sbozzati di calcare, alle quali sono solitamente associati alzati a doppio paramento (fig. VI.65)[545] o con elementi disposti in modo irregolare[546] secondo una tecnica attesta, ad Aquileia, dalla fine del I sec. a.C. fino al II sec. d.C. È attestata inoltre una variante che presenta l'alzato realizzato con un doppio paramento di laterizi spezzati e malta mista a frammenti fittili per colmare lo spazio di risulta, tipologia tipicamente diffusa tra la fine del I sec. a.C. e l'inizio del I sec. d.C.[547].



Fig. VI.65 – Aquileia, *Insula* della casa delle Bestie ferite. Ortofoto di un setto murario con fondazione e alzato a doppio paramento in blocchetti di calcare (sistema F2/A6).

Gli scavi effettuati in diversi settori dell'*insula* hanno permesso di documentare inoltre lacerti di murari con fondazione e alzato in blocchi a doppio paramento dove al calcare si sostituisce l'arenaria, materiale che trova impiego, a livello edilizio, nelle fasi di vita più antiche della colonia ed è attestato tra II e I sec. a.C.[548]. Altri setti murari invece sono realizzati con fondazione e alzato a corpo omogeneo in laterizi interi (pedali e sesquipedali padani) o in frammenti[549], secondo una tecnica diffusa già dal II sec. a.C., anche se il suo impiego sembra protrarsi fino alla fine del I - inizio II sec. d.C.[550]. Rientrano in questa categoria infine le strutture con fondazione e alzato in mattoni interi o frammentati sovrapposti di piatto e disposti per filari orizzontali, ascrivibili entro la prima età imperiale[551].

Durante l'età medio imperiale (fase II) non si registrano sostanziali interventi edilizi. Nella zona orientale dell'*insula*, le poche strutture realizzate sono costituite da frammenti di laterizi e tegole con funzione di contenimento di riporti sottopavimentali o di tramezzi all'interno di ampi vani che suddividono lo spazio in più ambienti[552].

Il grande fervore edilizio che coinvolge l'area in epoca tardo-antica (fase III) determinò opere ingenti di ricostruzione in tutto l'isolato. In diversi casi la tecnica adottata sembra essere quella della cosiddetta muratura "a sacco", messa in opera entro taglio di fondazione che il più delle volte andava ad intaccare strutture e pavimentazioni delle precedenti fasi. Entro tale cavo,

---

544 Si tratta di sottofondazioni pluristratificate realizzate in cavo PREVIATO 2015, p. 230 e bibliografia *ivi* riportata. La sottofondazione del muro divisorio dell'*insula* è stata indagata stratigraficamente e graficamente documentato (BOSCHETTI, DILARIA, PIAZZA 2016, pp. 42-43 e tav. 5, p. 67) sembra essere realizzato in cavo. Non si esclude che le sottofondazioni della casa siano realizzate in alcuni punti in alzato fuori terra.

545 PREVIATO 2015, pp. 316-317. Sistema edilizio F2 + A6 (sistema 2).

546 PREVIATO 2015, pp. 289-291. Sistema edilizio F2 + A7. La datazione di questa tecnica non è puntuale ma la maggior parte dei contesti editi sono collocabili tra I e II sec. d.C.

547 PATUZZI 2016, p. 48. Già parzialmente individuato durante la campagna di scavo 2015, la struttura è stata meglio indagata nel corso della campagna 2018. Cfr. PREVIATO 2015, pp. 320-321. Tecnica edilizia F2/F4 + A8 (sistema 4).

548 BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2012, p. 83; PREVIATO 2015, pp. 314-315. Sistema edilizio F1 + A5 (sistema 1).

549 BOSCHETTI, DILARIA, PIAZZA 2016, p. 43.

550 BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2012, p. 83; PREVIATO 2015, p. 260-263; 292-299. Tecnica edilizia F5 + A8. Alzati in filari orizzontali di laterizi interi sono comunque attestati in contesti di III e IV sec. d.C. riferibili a grandi opere pubbliche (*horrea* del Patriarcato e Grandi Terme).

551 BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2012, p. 83; PREVIATO 2015, p. 184.

552 PREVIATO 2015, pp. 301-303. Tecnica edilizia A10.

vengono realizzate le fondazioni o tramite colate di *opus caementicium* con blocchi lapidei, frammenti di laterizi e spesso materiale edilizio e ceramico di reimpiego[553]. I resti indagati hanno permesso di verificare l'associazione di questo tipo di fondazione con alzati sia in frammenti laterizi posti di piatto sia costruiti con una commistione di laterizi ed elementi lapidei disposti in filari regolari[554]. In altri casi la fondazione sembra essere realizzata con maggior cura dove gli elementi costituenti il corpo murario sono frammenti fittili e lapidei disposti per filari irregolari e legati da abbondante malta di calce, tecnica attestata per i setti perimetrali dell'aula absidata in *opus sectile* ubicata nella porzione occidentale dell'*insula*[555].

Rimane un esempio isolato per questa fase un muro realizzato con un alzato in blocchi lapidei sbozzati irregolarmente, frammenti laterizi e ciottoli anche di grandi dimensioni allettato su una fondazione in laterizi spezzati posti di taglio[556].



Fig. VI.66 - Aquileia, *Insula* della Casa delle Bestie ferite, abitazioni occidentali. Canalizzazione di scarico delle acque reflue in laterizi.

5.3.2 - *Infrastrutture Idriche*

La possibilità di attuare un'indagine estensiva del sito ha consentito di individuare all' interno del tessuto abitativo un articolato sistema di strutture funzionali all'adduzione e smaltimento delle acque. Grazie alla cospicua quantità di rinvenimenti è stato possibile individuare un'ampia casistica di tipologie. Il campione più consistente comprende tutte quelle condutture realizzate con fondo piano in laterizi, interi o in frammenti, spallette in laterizi frammentati e copertura, dove conservata, piana realizzata con gli stessi materiali[557] (fig. VI.66). In taluni casi sono attestate canalette realizzate con fondo in tegole intere e spallette in tegole frammentate o in spezzoni laterizi[558]. Condotti di questo tipo appaiono frequenti soprattutto in età tarda e, in rari casi, potevano presentare un rivestimento in malta di cocciopesto.

Se le evidenze fino ad ora descritte sono state realizzate per essere nascoste al di sotto dei piani di calpestio, due grandi blocchi lavorati ad incavo in calcare[559] sono invece attribuibili ad un condotto privo di copertura probabilmente pertinente ad una sistemazione di un'area scoperta[560].

Attestate con minore frequenza sono invece altri esempi di infrastrutture idriche come vasche e pozzi. Le prime, sono quasi sempre associate ad aree scoperte ed è probabile che alcune avessero funzione ornamentale[561]. In alcuni casi è probabile che fungessero per la raccolta dell'acqua di scarico[562], poi convogliata entro canaletta di scolo ad esse legate. Sono state individuate in tutto tre vasche. Una collocata nella zona orientale dell'area di scavo, mentre le seconde due sono pertinenti ala zona occidentale.

---

553 BUENO, MANTOVANI, NOVELLO 2012, p. 92. PREVIATO 2015, pp. 270-272.
554 PREVIATO 2015, p. 306-313. Tecnica edilizia A13.
555 PREVIATO 2015, p. 266-269. Tecnica edilizia F8.
556 SCALCO 2016, p. 51; PREVIATO 2015, p. 263. Tecnica edilizia F6.
557 PREVIATO 2015, pp. 346-348. tipo 3.
558 La tipologia è egualmente ascritta al tipo 3 in PREVIATO 2015, pp. 346-348.
559 SCALCO 2016, p. 47.
560 Queste strutture sono da riferire al tipo 1 (cfr. PREVIATO 2015, pp. 345-346).
561 PREVIATO 2015, p. 185.
562 Una di queste è edita in BALLANCIN, BRUGNOLO 2016, p. 11.

I pozzi invece sono stati rinvenuti esclusivamente nella fascia occidentale dell'*insula*: in due casi ancora si conserva ancora la lastra lapidea di chiusura, modanata e con foro centrale, e ad entrambi è associata una canna in mattoni rettangolari o quadrangolari[563]. Un caso particolare è rappresentato da un pozzo[564] realizzato in mattoni pozzali[565] mancante però della porzione superiore. Questa tecnica si sviluppa ad Aquileia a partire tra la tarda età repubblicana e l'età augustea[566].

5.3.3 - *Pavimentazioni e preparazioni pavimentali*

Diverse sono le tipologie di pavimentazioni messe in luce nelle abitazioni dell'*insula* della Casa delle Bestie ferite. Per quanto concerne la fase I, la stragrande maggioranza dei rivestimenti pavimentali è realizzata in tessellato. Dal punto di vista stilistico tali pavimenti sono connotati da un'alta qualità esecutiva che attinge al repertorio geometrico tipico della tradizione decorativa centro-italica (fig. VI.67)[567].



Fig. VI.67 – Aquileia, *Insula* della Casa delle Bestie ferite. Ortofoto di un mosaico con decorazione geometrica con motivi a rombi e clessidre.

Le tecniche preparatorie di questi mosaici[568] consistono nella disposizione, al di sopra di riporti limo-argillosi, di un vespaio (*statumen*) in ciottoli, scapoli/scaglie lapidee o frammenti fittili; al di sopra è il massello vero e proprio che consiste in un più profondo strato di calcestruzzo o, più spesso, di cocciopesto grossolano (*rudus*), dello spessore medio di 7-8 cm, ed uno strato superficiale in cocciopesto (*nucleus*), spesso in genere 1 cm. Le tessere dei mosaici più raffinati sono infine allettate su un sottile allettamento (*setting bed*)[569], composto da pura calce talvolta con clasti di calcite spatica, dello spessore di circa 1-2 mm.

Più limitati sono i pavimenti in cementizio a base fittile con inserti litici[570], di cui un esempio è ubicato nell'ampio vano collocato direttamente a sud della corte centrale della casa delle Bestie ferite.

Infine, un pavimento in *opus sectile* fu realizzato in questa fase in un ambiente a sud ovest rispetto la corte centrale. La preparazione era costituita da uno spesso strato di cocciopesto.

---

563 PREVIATO 2018, p. 110.

564 DIDONÈ 2016, p. 17.

565 Ad Aquileia sono solo due le attestazioni di pozzi realizzati con mattoni ad arco di cerchio, entrambe pertinenti a contesti privati. Cfr. PREVIATO 2015, p. 330, tab. 36 p. 334. Per una trattazione generale sul mattone pozzale in Cisalpina si rimanda a CANCIANI 2019, pp. 397-400.

566 PREVIATO 2018, p. 109.

567 Per uno studio stilistico delle pavimentazioni in questione cfr. da ultimo BRUGNOLO *et alii* 2017, pp. 48-50 e relative schede.

568 Per uno studio delle tecniche preparatorie dei pavimenti dell'*insula* cfr. DILARIA 2013/2014. I risultati delle analisi archeometriche su una selezione di miscele preparatorie, già editi in DILARIA *et alii* 2016 e SECCO *et alii* 2018, saranno qui ripresi per una più ampia discussione ed integrazione dei dati con le fasi di cantiere delle case.

569 Sul riconoscimento della funzione di questo ultimo strato di allettamento cfr. MOORE 1968.

570 Sulla terminologia adottata per la definizione composizionale dei pavimenti cementizi cfr. GRANDI, GUIDOBALDI 2006.



Fig. VI.68 – Aquileia, Casa delle Bestie ferite. Ortofoto del mosaico con scene di caccia ed animali morenti.

Alla fase II sono stati ascritti alcuni rifacimenti pavimentali, prevalentemente in tessellato[571].

Alla fase III corrispondono diversi rifacimenti dei piani pavimentali. I numerosi tessellati rinvenuti[572] appaiono meno raffinati di quelli di prima fase[573], con tessere di dimensioni superiori al centimetro e realizzate, oltre che con i tradizionali calcari bianchi e neri, anche con marmi (giallo antico, serpentino) e con paste vitree; inoltre abbondante sembra l'uso di tessere fittili[574]. I piani mosaicati delle due case furono messi in opera su sottili allettamenti di malta di calce friabile, spessi appena 3-4 cm e stesi direttamente al di sopra di livelli di riporto franchi caratterizzati da scarichi di materiali di reimpiego mescolati alla matrice (fig. VI.68)[575].

Ad un orizzonte tardo, inquadrabile verso la metà del IV sec. d.C., sembra inoltre afferire il pavimento in *opus sectile* di rifacimento al di sopra di un secondo *opus sectile* ubicato in un ambiente prossimo alla corte centrale della Casa delle Bestie ferite[576]. Il pavimento tardo è realizzato su una preparazione costituita da un unico strato di cocciopesto grossolano.

Alcune pavimentazioni povere riferibili alla fase tarda consistono in piani in malta, pavimenti in mattonato e piani in cementizio a base fittile.

5.3.4 - *I materiali*

Le indagini sui materiali da costruzione impiegati nella *Domus* delle Bestie Ferite hanno preso in esame la pietra, marmi e gli elementi fittili. L'impiego di analisi petrografiche è stato soprattutto incentrato nella caratterizzazione petrografico-mineralogica della pietra impiegata in ambito costruttivo[577]. Questo studio ha permesso non soltanto di descrivere i litotipi impiegati a livello costruttivo nelle abitazioni del quartiere della *Domus* delle Bestie ferite, ma anche di circoscriverne i bacini di approvvigionamento[578].

Il litotipo che trova impiego ad Aquileia nelle fasi più antiche della colonia è l'arenaria (fig. 2a), pietra che trova applicazione nella realizzazione di alcune delle strutture murarie più anti-

[571] Per uno studio stilistico delle pavimentazioni in questione cfr. da ultimo BRUGNOLO *et alii* 2017, e schede *ivi* riportate.

[572] Per uno studio stilistico delle pavimentazioni in questione cfr. da ultimo BRUGNOLO *et alii* 2017, e schede *ivi* riportate.

[573] Sullo scadimento tecnico dei pavimenti in tessellato di questa IV è stato notato come nel tessellato delle Bestie Ferite siano evidenti numerosi errori nelle composizioni figurate che devono essere correlate con una generale inesperienza delle maestranze impiegate (BOSCHETTI, SALVADORI 2014, pp. 357-372).

[574] Per uno studio petrografico delle tessere impiegate in alcuni mosaici della casa cfr. BOSCHETTI, DILARIA, MAZZOLI, SALVADORI c.s.

[575] DILARIA *et alii* 2016, in particolare p. 153; SECCO *et alii* 2018, in particolare p. 202.

[576] Per uno studio stilistico della pavimentazione in questione cfr. da ultimo BRUGNOLO *et alii* 2017 e scheda n. 54.

[577] PREVIATO 2015. È stato anche edito il catalogo di tutti i campioni di pietra analizzati dal sito di Aquileia (cfr. BONETTO, MAZZOLI, PREVIATO 2015).

[578] BONETTO, PREVIATO 2013; PREVIATO 2015, pp. 411-457.

che della abitazione nell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite. In seguito a questa roccia sedimentaria venne affiancandosi il calcare, che andò via via soppiantando la prima nel corso dell'età imperiale quale materiale a più larga diffusione nell'edilizia. Grazie al mirato studio delle *microfacies* deposizionali delle rocce carbonatiche e alla loro dettagliata definizione in letteratura in relazione agli aspetti petrografici, è stato possibile circoscrivere con precisione le specifiche cave di approvvigionamento dei calcari. I litotipi impiegati nell'edilizia della *domus* sono afferenti all'area del Carso triestino, in particolare dal bacino di Aurisina, del Carso isontino nonché all'area istriana. Alcuni litotipi venivano invece importati in virtù delle loro caratteristiche fisiche o meccaniche, come i calcari delle Prealpi Venete, quali la c.d. Rosso Ammonitico e la Scaglia Rossa. Quest'ultima in particolare, in virtù della genesi deposizionale a stratificazioni rocciose alternate a livelli argillosi, era facilmente lavorabile in lastre che trovano impiego, ad esempio, quali rivestimenti pavimentali della corte tardoantica antistante l'aula absidata con il mosaico delle Bestie ferite (fig. VI.69).



Fig. VI.69 – Aquileia, Casa delle Bestie ferite. Lastre in scaglia rossa della corte di fase III (da PREVIATO 2015, fig. 279, p. 445).

I laterizi sono largamente utilizzati negli edifici dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite, soprattutto nell'ambito della costruzione delle strutture murarie, dove soprattutto nei setti più antichi sono impiegati spesso interi nelle strutture più antiche, della dimensione pedale o sesquipedale padano (fig. VI.70), e delle infrastrutture idrauliche. Anche alcuni piani pavimentali dell'abitazione sono realizzati in mattoni sesquipedali padani. L'impiego di fittili tagliati è anche attestato per la realizzazione di pilastrini utilizzati per rialzare alcuni pavimenti.



Fig. VI.70 – Aquileia, *Insula* della Casa delle Bestie ferite. Muro di demarcazione mediana dell'isolato in laterizi (da BOSCHETTI, DILARIA, PIAZZA 2016, fig. 4, p. 42).

Infine, anche i marmi impiegati nelle abitazioni sono stati studiati, quasi sempre lavorati come lastrine per pavimentazioni o pareti in *opus sectile*[579], o impiegati quali elementi architettonici[580]. Si evidenzia una elevata presenza, soprattutto nelle fasi tarde, di marmi provenienti da area egea e microasiatica.

[579] MARESO 2013/2014.
[580] PREVIATO, MARESO 2015.

5.4 - CAMPIONAMENTO

Dalle abitazioni messe in luce presso l'*insula* della Casa delle Bestie ferite sono stati prelevati 60 campioni (tab. VI.31; tav. 9), relativi a: a) miscele leganti di allettamento di paramenti o nuclei di strutture murarie (WM); b) miscele leganti a stesura orizzontale messe in opera con funzione strutturale o impiegate come supporti preparatori per pavimentali di diversa tipologia (PREP); c) miscele leganti impiegate con funzione di allettamento o rivestimento di strutture idrauliche, quali canalette, condotti di scarico e vasche (CM).

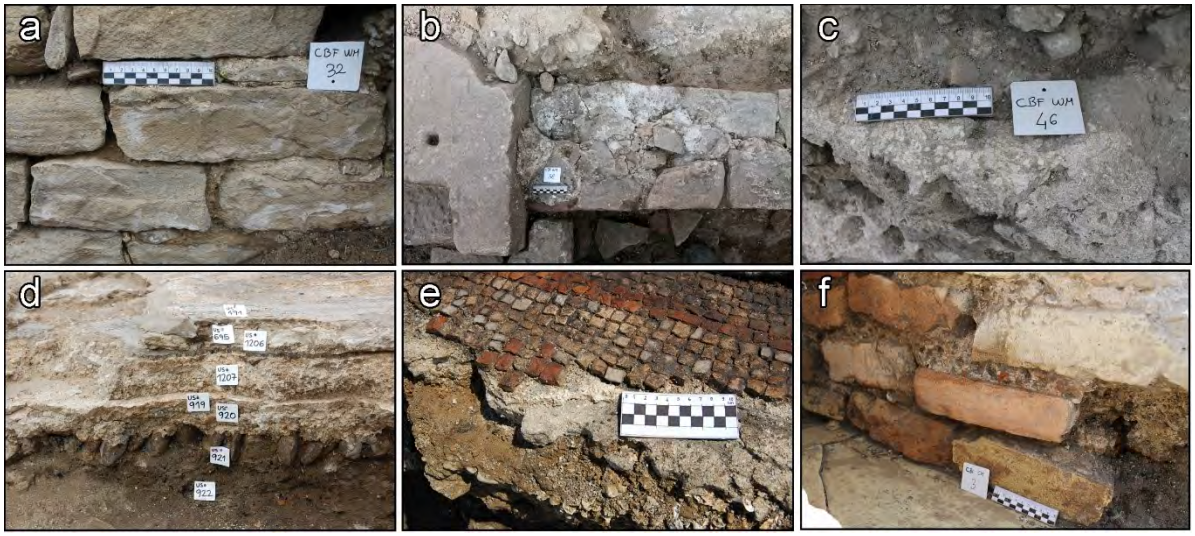


Fig. VI.71 – Aquileia, *Insula* della Casa delle Bestie ferite. Campionamento. a) Setto murario in conci di arenaria dalla Casa delle Bestie ferite realizzato con sistema F1/A5; b) Alzato del setto murario in frammenti lapidei e fittili realizzato con tecnica A13; c) stesura di allettamento dell'alzato del setto murario in frammenti fittili e lapidei realizzato con tecnica A13; d) serie di rifacimenti di piani pavimentali e relative preparazioni della Casa delle Bestie ferite. La pavimentazione più tarda corrisponde al tessellato con animali morenti e scene di caccia da cui prende il nome l'abitazione; e) stesure di preparazione di un piano mosaicato di fase III dalla casa delle Bestie ferite; f) giunto di allettamento di una canaletta di scarico delle acque di fase III rinvenuta presso le abitazioni occidentali dell'*insula*.

Alle fase di impianto delle due abitazioni (Fase I) sono riferibili i campioni CBF_WM_12, 14, 16B, 17, 18, 29, 31, 33, 34, 39B, 42, 50, 54 prelevati da miscele di allettamento delle strutture con fondazione e alzato in blocchetti di calcare disposti a doppio paramento (sistema F2/A6)[581]; Pertinenti alla medesima fase sono le strutture con fondazione e alzato in blocchetti di arenaria disposti a doppio paramento di arenaria (sistema F1/A5) da cui provengono i campioni CBF_WM_1, 17B, 24B, 32, 36, 37, 43, 49 (fig. VI.71, a). A questi si deve aggiungere il campione CBF_WM_6 prelevato da una porzione di fondazione in scapoli di arenaria interpretato come preparazione per l'imposta di una soglia; infine, dalle fondazioni dei setti realizzati con fondazione e alzato in mattoni interi disposti per assise orizzontali (sistema F5/A8) sono stati prelevati i campioni CBF_WM_25, 54 da sottili stesure di allettamento. Nello specifico il primo di questi proviene dalla struttura muraria di divisione mediana dell'isolato; a questi si deve aggiungere il campione CBF_WM_35 proveniente dalle stesure di allettamento di un setto murario realizzato con frammenti di laterizi disposti per filari ordinati[582].

Alla fase di restauro medio-imperiale (Fase II) sono riferibili un numero limitato di campioni, provenienti esclusivamente dalla zona occidentale. Sono questi il campione CBF_WM_51 è riferibile ad una miscela legante costituente la fondazione del setto in pietra e terracotta a disposizione irregolare (F10) obliterato dalla costruzione della sala absidata tardoantica delle case occidentali mentre il campione CBF_WM_48 è stato prelevato da una struttura con fondazione in pietra a disposizione irregolare realizzata entro cavo (F4).

[581] Per la definizione delle tecniche edilizie si fa qui sempre riferimento a PREVIATO 2015.
[582] La tecnica può essere descritta come una variante del sistema A8 descritto in PREVIATO 2015, pp. 292-299.

Alla fase di ricostruzione tardo imperiale (Fase III) sono riferibili i campioni CBF_WM_5 e 45 provenienti da miscele leganti costituenti le strutture cementizie realizzate entro cavo. I campioni CBF_WM_38 (fig. VI.71, b) e 46 (fig. VI.71, c) provengono da una struttura in alzato in pietra e laterizi a disposizione irregolare (A13).

I campioni di miscele leganti analizzati sono prevalentemente riferibili a piani pavimentali messi in luce nell'area delle abitazioni orientali. Riferibili alla fase I sono campioni CBF_PREP_4, 9, 18, 29O, 41, 42, 44, 47, 59 prelevati da masselli preparatori di tessellati[583]. Tra questi solo il campione CBF_PREP_29O e 59 provengono da pavimentazioni delle abitazioni occidentali. A questa fase è stato ascritto anche un pavimento in *opus sectile* da cui proviene il campione CBF_PREP_13[584].

I campioni riferibili a pavimentazioni di fase II sono limitati. A questo periodo è ascrivibile il campione CBF_PREP_3, prelevato dal massello preparatorio di un mosaico sottoposto a quello tardoantico con animali morenti[585], a cui si aggiunge un piano in cementizio a base fittile, collocato nella zona occidentale, da cui proviene il campione CBF_PREP_71[586].

Infine, alla fase III sono riferibili i campioni CBF_PREP_2, 5, 6, 8, 10, 16, 19 per la maggior parte riferibili a pavimenti musivi messi in luce nella porzione orientale dell'isolato[587]. A questi si aggiungono i campioni CBF_PREP_23 e 26 entrambi prelevati dalla preparazione del grande pavimento in *opus sectile* absidato dall'area occidentale e il campione CBF_PREP_12 proveniente da un secondo pavimento in tarsie marmoree da uno degli ambienti della casa orientale[588]. Ancora inquadrabile ad un orizzonte tardo è il piano in malta da cui proviene il campione CBF_PREP_38.

Gran parte dei campioni riferibili a strutture idrauliche provengono dall'area occidentale dell'isolato. Nello specifico i campioni CBF_CM_1 proviene da stesure di allettamento di una canaletta in frammenti laterizi attribuita alla fase I; i campioni CBF_CM_2 e 3 provengono da condotti di scarico tardo tardo antichi realizzati con fondo in tegole e spallette in frammenti di laterizi. Sono stati entrambi prelevati da giunti in malta di allettamento delle spallette in laterizi frammentati dei condotti.

I campioni CBF_CM_4, 5, 6 sono invece pertinenti a preparazioni di vasche. Nello specifico CBF_CM_5 proviene dal livello superficiale di preparazione di una vasca di fase I che probabilmente aveva un rivestimento in mattoni (spoliato); CBF_CM_4 proviene dal fondo in cementizio a base fittile della vasca tardo antica (fase III) individuata presso gli ambienti più occidentali dell'area di scavo[589]; ancora ad un orizzonte tardo è riferibile il campione CBF_CM_6, proveniente dal piano di una vasca rinvenuta al centro della corte nord-occidentale nell'area delle abitazioni orientali dell'isolato[590].

---

583 Per uno studio stilistico di alcune pavimentazioni dai cui provengono i campioni dai livelli preparatori analizzati cfr. BRUGNOLO *et alii* 2017, con riferimento alle schede n. 47 (BUENO 2017a) per il campione CBF_PREP_4, n. 64 (BUENO 2017f) per il campione CBF_PREP_18, n. 71 (BOSCHETTI 2017b) per il campione CBF_PREP_29O, n. 60 (BUENO 2017e) per il campione CBF_PREP_47, n. 68 (BUENO 2017g) per il campione CBF_PREP_59.

584 Per uno studio stilistico di alcune di queste pavimentazioni cfr. BRUGNOLO *et alii* 2017, con riferimento alla scheda n. 53 (BUENO 2017c).

585 Per uno studio della pavimentazione dai cui proviene il campione CBF_PREP_3 cfr. BRUGNOLO *et alii* 2017, con riferimento alle schede n. 48 (BUENO 2017b).

586 Il pavimento presenta in appoggio dei pilastrini funzionali ad un piano su *suspensurae*.

587 Per uno studio stilistico di alcune pavimentazioni dai cui provengono i campioni dai livelli preparatori analizzati cfr. BRUGNOLO *et alii* 2017, con riferimento alle schede n. 49 (BOSCHETTI 2017a) per i campioni CBF_PREP_2 e 5 (c.d. Mosaico delle Bestie ferite). Nello specifico il secondo proviene dalla preparazione dell'abside del pavimento; n. 52 per il campione CBF_PREP_6; n. 57 (BRUGNOLO 2017a) per il campione CBF_PREP_8; n. 58 (BRUGNOLO 2017b) per il campione CBF_PREP_10; n. 50 (BRUGNOLO 2017a) per il campione CBF_PREP_16; n. 65 (BRUGNOLO 2017d) per il campione CBF_PREP_19.

588 Per uno studio stilistico del pavimento dai cui provengono i campioni analizzati cfr. BRUGNOLO *et alii* 2017, con riferimento alla scheda n. 70 (BUENO 2017h) per i campioni CBF_PREP_23 e 26; n. 54 (BUENO 2017d) per il campione CBF_PREP_12.

589 BRUGNOLO, BALLANCIN 2016, p. 11.

590 PREVIATO 2015, p. 185.

I campioni COS_CM_2 e 7 provengono invece da sottili allettamenti delle pareti di due canalette di scolo collocate nella porzione orientale della *domus* (fig. VI.71, f).

Campione	US	Funzione			Tipologia struttura		Fase	Cronologia
WM Samples								
CBF_WM_1	2252	allett.	strut. mur.	alzato	conci di arenaria ad assise orizzontali	A5	Fase I W	prima metà I d.C.
CBF_WM_5	2189	strutt.	opera cementizia	fondazione	opera cementizia entro cavo (libero)	F8	Fase III W	metà IV d.C. - metà V d.C.
CBF_WM_6	2289	allett.	strut. mur.	fondazione	ciottoli di soglia litica		Fase I W	prima metà I d.C.
CBF_WM_12	744	allett.	strut. mur.	fondazione	conci di calcare ad assise orizzontali	F2	Fase I E	metà I a.C. - metà I d.C.*
CBF_WM_14	1007	allett.	strut. mur.	fondazione	conci di calcare ad assise orizzontali	F2	Fase I E	metà I a.C. - metà I d.C. *
CBF_WM_16B	710	allett.	strut. mur.	fondazione	conci di arenaria ad assise orizzontali	F1	Fase I E	metà I a.C. - metà I d.C.*
CBF_WM_17	840	allett.	strut. mur.	alzato	conci di calcare ad assise orizzontali	A6	n.d.	n.d.
CBF_WM_17B	1070	allett.	strut. mur.	fondazione	conci di arenaria ad assise orizzontali	F1	n.d.	n.d.
CBF_WM_18	840	allett.	strut. mur.	-	conci di calcare ad assise orizzontali	A6	n.d.	n.d.
CBF_WM_24B	643	allett.	strut. mur.	fondazione	conci di arenaria ad assise orizzontali	F1	Fase I E	metà I a.C. - metà I d.C. *
CBF_WM_25	1391	allett.	strut. mur.	fondazione	mattoni ad assise orizzontali	F5	Fase I	metà I a.C. - metà I d.C.
CBF_WM_29	1652	allett.	strut. mur.	fondazione	conci di calcare ad assise orizzontali	F2	Fase I W	prima metà I d.C.
CBF_WM_31	1292	allett.	strut. mur.	fondazione	conci di calcare ad assise orizzontali	F2	Fase I W	prima metà I d.C.
CBF_WM_32	122	allett.	strut. mur.	alzato	conci di arenaria ad assise orizzontali	A5	Fase I E	metà I a.C. - metà I d.C.
CBF_WM_33	931	allett.	strut. mur.	fondazione	conci di calcare ad assise orizzontali	F2	Fase I E	metà I a.C. - metà I d.C.
CBF_WM_34	925/1179	allett.	strut. mur.	fondazione	conci di calcare ad assise orizzontali	F2	Fase I E	metà I a.C. - metà I d.C.
CBF_WM_35	2355	allett.	strut. mur.	alzato	mattoni ad assise orizzontali	A8 var	Fase I W	prima metà I d.C.
CBF_WM_36	2219	allett.	strut. mur.	alzato	conci di arenaria ad assise orizzontali	A5	Fase I W	prima metà Id.C.
CBF_WM_37	1857	allett.	strut. mur.	alzato	pietra e laterizi ad assise irregolari	A13	n.d.	n.d.
CBF_WM_38	2414	allett.	strut. mur.	alzato	pietra e laterizi ad assise irregolari	A13	Fase III	metà IV d.C. - V d.C.
CBF_WM_39b	2445	allett.	strut. mur.	fondazione	conci di arenaria ad assise orizzontali	F1	Fase I W*	prima metà I d.C.
CBF_WM_42	2915	allett.	strut. mur.	alzato	calcare o ad assise orizzontali	F2	Fase I	prima metà I d.C.
CBF_WM_43	1858	allett.	strut. mur.	alzato	conci di arenaria ad assise orizzontali	A5	Fase I W*	prima metà I d.C.
CBF_WM_45	1308	strutt.	opera cementizia	fondazione	opera cementizia entro cavo (libero)	F8	Fase III W	metà IV d.C. - V d.C.
CBF_WM_46	2803	allett.	strut. mur.	fondazione	pietra e terracotta a disp. irregolare	A13	Fase III W	metà IV d.C. - V d.C.
CBF_WM_48	2825	allett.	strut. mur.	fondazione	pietra eterogenea a disp. irregolare	F4	Fase II W	II - III d.C.*
CBF_WM_49	3004	allett.	strut. mur.	alzato	conci di arenaria ad assise orizzontali	A5	Fase I W*	prima metà I d.C.
CBF_WM_50	1292	allett.	strut. mur.	fondazione	conci di calcare ad assise orizzontali	F2	Fase I W*	prima metà I d.C.
CBF_WM_51	3100	allett.	strut. mur.	fondazione	pietra e laterizi a dispos. irregolare	F10	Fase II	II- III d.C. *
CBF_WM_54	3126	allett.	strut. mur.	fondazione	conci di calcare ad assise orizzontali	F2	Fase I W*	prima metà I d.C.
CBF_WM_57	2593	allett.	strut. mur.	fondazione	mattoni ad assise orizzontali	F5	Fase I W*	prima metà I d.C.
PREP Samples								
CBF_PREP_2	695	preparazione pavimentale			tessellato		Fase III E	seconda metà IV d.C.
CBF_PREP_3	1207	preparazione pavimentale			tessellato		Fase II E *	metà I d.C
CBF_PREP_4	919-920	preparazione pavimentale			tessellato		Fase I E	I sec a.C. I d.C.
CBF_PREP_5	1264	preparazione pavimentale			tessellato		Fase III E	seconda metà IV d.C.
CBF_PREP_6	124	preparazione pavimentale			tessellato		Fase III E	seconda metà IV d.C.
CBF_PREP_8	307	preparazione pavimentale			tessellato		Fase III E	seconda metà IV d.C.
CBF_PREP_9	364	preparazione pavimentale			tessellato		Fase I est	I sec a.C. I d.C.
CBF_PREP_10	361	preparazione pavimentale			tessellato		Fase III est	seconda metà IV d.C.
CBF_PREP_12	144	preparazione pavimentale			*opus sectile*		Fase III est	seconda metà IV d.C.
CBF_PREP_13	166	preparazione pavimentale			*opus sectile*		Fase I est	I sec a.C. I d.C.
CBF_PREP_16	n.d.	preparazione pavimentale			tessellato		Fase III est	seconda metà IV d.C.
CBF_PREP_18	39	preparazione pavimentale			tessellato		Fase I est	I sec a.C. I d.C.
CBF_PREP_19	905=869	preparazione pavimentale			tessellato		Fase III est	seconda metà IV d.C.
CBF_PREP_23	1286	preparazione pavimentale			*opus sectile*		Fase III est	seconda metà IV d.C.
CBF_PREP_26	1286	preparazione pavimentale			*opus sectile*		Fase III est	seconda metà IV d.C.
CBF_PREP_29O	1544	preparazione pavimentale			tessellato		Fase I est	I sec a.C. I d.C.
CBF_PREP_38	1068	piano pavimentale			piano in malta		Fase III est	seconda metà IV d.C.
CBF_PREP_41	400	preparazione pavimentale			tessellato		Fase I est	I sec a.C. I d.C.
CBF_PREP_42	408	preparazione pavimentale			tessellato		Fase I est	I sec a.C. I d.C.
CBF_PREP_44	409	preparazione pavimentale			tessellato		Fase I est	I sec a.C. I d.C.
CBF_PREP_47	284	preparazione pavimentale			tessellato		Fase I est	I sec a.C. I d.C.
CBF_PREP_59	2333	preparazione pavimentale			tessellato		Fase I W	Prima metà I d.C.
CBF_PREP_71	3331	rivestimento pavimentale			cementizio a base fittile		Fase II W	II - III d.C.
CM samples								
CBF_CM_1	2260	allettamento		spallette	canaletta		Fase I W	prima metà I d.C.
CBF_CM_2	1394	allettamento		spallette	canaletta		Fase III W	metà IV - Metà V d.C.
CBF_CM_3	2832	allettamento		spallette	canaletta		Fase III W	metà IV - Metà V d.C.
CBF_CM_4	1656	Rivestimento pavimentale			vasca		Fase III W*	post IV d.C. - V d.C.
CBF_CM_5	2401	Preparaz. pavimentale			vasca		I Fase W	prima metà I d.C.
CBF_CM_6	1141	Rivestimento pavimentale	(?)		vasca		Fase III est	Seconda metà IV d.C.

Tab. VI.31 – Elenco dei campioni analizzati dalle abitazioni dell'isolato della Casa delle Bestie ferite, con relative strutture di afferenza e inquadramento cronologico.

Prima di procedere alle analisi archeometriche, i campioni sono stati tagliati tramite troncatrice petrografica (fig. VI.72) e ne è stato effettuato un preliminare studio macroscopico delle caratteristiche salienti (riportato successivamente nella descrizione petrografica dei composti).

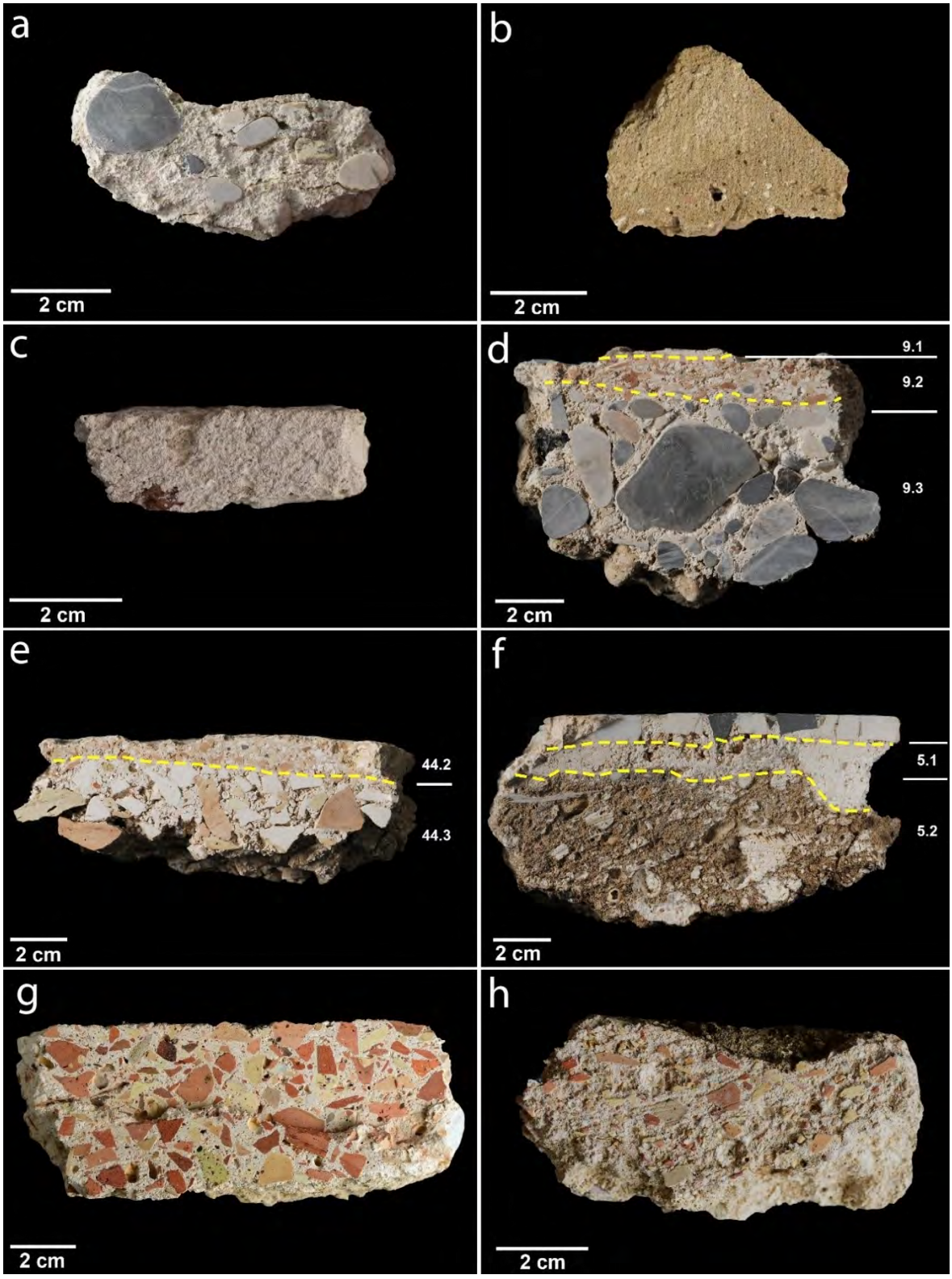


Fig. VI.72 – Tagli petrografici di una selezione di campioni di interesse prelevati dal contesto dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite. I valori puntati indicano i diversi livelli ne caso di campioni pluristratificati. a) CBF_WM_33; b) CBF_WM_43; c) CBF_WM_5; d) CBF_PREP_9, livelli 9.1, 9.2, 9.3; e) CBF_PREP_44, livelli 44.2, 44.3; f) CBF_PREP_5, livelli 5.1, 5.2; g) CBF_PREP_71; h) CBF_CM_5.

5.5 - RISULTATI DELLE ANALISI ARCHEOMETRICHE

Su tutti i campioni in esame sono state effettuate analisi in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM). Su una selezione di campioni, rappresentativi dei gruppi individuati in seguito ad analisi OM, sono state inoltre condotte analisi mineralogiche tramite analisi in diffrazione delle polveri, operate sia sui campioni massivi (*XRPD-bulk*) che su alcune frazioni leganti separate (*XRPD-binder*), nonché analisi chimiche e microstrutturali (SEM-EDS) finalizzate all'indagine della composizione chimica dei leganti e all'osservazione puntuale delle aree di reazione pozzolanica (tab. VI.32).

Campione	OM	XRPD - *bulk*	XRPD - *binder*	SEM-EDS
WM samples				
CBF_WM_1	x	x		
CBF_WM_5	x			x
CBF_WM_6	x			
CBF_WM_12	x			
CBF_WM_14	x			
CBF_WM_16B	x			
CBF_WM_17	x			
CBF_WM_17B	x	x		
CBF_WM_18	x			
CBF_WM_24B	x	x		
CBF_WM_25	x	x		x
CBF_WM_29	x	x		
CBF_WM_31	x	x		x
CBF_WM_32	x	x		
CBF_WM_33	x	x		
CBF_WM_34	x			
CBF_WM_35	x			
CBF_WM_36	x			
CBF_WM_37	x			
CBF_WM_38	x	x		
CBF_WM_39b	x			
CBF_WM_42	x	x		
CBF_WM_43	x	x		
CBF_WM_45	x	x		
CBF_WM_46	x			
CBF_WM_48	x	x		
CBF_WM_49	x			
CBF_WM_50	x			
CBF_WM_51	x	x		
CBF_WM_54	x			
CBF_WM_57	x			

Campione	OM	XRPD - *bulk*	XRPD - *binder*	SEM-EDS
PREP samples				
CBF_PREP_2	x	2.2		
CBF_PREP_3	x	3.2		
CBF_PREP_4	x	4.2		x
CBF_PREP_5	x	5.2		x
CBF_PREP_6	x	6.2		x
CBF_PREP_8	x	x		
CBF_PREP_9	x	9.2		x
CBF_PREP_10	x	x		
CBF_PREP_12	x	x		x
CBF_PREP_13	x	13.2		x
CBF_PREP_16	x	x		
CBF_PREP_18	x	18.1		
CBF_PREP_19	x	19.2		
CBF_PREP_23	x	x		x
CBF_PREP_26	x	x		x
CBF_PREP_29O	x	29O.1		x
CBF_PREP_38	x	x		
CBF_PREP_41	x	41.2		
CBF_PREP_42	x	42.2		
CBF_PREP_44	x	44.2		
CBF_PREP_47	x	47.2		x
CBF_PREP_59	x			
CBF_PREP_71	x	x		x
CM Samples				
COS_CM_1	x	x		
COS_CM_2	x	x		
COS_CM_3	x	x		
COS_CM_4	x	x	x	x
COS_CM_5	x	x	x	x
COS_CM_6	x	x	x	x

Tab. VI.32 - Elenco analisi archeometriche effettuate sui campioni in esame della abitazione dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite. I valori numerici si riferiscono all'analisi specifica di determinati livelli, per i campioni pluristratificati.

5.5.1 – *Analisi in microscopia ottica* (OM)

Le analisi in microscopia ottica (OM) sono state effettuate su tutti i campioni di miscele leganti presi in esame. Osservazioni distinte sono state operate sui campioni di tipologia WM, PREP e CM di seguito discusse. L'analisi statistica multivariata (PCA) operata sui dati parametrizzati desunti dall'analisi OM ha permesso di definire dei gruppi di campioni di miscela legante, tra loro composizionalmente affini per ciò che concerne gli aspetti petrografico-composizionali.

5.5.1.1 - Miscele di allettamento di paramenti e nuclei di strutture murarie

L'analisi statistica multivariata (PCA) condotta su dati desunti dalle analisi petrografiche effettuate su campioni di malte di allettamento di setti murari (tab. VI.33), prelevati da porzioni di fondazione o alzato delle strutture (tab. VI.31), ha permesso di distinguere i campioni in esame all'interno di 5 gruppi (fig. VI.73). Si può osservare come i gruppi riconosciuti siano composti da campioni prelevati da strutture che spesso afferiscono alla medesima fase edilizia. Si distinguono bene i campioni da strutture di I fase (Gr 1, 2, 3) da quelli di fase III (Gr 5).

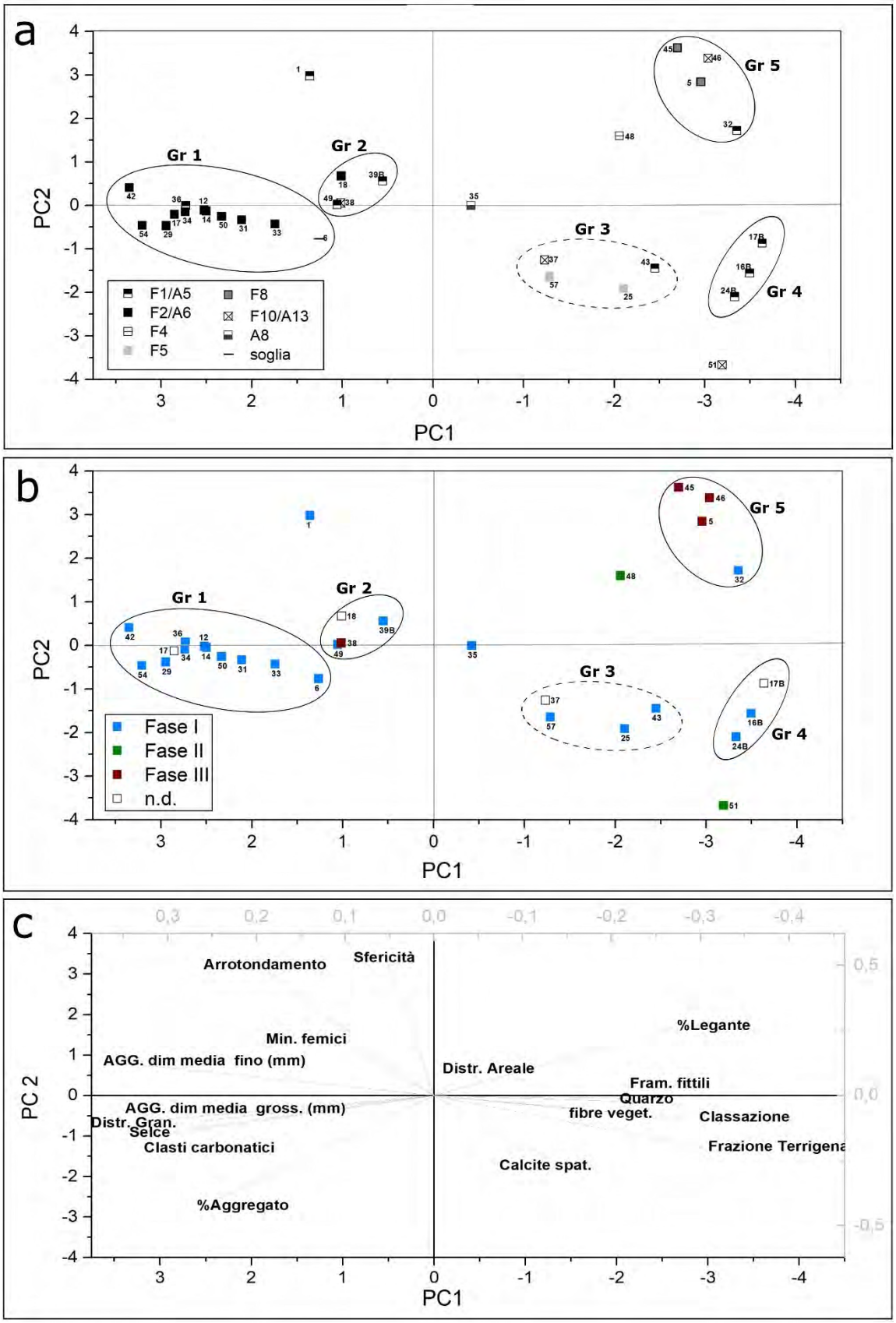


Fig. VI.73 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate sui campioni COS_WM in riferimento ad: a) tecniche edilizie delle strutture murarie di provenienza; b) fase edilizia; c) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 54% della varianza totale. I gruppi principali individuati in base a sample-clustering sono stati raggruppati da ellissi.

Campione	Spessore (mm)	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp.mineralogica	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante%	*Vughs v.*	*Vescicles v.*	*Planar v.*	*Channels v.*	Vuoti%	Agg. Dim max. (mm)	Agg. Dim min. (mm)	Agg. dim media gross. (mm)	Agg. dim media fino (mm)	Classazione	Distr. Gran.	Distr. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Orientazione	bordi di reazione	Clasti carbonatici	Selce	Quarzo	Calcite spatica/marmo	Arenaria	Frazione terrigena	Minerali femici	Feldspati	Clasti vulcanici	Gusci di molluschi	Frammenti fittili	Polvere fittile	Malte di riciclo	Mica	Hematite	carbone	Fibre Vegetali	Prod. di neoformazione
Descr. macroscopica			*Legante*							*Vuoti*													*Aggregato*																	*Additivi*		
CBF_WM_1	n.d.	10YR-8/2	5	MC	C	10	1/2,5	21	5	2		3	29	9,95	0,05	5,22	0,31	4	2	5	5	5	50	1	-	4	3	5	-	-	-	4	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_WM_5	n.d.	2.5Y-8/1	4	MC	C	25	1,5/1	50	4	-	-	2	15	9,56	0,05	0,57	0,22	5	1	5	5	4	35	1	-	5	2	3	-	2	2	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_WM_6	n.d.	2.5Y-8/2	5	MC	C	5	1/2,5	21	5	2	-	-	23	6,26	0,05	2,01	0,42	3	1	3	4	3	56	1	-	7	4	2	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_WM_12	n.d.		5	MC	C	2	1/2	30	3	3	-	-	13	7,1	0,05	6,6	0,38	4	2	3	4	4	57	1	-	7	4	2	-	2	1	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
CBF_WM_14	n.d.		5	MC	C	4	1/2	31	3	3	-	-	11	10,3	0,05	7,4	0,35	4	2	3	4	4	58	1	-	7	4	2	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-
CBF_WM_16B	n.d.	2.5Y-8/3	2	/	A/C	17,5	1/1	44	4	3	-	-	12	1,81	0,05	1,03	0,08	5	1	2	4	3	44	1	-	5	4	3	3	2	6	-	1	-	1	2	-	4	2	1	1	1	-
CBF_WM_17	n.d.		4	MC	C	5	1/3	26	3	2	-	4	13	11,3	0,05	5,3	0,37	4	2	3	4	4	61	1	-	8	4	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
CBF_WM_17B	n.d.	2.5Y-8/2	2	MC	A/C	30	2/1	45	4	3	-	5	15	3,73	0,05	1,18	0,09	5	1	3	3	3	40	1	-	4	3	3	-	1	5	-	1	-	-	-	-	2	1	-	2	-	-
CBF_WM_18	n.d.		3	MC	C	5	1/1,5	34	3	4	-	1	18	4,2	0,05	2,55	0,43	3	1	5	4	4	48	1	-	6	5	2	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	1	4	-	-
CBF_WM_24B	n.d.	2.5Y-6/4	4	/	A	0	1/1	44	4	-	-	4	13	4,73	0,05	1,09	0,12	6	1	2	3	3	43	1	-	4	3	3	-	-	8	-	1	-	-	1	-	-	3	1	-	-	-	-
CBF_WM_25	n.d.	2.5Y-8/3	2	/	C	20	1/3	19	4	-	-	5	17	1,48	0,05	0,39	0,07	6	1	4	4	3	64	1	-	7	3	5	-	-	4	-	-	-	1	1	-	-	-	1	1	3	2	-
CBF_WM_29	n.d.	2.5Y-8/1	4	MC	C	7,5	1/4	18	4	4	-	3	22	4,9	0,05	4,1	0,43	4	2	3	4	4	60	1	-	8	5	3	-	1	1	-	-	-	1	1	-	-	-	1	1	-	-	-
CBF_WM_31	n.d.	2.5Y-8/1	4	MC	C	2	1/1,5	31	4	-	3	-	11	20	0,05	4,76	0,32	3	2	3	4	4	60	1	-	8	4	4	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-
CBF_WM_32	n.d.	2.5Y-7/2	4	MC	C	45	1,5/1	53	3	4	-	-	11	1,88	0,05	1	0,3	5	1	5	4	3	36	1	-	5	2	3	-	1	2	-	1	-	-	2	-	-	-	1	1	-	-	-
CBF_WM_33	n.d.	2.5Y-8/3	4	MC	C	2	1/2	30	4	3	-	-	9	12,3	0,05	5,7	0,34	3	2	3	4	4	61	1	-	8	3	4	-	-	2	-	1	-	-	2	-	-	-	1	1	-	-	-
CBF_WM_34	n.d.	2.5Y-8/2	5	MC	C	2	1/3	17	5	-	-	5	28	10,63	0,05	6,8	0,36	3	2	3	4	4	55	1	-	7	3	2	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-
CBF_WM_35	n.d.	2.5Y-8/2	4	MC	C	25	1/2,5	20	5	4	-	3	31	1,68	0,05	1,23	0,2	3	1	3	4	4	49	1	-	7	4	3	1	1	2	-	-	-	1	1	-	1	1	-	2	-	-	-
CBF_WM_36	n.d.	2.5Y-8/2	4	MC	C	12	1/2	31	3	3	-	-	11	10,6	0,05	6,8	0,36	3	2	4	4	3	57	1	-	7	5	2	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-
CBF_WM_37	n.d.	2.5Y-8/4	2	MC	C	7,5	1/2	26	5	3	1	3	20	4,5	0,05	1,67	0,1	4	1	2	4	3	54	1	-	6	3	3	-	2	4	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	2	-	-
CBF_WM_38	n.d.	2.5Y-8/4	4	MC	C	10	1/2	28	4	3	-	3	15	10,46	0,05	2,02	0,4	3	1	4	4	4	57	1	-	7	4	2	1	-	1	-	1	1	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-
CBF_WM_39B	n.d.	2.5Y-8/3	3	MC	C	10	1/2	25	4	3	2	3	32	7,47	0,05	1,59	0,38	3	1	4	4	4	43	1	-	6	4	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-
CBF_WM_42	n.d.		4	MC	C	7,5	1/2,5	23	5	-	-	3	13	13,5	0,05	6,2	0,34	2	2	3	4	4	61	1	-	8	4	3	-	3	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_WM_43	n.d.		4	MC	C	12	1/1,5	32	5	-	-	-	12	0,11	0,05	0,12	0,08	6	1	6	4	3	56	1	-	6	3	5	1	1	2	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	-	-	-
CBF_WM_45	n.d.		4	MC	C	30	1,5/1	52	4	-	-	-	10	0,22	0,05	0,5	0,23	4	1	4	5	5	38	1	-	5	2	4	-	1	2	-	-	-	1	2	-	-	-	-	1	-	-	-
CBF_WM_46	n.d.		3	MC	C	22,5	2/1	47	4	4	-	1	28	0,26	0,05	0,52	0,16	5	1	1	5	5	25	1	-	5	2	3	-	1	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-
CBF_WM_48	n.d.		3	MC	C	30	1/1	41	5	4	-	-	2-	3,3	0,05	2,38	0,15	2	1	2	4	4	39	1	-	5	3	4	-	-	2	-	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	3
CBF_WM_49	n.d.		4	MC	C	2	1/2	28	4	-	-	-	14	2,1	0,05	1,78	0,28	4	1	5	4	4	58	1	-	7	4	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-
CBF_WM_50	n.d.		4	MC	C	7,5	1/2	28	3	-	-	3	12	5,3	0,05	4,7	0,33	3	2	3	4	4	60	1	-	8	4	2	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-
CBF_WM_51	n.d.		4	MC	C	10	1/2	31	3	-	-	1	8	6,5	0,05	4,8	0,11	5	2	4	3	2	61	1	-	4	1	5	2	-	3	-	1	-	-	6	1	-	1	-	-	1	-	-
CBF_WM_54	n.d.		4	MC	C	5	1/2,5	25	2	-	1	-	5	27,5	0,05	5,2	0,3	2	2	3	4	4	68	1	-	7	5	2	-	1	1	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
CBF_WM_57	n.d.		4	MC	C	2	1/2,5	28	2	-	-	-	10	0,33	0,05	0,32	0,17	6	1	6	4	3	62	1	-	7	3	5	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	2	-	-

Tab. VI.33 - Tabella riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di miscele leganti prelevati da strutture murarie dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite.

I campioni afferenti a limitati restauri di fase II sono inoltre chiaramente distinti da tutti quelli di fase precedente e successiva ma non sono tra loro associati. In misura minore la clusterizzazione appare associare campioni prelevati da strutture di una medesima tecnica. Rappresentativi in tal senso sono i campioni del Gr 1 (strutture di tipo F2/A6) e Gr 4 (fondazioni di strutture di tipo F1/A5).

Vengono di seguito descritte le caratteristiche petrografiche dei campioni all'interno dei gruppi/sottogruppi individuati.

Gruppo 1 - campioni CBF_WM_6*,12, 14, 17, 29, 31, 33, 34, 36, 42*, 54

Il gruppo 1 riunisce chiaramente campioni provenienti da setti murari in conci di calcare realizzati con tecnica F2/A6. Macroscopicamente i campioni di questo gruppo presentano un aspetto conglomeratico e appaiono di consistenza mediamente tenace (fig. VI.72, a). Sotto il profilo microscopico, il legante si presenta carbonatico, a tessitura omogenea, miscelato con l'aggregato in rapporti variabili ma mediamente compresi tra 1:2 e 1:3[591], come pure la porosità appare sensibilmente variabile (10-25% vol. ca). Di contro l'occorrenza di grumi di legante non miscelato è piuttosto ridotta (2-7,5% ca). Ciò che caratterizza i campioni di questo gruppo è la classazione nettamente bimodale dell'aggregato rappresentato prevalentemente da sabbia media e ghiaia medio/fina ben distribuite nei composti. L'elevato tasso di arrotondamento e di sfericità dimostra l'approvvigionamento di sabbie e ghiaie da depositi di origine fluviale. Petrograficamente, l'aggregato (55-65% in vol. ca) è composto da prevalenti clasti carbonatici con secondaria occorrenza di selce (fig. VI.74, a). Clasti di arenaria e cristalli di quarzo sono presenti in misura nettamente minoritaria. In traccia si evidenzia la presenza di feldspati, miche e fillosilicati. Si distinguono leggermente i soli campioni CBF_WM_42, per l'occorrenza non irrilevante di pirosseni e clinopirosseni tra la frazione d'aggregato, e CBF_WM_6 per la distribuzione granulometrica non così chiaramente bimodale data dall'assenza della frazione ghiaiosa, tale da avvicinarlo sensibilmente ai campioni del Gr 2. Quest'ultimo si caratterizza inoltre per il chiaro impiego di legante derivato da cottura di dolomie, come chiaramente apprezzabile dalla conformazione romboedrica di alcuni cristalli di un relitto di dolomia non completamente calcinato (fig. VI.75, a)[592].

Gruppo 2 - campioni 18, 38, 39B, 49

Macroscopicamente i campioni del Gr 2 presentano un aspetto arenaceo con sporadica occorrenza di ghiaia e un colore di massa grigio-bruno (10YR 8/2). Sotto l'aspetto microscopico, il Gr 2 si caratterizza per la discreta classazione dell'aggregato, composto prevalentemente da sabbia media (⌀ 350-400 μm in media) a distribuzione non perfettamente omogenea nelle miscele. La porosità è piuttosto elevata 20-30% vol. ca. con compresenza di vuoti di tipo *planar/channels* e *vughs*. Il legante è carbonatico (30% vol. ca), micritico, a tessitura omogenea con occorrenza ridotta di grumi (2-10% vol. ca). Petrograficamente, l'aggregato (50-60% del vol. ca) è rappresentato da prevalente sabbia carbonatica mista a secondaria selce e quarzo, con minore occorrenza di arenaria e miche. Seppur la classazione non sia ottimale, l'elevato tasso di arrotondamento e di sfericità ne dimostra la pertinenza depositi di origine fluviale. Nel complesso il rapporto L/A è poco variabile e in genere compreso in rapporti di 1:2. Non si evidenzia la presenza di additivi se non nel campione CBF_WM_18, caratterizzato da evidenti tracce in negativo di fibre di origine vegetale aggiunte al composto (VI.75, c).

Gruppo 3 - campioni CBF_WM_25, 37, 43*, 57

I campioni del Gr 3 non sono particolarmente clusterizzati e presentano differenze anche sensibili al loro interno. Macroscopicamente presentano un aspetto arenaceo fine (fig. VI.72, b)

[591] L'elevata variabilità del rapporto L/A dipende in massima misura da fattori di campionamento e di rappresentatività del campione nella sezione sottile. L'occorrenza o meno di abbondante componente ghiaiosa appare infatti influenzare sensibilmente questo dato.

[592] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2014, pp. 50 e 64.

e un colore di massa giallastro (2.5Y 8/6). Sotto l'aspetto microscopico, si caratterizzano aggregato molto classato, composto da esclusiva sabbia fina (⌀ < 0,10 mm in media) omogeneamente distribuita nelle miscele (fig. VI.74, b). Il legante è carbonatico (35-40% vol. ca), mentre la presenza di grumi è variabile (2-20% vol. ca), in una malta leggermente grassa (L/A 1:1 o 1:1.5). La porosità è del 15% vol. ca con diffusi pori di tipo *vughs* che rendono il composto mediamente friabile. Petrograficamente, l'aggregato (45% del vol. ca) è rappresentato da prevalente sabbia carbonatica con presenza di selce e, soprattutto, quarzo. Una frazione del tutto minoritaria è rappresentata da arenarie e miche. L'elevata classazione suggerisce l'ipotesi della setacciatura e rimozione della frazione grossolana di un aggregato sabbioso afferente a depositi fluviali. Vi è occorrenza di frazione fine di origine terrigena in tutti i campioni distribuita in grumi. Nel complesso il rapporto L/A è altamente variabile (1:1.5 - 1:3).

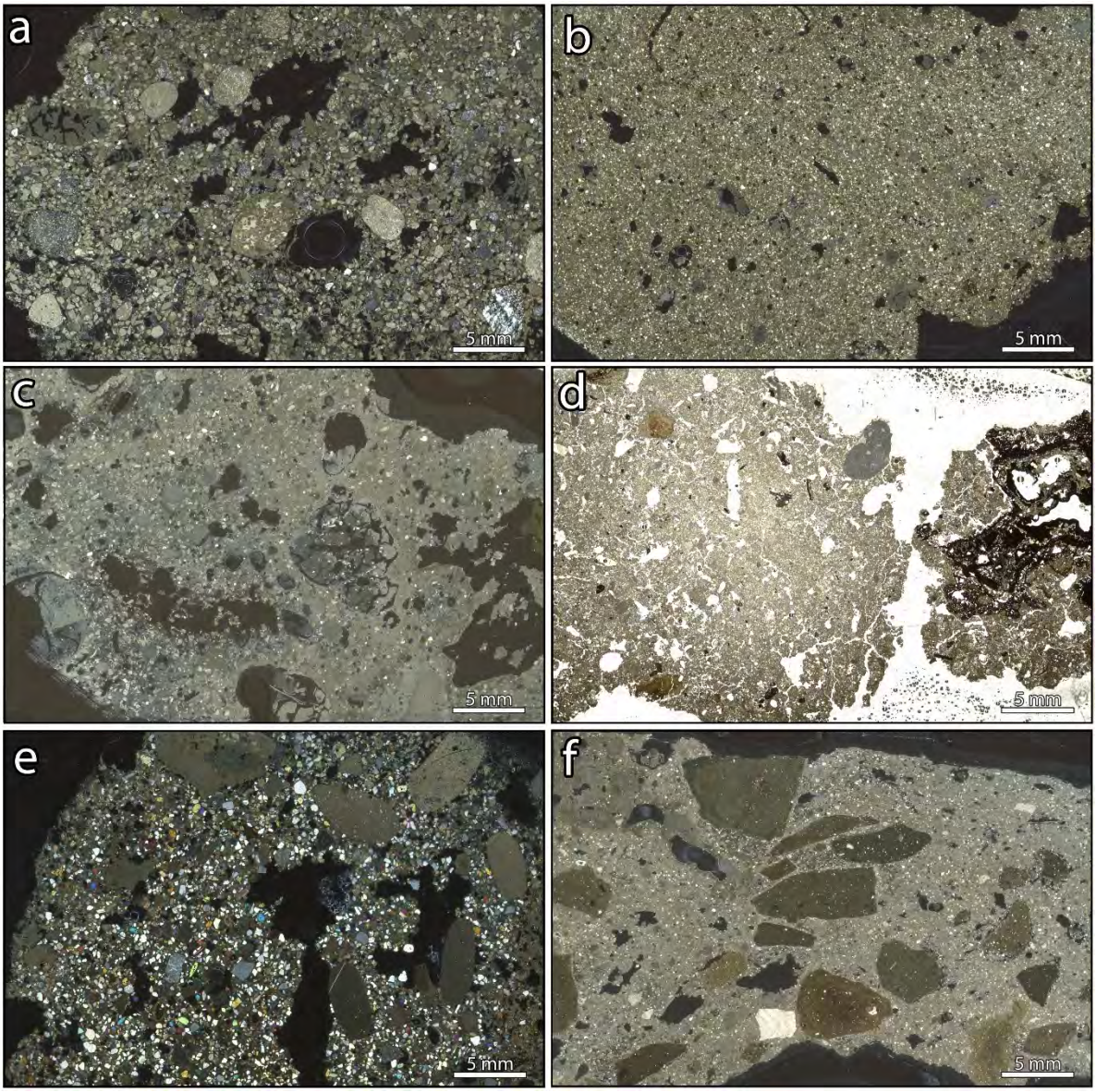


Fig. VI.74 – Acquisizioni in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM-TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN); a) CBF_WM_29 (XN); b) CBF_WM_43 (XN); c) CBF_WM_46 (XN); d) CBF_WM_24B (PN); e) CBF_WM_1 (XN); f) CBF_WM_51 (XN).

Gruppo 4 - campioni CBF_WM_16B, 24B, 17B

Macroscopicamente, le malte del gruppo 4 si presentano piuttosto friabili ed hanno colore di massa bruno. Sotto il profilo microscopico il legante risulta costituito dalla miscelazione di

una componente carbonatica a tessitura micritica con una secondaria componente fine di origine terrigena particolarmente fina (argilla), in rapporti difficilmente valutabili ma stimati attorno ad 1:1 nei campioni CBF_WM_17B e 16B (fig. VI.75, d). La frazione legante appare invece eminentemente terrigena nel campione 24B che può essere definito appieno quale malta di terra (fig. VI.74, d)[593]. La porosità appare mediamente diffusa, con prevalenti vuoti di tipo *channels/planar* derivati dal ritiro in fase di presa. L'occorrenza di grumi di legante carbonatico è variabile ed elevata soprattutto nel campione CBF_WM_17B (30% vol. ca). La distribuzione areale dell'aggregato non è omogenea, e si possono osservare frequenti zonature con prevalenza terrigena e aree a dominante legante carbonatico. Difficile è inoltre valutare se la frazione d'aggregato sia stata intenzionalmente aggiunta o non rappresenti piuttosto una componente più grossolana della frazione terrigena. Si osserva una dominante aliquota di sabbia, con secondaria occorrenza di selce, quarzo e microliti di arenaria. Alcuni frammenti fittili sono presenti in particolare nel campione CBF_WM_16B. Miche e feldspati sono presenti in traccia. Taluni campioni presentano tracce in negativo di elementi vegetali, probabilmente parte integrante del deposito terrigeno impiegato per la produzione degli impasti.

Gruppo 5 - campioni CBF_WM_5, 32*, 45, 46

Macroscopicamente i campioni di questo gruppo presentano un colore bianco vivo, un aspetto arenaceo e sono caratterizzati da una discreta friabilità (fig. VI.72, c). In seguito ad indagine microscopica si osserva innanzitutto abbondante componente legante che appare carbonatico, micritico, a tessitura omogenea e miscelata ad aggregato in rapporti L/A di 1.5:1 o superiori che sono tipici di miscele grasse (fig. VI.74, c). L'abbondanza di frazione legante determina anche la presenza di diversi grumi di legante non miscelato (25-30% vol. ca) chiaramente osservati nelle matrici. La porosità, attestata soprattutto da vuoti di tipo *vughs,* è discreta (10-15% vol. ca) ed elevata nel solo campione CBF_WM_46 (25%). L'aggregato, rappresentato esclusivamente da sabbia medio-fina (⌀ 150-250 μm) si presenta altamente classato e ben distribuito nelle matrici. La conformazione arrotondata e sub-sferica ne conferma la diretta dipendenza da depositi sabbiosi di origine fluviale. Sotto il profilo petrografico si osserva la netta prevalenza della frazione carbonatica, con secondaria componente silicatica quarzosa e nettamente minoritaria occorrenza di selci. Alcuni frammenti fittili sono presenti in particolar modo nei campioni CBF_WM_5 e 45. In traccia è stata rilevata occorrenza di miche ed arenarie quarzose. Una discreta componente di origine terrigena è presente, sotto forma di grumi sub-millimetrici di forma sub-circolari nei campioni del Gr 5. Tracce in negativo di elementi di origine vegetale sono state osservate in particolar modo in relazione al campione CBF_WM_45.

Campioni non associati

CBF_WM_1. Il campione presenta un aspetto arenaceo, con occorrenza di ghiaia fina subarrotondata e una buona consistenza. Sotto il profilo microscopico presenta un legante micritico, carbonatico, a tessitura omogenea. Sporadici sono i grumi di calce non miscelata. La porosità è piuttosto ridotta con prevalente vuoti di tipo *vughs*. L'aggregato è rappresentato prevalentemente da sabbia media, con occorrenza di clasti di ghiaia poco sferici ma molto arrotondati (fig. VI.74, e). Il rapporto L/A è stato stimato a 1:1. Ciò che distingue nettamente questo campione da tutti gli altri in esame sono le caratteristiche petrografico-mineralogiche dell'aggregato sabbioso. Oltre ad una prevalente componente carbonatica e a frazione secondaria silicatica (quarzo e selce) una terza componente è rappresentata da minerali femici (pirosseni, tra cui si riconoscono minerali di olivina e augite) con notevole occorrenza di clasti vulcanici a tessitura trachitica con microliti feldspatici (bytownite) e k-feldspati (sanidino) (fig. VI.75, b).

[593] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 50.

Petrograficamente, l'aggregato si caratterizza per prevalenza di sabbia media carbonatica, con secondaria frazione silicatica, nel complesso omogeneamente distribuita nel campione. La componente fine di origine terrigena è presente in aliquota ridotta.

CBF_WM_32. Il campione è caratterizzato per l'estrema abbondanza di grumi di calce sferoidali e di dimensione sub-millimetrica omogeneamente distribuiti in una miscela che appare pertanto piuttosto grassa con rapporto L/A di 1.5:1.

CBF_WM_35. Il campione in questione non sia associa strettamente ad alcuno dei gruppi sopra delineati ma si pone ad uno stadio intermedio tra Gr 2 e Gr 3. Ciò che caratterizza questo campione è la presenza di diffusi grumi di legante non miscelato (25% vol. ca) e l'elevata porosità (30% vol ca), rappresentata soprattutto da vuoti di tipo vughs. Nel complesso la miscela presenta un rapporto L/A di 1:2.5 tipico di miscele magre.

CBF_WM_48. Il campione si presentava già macroscopicamente particolarmente friabile. Sotto il profilo microscopico presenta un legante poco omogeneamente miscelato nel campione. La distribuzione areale non è infatti ottimale mentre la classazione dell'aggregato appare ridotta. Grumi millimetrici sono abbondantemente presenti nel campione (30% vol. ca). Anche la porosità appare elevata (20% vol. ca). l'aggregato è rappresentato prevalentemente da sabbia fina/molto fina (⌀ 150 μm), prevalentemente carbonatica con sostenuta occorrenza di quarzo. Diffusa è la presenza di una componente fine di origine terrigena sparsa nel composto.

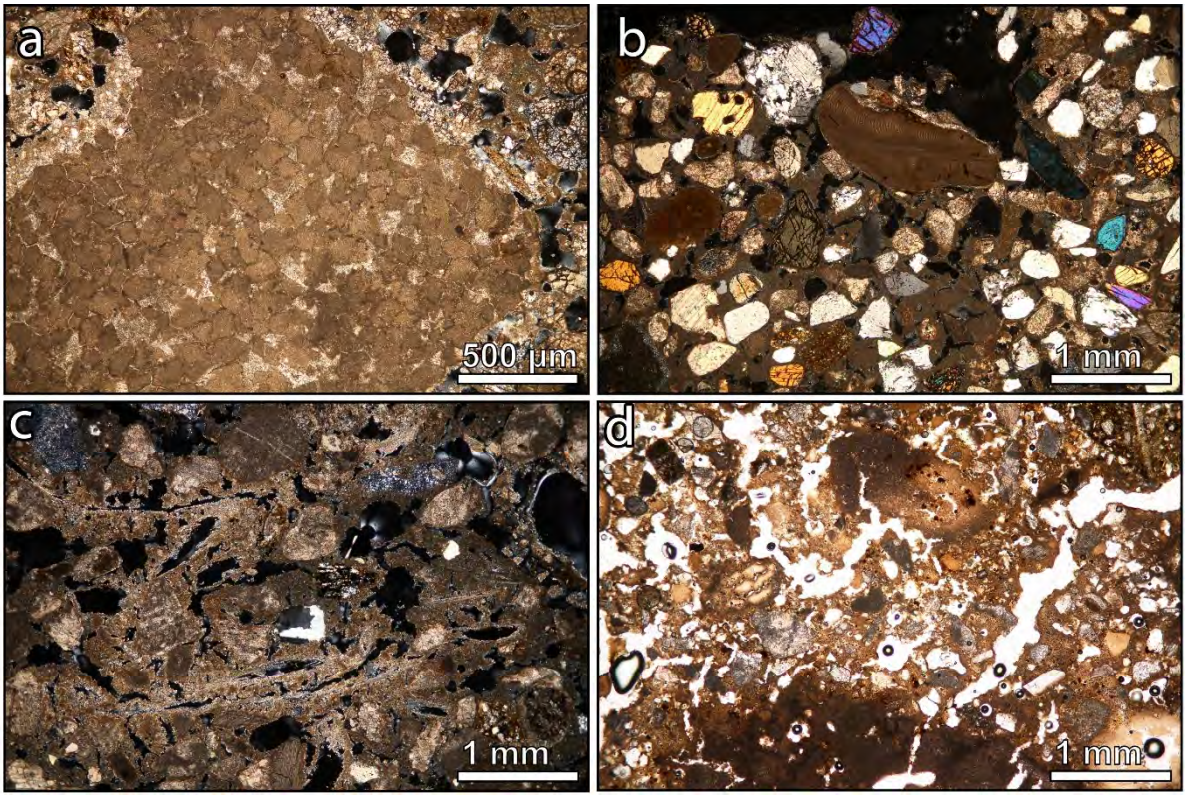


Fig. VI.75 – Acquisizioni di dettaglio in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM-TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN). a) CBF_WM_6 (XN). Si osservano un relitto di dolomia semi calcinata dai cristalli euedrali romboedrici di dolomite; b) CBF_WM_1 (XN); l'aggregato fino è rappresentato da prevalenti clasti carbonati con secondaria frazione silicatica (quarzo), minerali femici (augite, olivina), e clasti vulcanici con microliti feldspatici; c) COM_WM_18 (XN); tracce in negativo di additivo vegetale (paglia) diffusamente presenti nella matrice del campione; d) CBF_WM_17B (PN). La matrice del campione è formata da un legante carbonatico (calce) miscelato con frazione terrigena fine (argilla).

CBF_WM_51. Già macroscopicamente il campione si caratterizza per la sostenuta occorrenza di aggregato fittile tale da permetterne la definizione come cocciopesto[594]. Sotto il profilo microscopico si osserva abbondante frazione fittile sub-centimetrica (⌀ 4,5 mm ca), non omogeneamente distribuita nel campione (fig. VI.74, f). Secondariamente è presente sporadica polvere fittile e una componente sabbiosa fina rappresentata da aggregato prevalentemente silicatico (quarzo) con frazione carbonatica minoritaria e sporadici clasti euedrali di calcite spatica e marmo. Bordi di reazione sono evidenti attorno ai clasti fittili principali. La porosità è moderatamente diffusa con vuoti di tipo *vughs* (8% vol. ca) mentre grumi di legante non miscelato sono pressoché assenti.

5.5.1.2 - Miscele leganti a stesura orizzontale e messe in opera con funzione strutturale

I campioni di miscela legante impiegati con funzione di preparazione si distinguono già macroscopicamente rispetto all'elemento pavimentale di afferenza, come inoltre comprovato da analisi OM. Alcuni campioni si presentano divisi in più strati, che sono stati descritti singolarmente ed enumerati, dall'alto al basso, con un valore progressivo posto di seguito al numero di riferimento del campione (es. CBF_PREP_47.1, 47.2, 47.3). Attraverso l'analisi multivariata delle componenti principali (PCA), operata sui dati desunti da analisi in microscopia ottica (tab. VI.34), sono stati distinti alcuni gruppi che rappresentano adeguatamente i diversi livelli preparatori (fig. VI.76). Si osserva soprattutto per i pavimenti musivi come le miscele preparatorie si caratterizzino in base alla posizione ed alla funzione nel massello. La fase edilizia sembra essere un altro discrimine importante nelle modalità di clusterizzazione dei campioni (fig. VI.76, a).

Attraverso l'analisi di immagine è stato possibile descrivere in maniera più precisa determinate caratteristiche dei composti[595] andando così a raffinare ulteriormente i risultati di analisi già condotte sul medesimo dataset e precedentemente preliminarmente edite[596].

Vengono di seguito descritti i gruppi individuati in seguito ad analisi OM.

Gruppo 6 – campioni CBF_PREP_29.3, 42.3, 47.3, 44.3*, 59.3, 71

Per quanto riguarda l'aspetto macroscopico, i campioni del Gr 6 presentano un colore di massa giallo pallido (*yellow*, 10YR 8/6) e una coesione media; data l'elevata occorrenza di aggregato fittile centimetrico, possono essere appieno definiti come cocciopesti grossolani (fig. VI.72, g)[597]. Gran parte di questi campioni proviene dai livelli del massello preparatorio più profondo di pavimenti musivi. Tali miscele sono in genere allettate in stesure di spessore compreso tra 7,0 e 10,0 cm.

Dal punto di vista microscopico, presentano legante a struttura omogenea, tessitura microcristallina e composizione mineralogica carbonatica. La porosità è moderata (10-15% vol. ca, 21% vol. CBF_PREP_59.3) e rappresentata principalmente da vuoti allungati, del tipo *planar/channels*, esito di fenomeni di ritiro in fase di presa dei composti cementizi. Il rapporto L/A, difficilmente stimabile a causa dell'aspetto conglomeratico grossolano dei campioni, varia tra 1:2.5 e 1:3.5. i campioni con rapporto L/A < 1:3 si presentano particolarmente friabili. L'aggregato, che si attesta in percentuali comprese tra 55% e 70% del volume, si presenta minimamente classato con clasti di dimensioni massime comprese tra 15-20 mm e di dimensioni minime di circa 0,1 mm (fig. VI.77, a). La distribuzione granulometrica è unimodale, la sfericità bassa e l'angolosità elevata a dimostrazione della frammentazione meccanica dei clasti fittili. Non di rado sono presenti frammenti semilavorati e residui di taglio di tessere musive (fig. VI.72, e liv.

[594] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

[595] L'analisi d'immagine è stata fondamentale nella determinazione dei valori percentuali di legante (%legante), vuoti (%vuoti), grumi di legante, ed aggregato (%aggregato) nei campioni.

[596] SECCO *et alii* 2018; DILARIA *et alii* 2016. I campioni citati nelle pubblicazioni col codice "CBF_*n*", vanno intesti tutti con il nominativo esteso "COS_PREP_*n*". Col proseguire delle indagini si scavo negli ultimi anni presso il sito in questione, ai campioni già pubblicati ne sono stati aggiunti altri di seguito trattati.

[597] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

44.3; fig. VI.77, b)[598], abbondantemente reimpiegati negli impasti di alcuni campioni (CBF_PREP_29O.3, 42.3 e in particolar modo nello strato CBF_PREP_44.3). La componente più grossolana è eminentemente costituita da frammenti fittili. La frazione fina è costituita da aliquote minime di sabbia carbonatica e silicatica. Vi è occorrenza saltuaria di calcite spatica[599].

Gruppo 7 – campioni CBF_PREP_3.2, 3.3, 4.2, 9.2, 13.2, 29.2, 41.2, 42.2, 44.2, 47.2, 59.2

Le miscele del GR 6 si distinguono anche macroscopicamente da quelle del GR 5 per il colore di massa rosato (*reddish yellow*, 7.5YR 8/6) conferito dalla presenza di frammenti fittili di dimensione sub-centimetrica tali da rendere questi composti classificabili come cocciopesti[600]. Tali miscele sono in genere allettate in stesure di spessore compreso tra gli 0,7 e gli 1,5 cm e provengono principalmente da livelli preparatori intermedi dei masselli di pavimenti musivi.

Dal punto di vista microscopico, le miscele del Gr 7 presentano legante carbonatico con tessitura microcristallina. La porosità è moderata (5-15% vol. ca). Il rapporto L/A varia tra 1:1.5 e 1:1, in miscele perciò grasse. L'aggregato, che si attesta in percentuali comprese tra il 40% e il 55% del volume, si presenta piuttosto selezionato con distribuzione granulometrica unimodale. La frazione più grossolana è rappresentata da frammenti fittili da 3-4 mm a bassa sfericità e elevata angolosità. L'aggregato fine è composto da sabbia media, prevalentemente carbonatica, con granuli di quarzo e selce in aliquote contenute[601]. Un contenuta occorrenza di polvere fittile è stata osservata in gran parte dei campioni. Si distingue infine CBF_PREP_3.3 per l'occorrenza di sporadica calcite spatica.

Gruppo 7b – campioni CBF_PREP_12, 13.1, 23, 26

Il sottogruppo 7b associa campioni di cocciopesto che sotto il profilo macroscopico non appaiono differenziarsi particolarmente dalle miscele del Gr 7 e provengono esclusivamente da livelli preparatori di pavimenti in *opus sectile*. Ciò che caratterizza i campioni di questo sottogruppo è la maggior occorrenza di povere fittile rispetto alle miscele del Gr 7, in strati preparatori di spessore più consistente (7,9-9,0 cm).

Sotto il profilo mineralogico e petrografico la composizione della frazione legante e quella d'aggregato è del tutto affine a quella dei campioni del Gr 7, così come i rapporti L/A (1:1 – 1:1.5)[602].

Gruppo 8a - Campioni CBF_PREP_4.1, 16.1, 42.1, 44.1, 42.2, 9.1, 29.1, 59.1

Il gruppo 8a riunisce strati di allettamento di tessere di pavimenti musivi. Macroscopicamente tali sottili allettamenti presentano uno spessore sempre inferiore a 0,5 cm, ed un colore di massa bianco vivo. Sotto il profilo microscopico si presentano come malte grasse composte esclusivamente da un legante carbonatico micritico a cui è stata aggiunta una componente d'aggregato rappresentato da sporadica calcite spatica (5-25% vol. ca) non omogeneamente distribuita (fig. VI.77, e), a cui si aggiungono sporadici clasti carbonatici e silicatici.

Gruppo 8b – campioni CBF_PREP_2.1, 5.1, 6.1, 19.1

Il gruppo riunisce strati di allettamento di tessere di pavimenti musivi. Macroscopicamente tali sottili allettamenti presentano un colore di massa bianco vivo (fig. VI.72, f, liv. 5.1). Sotto il profilo microscopico si presentano come delle malte grasse composte esclusivamente da un legante carbonatico micritico caricato di una minima frazione d'aggregato rappresentato da clasti carbonatici e silicatici. In traccia sono frammenti di marmo o calcite spatica.

---

[598] I litotipi sono in afferenti a litologie carbonatiche. Nel campione CBF_PREP_44.3 tutti i litotipi degli scarti di lavorazione delle tessere sono omogenei e risultano essere calcari di tipo packstone con abbondanti bioclasti (rudiste), echinodermi e foraminiferi bentonici e agglutinanti e alghe verdi (fig. VI.77, f). Tale litologia è afferente all'area del Carso triestino, bacino di Aurisina (cfr. BONETTO, MAZZOLI, PREVIATO 2015, pp. 565-586).

[599] I campioni del Gr 6 rientrano nel gruppo CBF_A, definito in SECCO *et alii* 2018 e DILARIA *et alii* 2016.

[600] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

[601] I campioni del Gr 7 rientrano nel gruppo CBF_A, definito in SECCO *et alii* 2018 e DILARIA *et alii* 2016.

[602] I campioni del Gr 7b rientrano, in buona misura, nel gruppo CBF_C, definito in SECCO *et alii* 2018 e DILARIA *et alii* 2016.

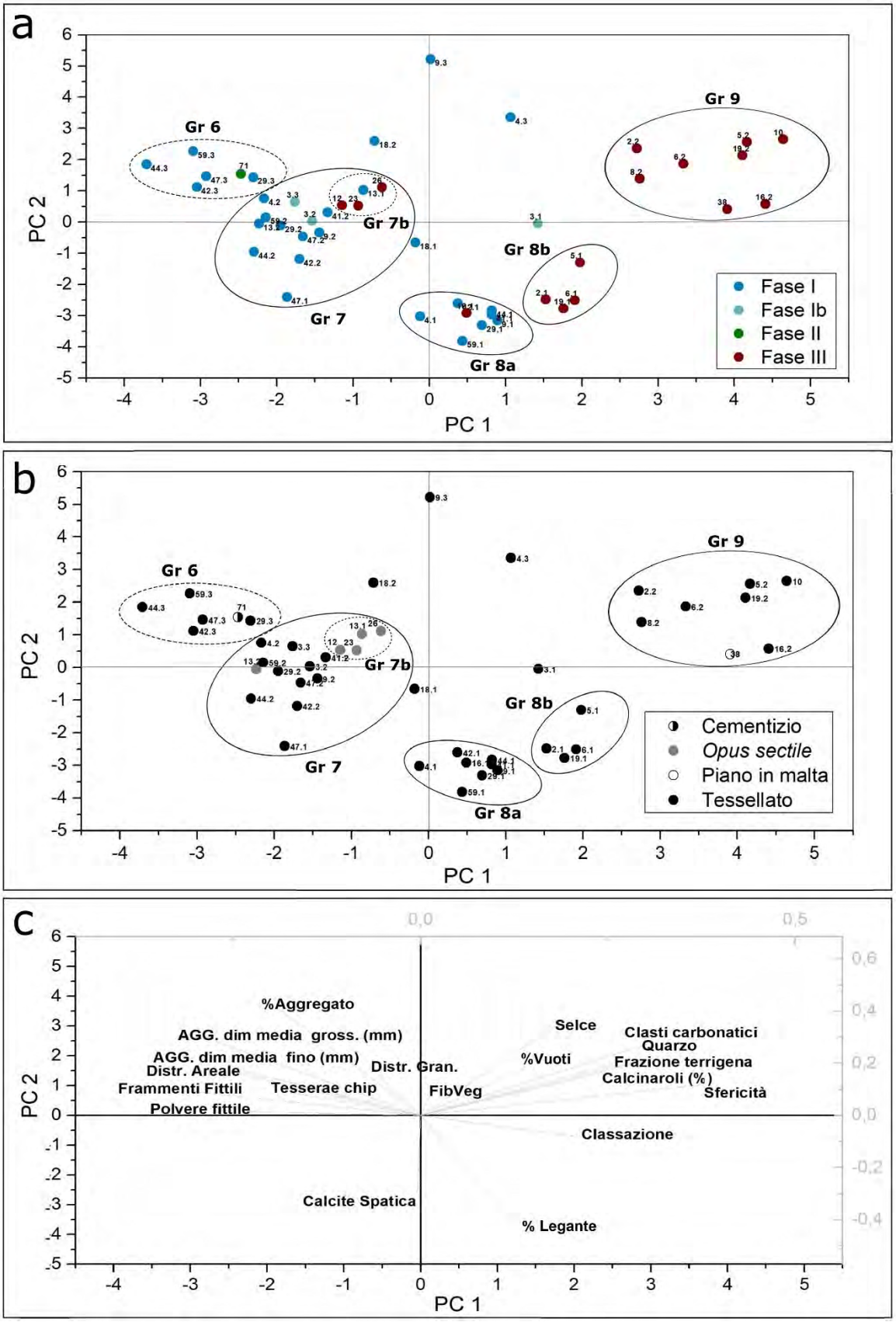


Fig. VI.76 – Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate sui campioni COS_PREP in riferimento ad: a) tecniche edilizie delle strutture murarie di provenienza; b) fase edilizia; c) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 56% della varianza totale. I gruppi principali individuati in base a sample-clustering sono stati raggruppati da ellissi.

Campione	Livello	Spessore (mm)	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp.mineralogica	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante%	*Vughs v.*	*Vescicles v.*	*Planar v.*	*Channels v.*	Vuoti%	Agg. Dim max. (mm)	Agg. Dim min. (mm)	Agg. dim media gross. (mm)	Agg. dim media fino (mm)	Classazione	Distr. Gran.	Distr. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Orientazione	bordi di reazione	Clasti carbonatici	Residui di taglio di tessere	Selce	Quarzo	Calcite spatica/marmo	Arenaria	Frazione terrigena	Minerali femici	Feldspati	Clasti vulcanici	Gusci di molluschi	Frammenti fittili	Polvere fittile	Malte di riciclo	Mica	Hematite	carbone	Fibre Vegetali	Prod. di neoformazione
		Descr. macroscopica				*Legante*						*Vuoti*									*Aggregato*																						*Additivi*		
CBF_PREP_2	2.1	4,0	n.d.	2	3	1	2	n.d.	87	2	-	-	6	0,72	0,05	0,53	0,29	3	1	2	4	4	7	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.2	40,0	n.d.	2	3	1	15	1:1.5	38	-	2	3	-	2,37	0,05	0,87	0,34	4	1	4	4	3	53	-	-	7	-	3	2	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
CBF_PREP_3	3.1	1,0	n.d.	2	3	1	2	1:1.5	52	-	2	-	1	4,83	0,05	1,97	0,26	3	1	3	3	4	40	-	-	5	-	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.2	13,0	n.d.	2	3	1	10	1:1	45	-	2	-	1	5,39	0,05	3,46	0,33	4	1	4	2	2	51	-	-	1	-	1	1	1	-	-	-	1	-	7	3	-	1	-	-	-	-	-	-
	3.3	80,0	n.d.	2	3	1	5	1:1.5	38	-	2	4	-	18,89	0,05	7,49	0,35	2	2	3	1	1	52	-	-	1	4	1	1	3	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
CBF_PREP_5	5.1	10,0	n.d.	2	3	1	15	4:1	73	-	1	2	2	3,02	0,05	1,12	0,25	2	1	2	4	4	15	-	-	3	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.2	60,0	n.d.	2	1	1	45	1.5:1	39	3	4	-	-	12,01	0,05	4,89	0,28	3	1	1	4	4	31	-	-	4	-	2	2	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
CBF_PREP_4	4.1	2,0	n.d.	2	3	1	2	4:1	75	-	-	-	-	1,32	0,05	0,96	0,27	4	1	4	2	2	20	-	-	1	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	4.2	12,0	n.d.	2	3	1	5	1:1.5	40	-	-	2	2	7,4	0,05	3,65	0,52	3	1	4	2	2	53	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	1	7	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.3	65,0	n.d.	2	3	1	2	1:2	34	-	-	-	-	13,52	0,05	5,12	0,42	3	2	4	4	4	60	-	-	6	-	5	2	1	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_PREP_6	6.1	0,5	n.d.	2	3	1	2	n.d.	86	-	-	2	1	1,05	0,05	0,56	0,22	4	1	2	4	3	10	-	-	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6.2	45,0	n.d.	2	3	1	12,5	1:1.5	33	4	2	-	-	2,06	0,05	0,53	0,23	5	1	3	4	4	55	-	-	7	-	2	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_PREP_8	8.2	30,0	n.d.	2	2	1	20	1:1	38	4	3	-	1	1,05	0,05	0,51	0,31	4	1	3	4	4	46	-	-	6	-	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	9.1	1,0	n.d.	2	3	1	2	n.d.	82	-	-	2	2	2,01	0,05	1,2	0,3	4	1	2	2	1	10	-	-	1	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_PREP_9	9.2	10,0	n.d.	2	3	1	5	1:1	49	2	3	-	-	5	0,05	1,84	0,38	3	1	4	2	2	46	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	6	1	-	-	-	-	-	-	-
	9.3	60,0	n.d.	2	3	1	2	1:5	15	-	3	4	3	7	23,5	0,05	10,9	0,69	3	2	4	5	4	78	-	-	7	-	5	1	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_PREP_10	10	35,0	n.d.	2	2	1	12,5	1:2	29	4	4	-	1	20	0,61	0,05	0,36	0,18	5	1	3	5	4	51	-	-	6	-	2	4	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
CBF_PREP_12	12	40,0	n.d.	2	3	1	7,5	1:1.5	36	3	2	-	-	8	15,98	0,05	4,44	0,22	3	1	3	2	2	56	-	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	6	3	-	-	-	-	-	-	-
CBF_PREP_13	13.1	12,0	n.d.	2	3	1	15	1:1	45	2	2	-	-	7	9,61	0,05	2,74	0,3	4	2	4	2	1	48	-	-	3	-	2	1	1	-	-	-	1	-	5	4	-	-	-	-	-	-	-
	13.2	110,0	n.d.	2	3	1	7,5	1:1.5	38	2	2	-	-	5	5,56	0,05	2,87	0,25	5	2	5	1	1	57	-	-	1	-	-	1	3	-	-	-	1	-	-	6	4	-	1	-	-	-	-
CBF_PREP_16	16.1	6,0	n.d.	2	3	1	2	n.d.	73	-	-	2	1	7	1,65	0,05	0,97	0,18	3	1	3	2	1	20	-	-	1	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16.2	30,0	n.d.	2	3	1	30	1.5:1	55	2	2	2	1	11	0,9	0,05	0,69	0,13	6	1	2	4	5	34	-	-	5	-	2	2	-	1	2	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
CBF_PREP_18	18.1	15,0	n.d.	2	3	1	5	2.5:1	60	1	-	3	3	15	3,2	0,05	4,95	0,38	4	1	3	2	2	25	-	-	1	-	1	1	1	-	-	-	1	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
	18.2	40,0	n.d.	2	3	1	5	1:2.5	26	-	3	2	1	14	20	0,05	7,21	0,41	2	2	3	3	60	-	-	4	-	2	1	1	-	-	-	1	-	4	-	-	1	-	-	-	-	-	-
CBF_PREP_19	19.1	0,5	n.d.	2	3	1	0	n.d.	88	-	-	2	-	4	0,72	0,05	0,4	0,22	4	1	2	4	4	8	-	-	2	-	2	4	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19.2	25,0	n.d.	2	3	1	12,5	1:1.5	36	1	3	1	2	11	0,69	0,05	0,38	0,31	6	1	3	5	4	53	-	-	6	-	2	4	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
CBF_PREP_23	23	80,0	n.d.	2	3	1	7,5	1:1.5	37	2	-	3	2	13	12,5	0,05	4,8	0,17	4	2	3	2	2	50	-	1	1	-	1	1	-	1	-	1	-	-	-	5	4	-	1	-	-	-	-
CBF_PREP_26	26	70,0	n.d.	2	3	1	5	1:1.5	36	4	-	2	3	18	11,32	0,05	5,15	0,18	4	2	3	2	2	46	-	1	3	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	4	4	-	1	1	-	-	-
	29.1	1,0	n.d.	2	3	1	0	n.d.	80	-	-	2	2	5	1,02	0,05	0,4	0,33	4	1	2	3	3	15	-	-	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_PREP_29	29.2	14,0	n.d.	2	3	1	0	1:1	43	-	3	-	-	7	3,32	0,05	2,21	0,54	4	1	3	2	1	50	-	1	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	6	2	-	1	-	-	-	-
	29.3	76,0	n.d.	2	3	1	0	1:2	30	-	1	2	3	14	17,98	0,05	6,75	0,55	2	1	3	2	1	56	-	1	1	3	-	1	-	1	-	1	-	-	-	6	1	-	1	1	-	-	-
CBF_PREP_38	38	70,0	n.d.	2	1	1	35	3:1	57	4	3	2	2	25	7,59	0,05	0,98	0,22	2	1	1	4	3	18	-	-	2	-	1	1	1	-	4	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-
CBF_PREP_41	41.1	2,0	n.d.	2	3	1	0	3:1	68	2	2	-	3	14	2,01	0,05	0,72	0,25	4	1	2	2	2	18	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	41.2	25,0	n.d.	2	3	1	10	1:1	44	2	4	2	1	12	11,49	0,05	5	0,33	3	1	3	1	1	44	-	1	1	-	1	1	1	-	1	-	-	-	-	6	3	-	1	-	-	1	-

Tab. VI.34 - Tabella riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di miscele leganti prelevati da preparazioni pavimentali dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite (*continua*).

Campione	Livello	Spessore (mm)	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp.mineralogica	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante%	*Vughs v.*	*Vescicles v.*	*Planar v.*	*Channels v.*	Vuoti%	Agg. Dim max. (mm)	Agg. Dim min. (mm)	Agg. dim media gross. (mm)	Agg. dim media fino (mm)	Classazione	Distr. Gran.	Distr. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Orientazione	bordi di reazione	Clasti carbonatici	Residui di taglio di tessere	Selce	Quarzo	Calcite spatica/marmo	Arenaria	Frazione terrigena	Minerali femici	Feldspati	Clasti vulcanici	Gusci di molluschi	Frammenti fittili	Polvere fittile	Malte di riciclo	Mica	Hematite	carbone	Fibre Vegetali	Prod. di neoformazione
Descr. macroscopica					*Legante*									*Vuoti*										*Aggregato*													*Additivi*							
CBF_PREP_44	44.1	3,0	n.d.	2	3	1	2	3:1	70	-	3	2	-	11	1,43	0,05	0,98	0,3	4	1	2	2	1	19	-	-	1	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	44.2	12,0	n.d.	2	3	1	0	1.5:1	54	2	2	-	-	5	6,42	0,05	3,03	0,32	3	1	4	1	1	41	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-
	44.3	70,0	n.d.	2	3	1	10	1:3.5	20	-	-	3	3	10	18,12	0,05	10,86	0,6	3	1	3	1	1	70	-	1	-	7	-	-	-	-	-	-	1	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
CBF_PREP_47	47.1	1,0	n.d.	2	3	1	2	2.5:1	71	-	-	-	2	3	2,29	0,05	1,16	0,42	4	1	4	2	2	26	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	6	4	-	1	-	-	-	-
	47.2	20,0	n.d.	2	3	1	5	1:1.	46	1	3	-	-	4	7,49	0,05	4,23	0,25	3	1	3	1	1	50	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	6	2	-	1	-	-	-	-
	47.3	40,0	n.d.	2	3	1	5	1:3	23	2	3	-	1	9	18,79	0,05	9,21	0,5	1	1	3	2	1	68	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	8	1	-	-	-	-	-	-
CBF_PREP_42	42.1	8,0	n.d.	2	3	1	2	3:1	66	-	2	2	2	12	2,55	0,05	1,28	0,4	3	1	2	2	1	22	-	-	1	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	42.2	45,0	n.d.	2	3	1	5	1.5:1	54	-	3	-	-	5	3,44	0,05	1,04	0,27	4	1	4	1	1	41	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-
	42.3	53,0	n.d.	2	3	1	5	1:3	24	-	-	2	2	6	18,12	0,05	10,86	0,44	3	1	3	1	1	70	-	1	-	6	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_PREP_59	59.1	2,0	n.d.	2	0	0	5	n.d.	89	-	-	2	1	3	1,02	0,05	0,94	0,32	4	1	2	2	2	8	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	59.2	11,0	n.d.	2	0	0	2,5	1:1.	46	-	3	3	3	15	5,49	0,05	3,39	0,53	3	1	4	1	1	39	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	-	-	-
	59.3	92,0	n.d.	2	0	0	2,5	1:2.5	23	-	2	4	4	21	17,85	0,05	9,67	0,59	1	1	4	1	1	56	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	7	1	-	-	-	-	-
CBF_PREP_71	71	102,0	n.d.	2	0	0	5	1:2.5	25	2	3	-	2	14	12,56	0,05	7,51	0,33	2	1	4	1	1	61	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	8	1	-	-	-	-	-

Tab. VI.34 - Tabella riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di miscele leganti prelevati da preparazioni pavimentali dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite.

Campione	Spessore (mm)	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp.mineralogica	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante%	*Vughs v.*	*Vescicles v.*	*Planar v.*	*Channels v.*	Vuoti%	Agg. Dim max. (mm)	Agg. Dim min. (mm)	Agg. dim media gross. (mm)	Agg. dim media fino (mm)	Classazione	Distr. Gran.	Distr. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Orientazione	bordi di reazione	Clasti carbonatici	Selce	Quarzo	Calcite spatica/marmo	Arenaria	Frazione terrigena	Minerali femici	Feldspati	Clasti vulcanici	Gusci di molluschi	Frammenti fittili	Polvere fittile	Malte di riciclo	Mica	Carbone	Fibre Vegetali	Prod. di neoformazione
Descr. macroscopica					*Legante*								*Vuoti*										*Aggregato*													*Additivi*						
CBF_CM_4	n.d.	n.d.	3	MC	C	10	1:2.5	24	-	3	1	4	15	13,5	0,05	6,05	0,34	4	2	3	3	3	61	-	1	5	2	2	1	1	2	-	1	-	-	5	3	2	1	-	-	-	-
CBF_CM_5	n.d.	n.d.	3	MC	C	2	1:4.	17	-	3	-	2	11	12,2	0,05	5,12	0,24	5	2	4	3	4	72	-	6	2	2	-	1	1	-	1	-	-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_CM_6	n.d.	n.d.	3	MC	C	-	1:2.5	25	1	3	-	-	7	9,89	0,05	5,09	0,24	3	1	4	3	2	68	-	1	1	-	1	-	-	1	-	-	-	7	4	1	-	-	-	-	-	-	-

Tab. VI.35 - Tabella riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di miscele leganti prelevati da infrastrutture idrauliche dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite.

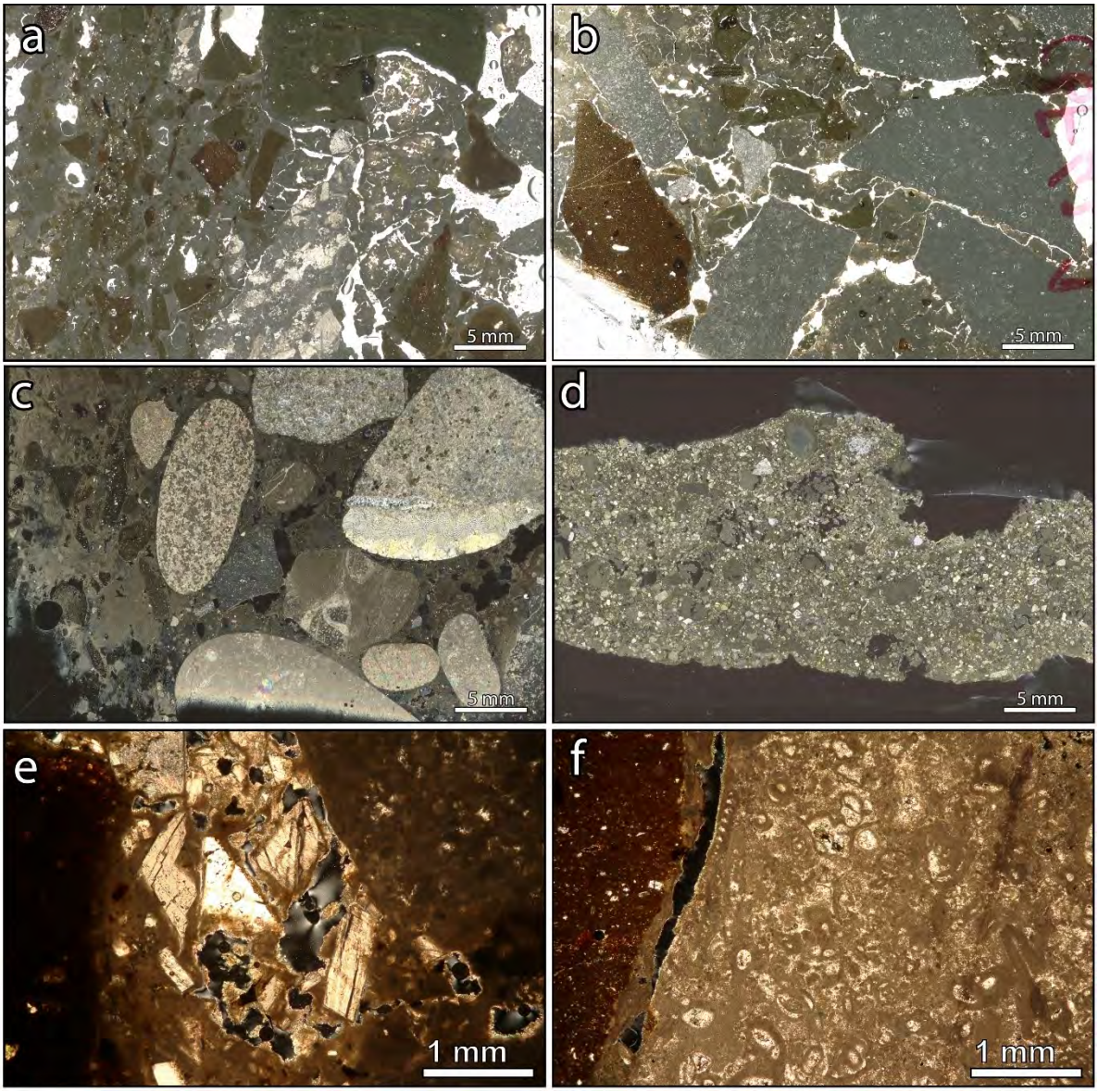


Fig. VI.77 – Acquisizioni immagini in microscopia ottica a luce polarizzata trasmessa. a) CBF_PREP_29 (PN); b) COS_PREP_44 (PN); CBF_PREP_9 (XN); d) CBF_PREP_2 (XN); CBF_PREP_47.1 (XN), dettaglio del livello di allettamento; CBF_PREP_44 (XN), dettaglio di uno scarto di tessera reimpiegata nel massello preparatorio.

Gruppo 9 – campioni CBF_PREP_2.2, 5.2, 6.2, 8.2, 10, 16.2, 19.2, 38

Il gruppo riunisce campioni che presentano aspetto arenaceo, colore grigiastro ad aggregato sabbioso e risultano pertanto classificabili come malte di calce (fig. VI.72, f, liv. 5.2)[603]. Nel complesso il ridotto tasso di clusterizzazione dei campioni di questo gruppo rivela un ridotto tasso di standardizzazione della miscela preparatoria. I composti presentano infatti una porosità variabile (5-25% vol. ca) così come sono variabili le percentuali di concentrazioni della frazione d'aggregato (30-55% vol. ca) e l'occorrenza di grumi di legante (15-45% vol ca). Elemento comune in tutti i campioni è l'elevato tasso di selezione dell'aggregato, rappresentato sempre da sabbia medio-fina, non perfettamente miscelata nei composti (fig. VI.77, d). Il grado di arrotondamento e sfericità della componente sabbiosa ne dimostra la pertinenza a depositi di origine fluviale. Sotto il profilo petrografico si presenta prevalentemente carbonatica, con secondaria

[603] Ginouvès, Martin 1985, p. 50.

occorrenza di quarzo e selce. Miche, arenarie e feldspati sono presenti in traccia. Una componente fine di origine terrigena è presente in misura contenuta in pressoché tutti i campioni[604].

Si distingue leggermente il campione CBF_PREP_38 per essere un composto particolarmente disomogeneo, che consiste in una malta di calce molto mal miscelata, con diffusa occorrenza di grumi di legante. Il contributo terrigeno nel campione è inoltre particolarmente elevato a dimostrazione di un non adeguato lavaggio dell'aggregato sabbioso prima della messa in opera.

Campioni non associati

CBF_PREP_4.3, 9.3, 18.2. Le miscele in questione, messe in opera in poderose stesure di circa 7,0-10,0 cm di spessore, si distinguono già macroscopicamente dalle altre qui discusse per l'impiego di aggregato rappresentato da ghiaia grossa o molto grossa (⌀ medio 11,0 mm). Nei campioni CBF_PREP_4.3 e 18.2 è presente inoltre una secondaria componente fittile grossolana. Solo il campione CBF_PREP_9.3 presenta aggregato ghiaioso ed è pertanto classificabile come calcestruzzo (fig. VI.72, d, liv. 9.3)[605]. Sotto il profilo microscopico il legante appare carbonatico, micritico a tessitura omogenea. La porosità è sempre ridotta (10-15 % vol. ca). Oltre alla frazione grossolana ghiaiosa o fittile è presente una secondaria frazione sabbiosa in composti a distribuzione granulometrica pertanto bimodale. L'elevato tasso di arrotondamento e sfericità dell'aggregato litico ne dimostra la provenienza da depositi di origine fluviale mentre la componente fittile – laddove presente – deriva dal recupero di elementi fittili da costruzione, meccanicamente frammentati. Dal punto di vista petrografico, la componente carbonatica dell'aggregato è prevalente, con secondaria frazione grossolana costituita da selci, calcari selciferi ed arenarie (fig. VI.77, c). Il quarzo è presente solo come sporadico aggregato fine. La componente fittile si presenta esclusivamente sotto forma di grossolani frammenti di dimensione centimetrica, mentre è totalmente assente la frazione fine sub-millimetrica.

5.5.1.3 - Miscele per infrastrutture idrauliche

I campioni pertinenti a miscele impiegate nella costruzione o come rivestimento di strutture idrauliche analizzati petrograficamente (tab. VI.35) sono state riuniti in un gruppo in quanto abbastanza omogenei sotto il profilo composizionale.

Gruppo 10 – CBF_CM_2, 3, 4, 5, 6

Tutti questi campioni si presentano abbastanza tenaci ed hanno un colore leggermente rosato (*pinkish white*, 5YR 8/2), probabilmente derivato dalla presenza di una discreta frazione fittile micrometrica nei composti e, pertanto, possono essere appieno definiti come cocciopesti[606]. Sotto il profilo microscopico presentano un legante micritico, carbonatico a tessitura omogenea. La porosità è moderata (10-15% vol. ca). L'aggregato è rappresentato da prevalente componente fittile di dimensione sub-centimetrica, altamente angolosa, additivata nei campioni CBF_CM_4, 5 e 6 con polvere di *terracotta* micrometrica. Una secondaria componente sabbiosa è aggiunta al composto, rappresentata prevalentemente da carbonati con occorrenza di frazione silicatica (quarzo e selce). I composti presentano una distribuzione areale dell'aggregato omogenea ed uniforme. Seppur tenaci, nei campioni in oggetto il rapporto L/A di 1:2.5 o addirittura maggiore è caratteristico di miscele magre. Bordi di reazione sono evidenti attorno ai clasti fittili. Soprattutto nei campioni CBF_CM_4 e 5 cristalli euedrali di calcite di neoformazione sono evidenti attorno alle porosità maggiori a dimostrazione di prolungata esposizione alla circolazione d'acqua (fig. VI.78, a-b).

[604] I campioni del Gr 9 rientrano, in buona misura, nel gruppo CBF_B, definito in SECCO *et alii* 2018 e DILARIA *et alii* 2016.

[605] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

[606] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

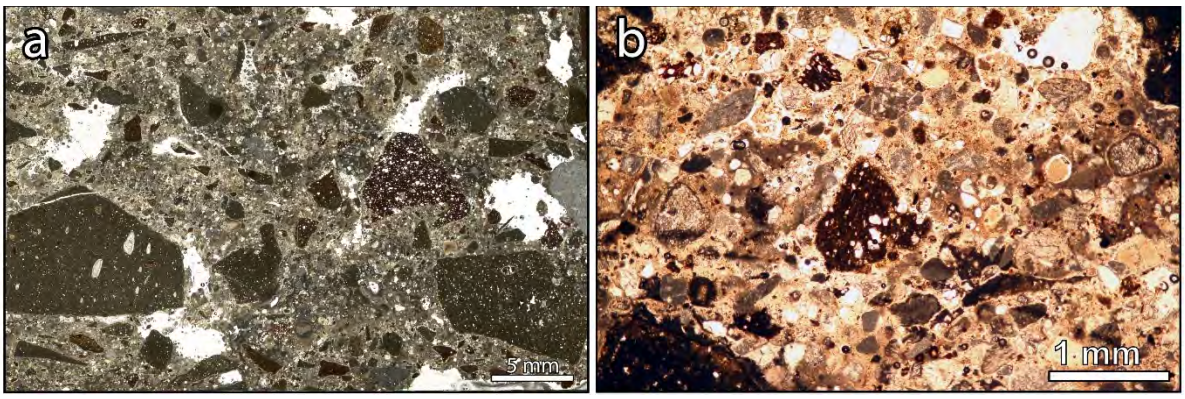


Fig. VI.78 – Acquisizioni immagini in microscopia ottica a luce polarizzata trasmessa. a) CBF_CM_5 (PN); b) CBF_CM_6 (PN). Dettaglio della moderata occorrenza di polvere fittile nel campione.

Campioni non associati

CBF_CM_1. Il campione è una malta di calce[607] friabile, di colorazione grigiastra stesa in uno strato di 4 mm che costituisce l'allettamento dei laterizi delle spallette della canaletta US 2260. Dal punto di vista microscopico il legante è carbonatico a tessitura. La porosità è elevata (13%) e rappresentata soprattutto da vuoti di tipo *vughs*. Il rapporto L/A è di 1:2. L'aggregato è classato e omogeneamente distribuito. Si costituisce soprattutto di sabbia fina carbonatica (dim. media 0,25 mm), con occorrenza di secondaria selce e quarzo. Una componente argillosa è presente in concentrazioni ridotte.

5.5.2 - *Analisi XRPD*

Le analisi mineralogiche sono state effettuate su una selezione di campioni rappresentativi dei diversi gruppi individuati in seguito ad indagine OM. I dati quantitativi mineralogici sono quindi stati sottoposti ad analisi statistica con metodo multivariato (PCA). In buona misura i risultati ottenuti sembrano confermare la distribuzione dei campioni precedentemente descritta, seppur siano state riscontrate delle anomalie che necessitano della adeguata argomentazione. Va comunque premesso come dai soli dati XRPD-*bulk* non sia possibile apprezzare tutta una serie di variabili, quali la tessitura dei campioni o l'attribuzione delle fasi mineralogiche alla componente legante piuttosto che a quella d'aggregato, che risultano altresì fondamentali per operare una completa descrizione dei campioni in esame.

Per una selezione di campioni di interesse, soprattutto afferenti a strutture idrauliche, sono state effettuate anche mirate indagini XRPD-*binder* per quantificare con maggior precisione l'occorrenza di possibili fasi idrate di stampo pozzolanico, qualora già individuate in seguito ad indagini XRPD-*bulk*.

Per una più chiara lettura dei dati vengono quindi di seguito presentati i campioni in base alle tipologie strutturali di provenienza (WM, PREP, CM).

5.5.2.1 – Miscele leganti di allettamento di paramenti e nuclei di strutture murarie

L'analisi PCA condotta sui dati mineralogici ottenuti in seguito ad indagine XRPD di campioni di malte di allettamento di paramenti e nuclei delle strutture murarie (tab. VI.36) ha permesso di porre in risalto quelle macro-differenziazioni già osservate tramite indagine petrografica (fig. VI.79).

[607] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 50.

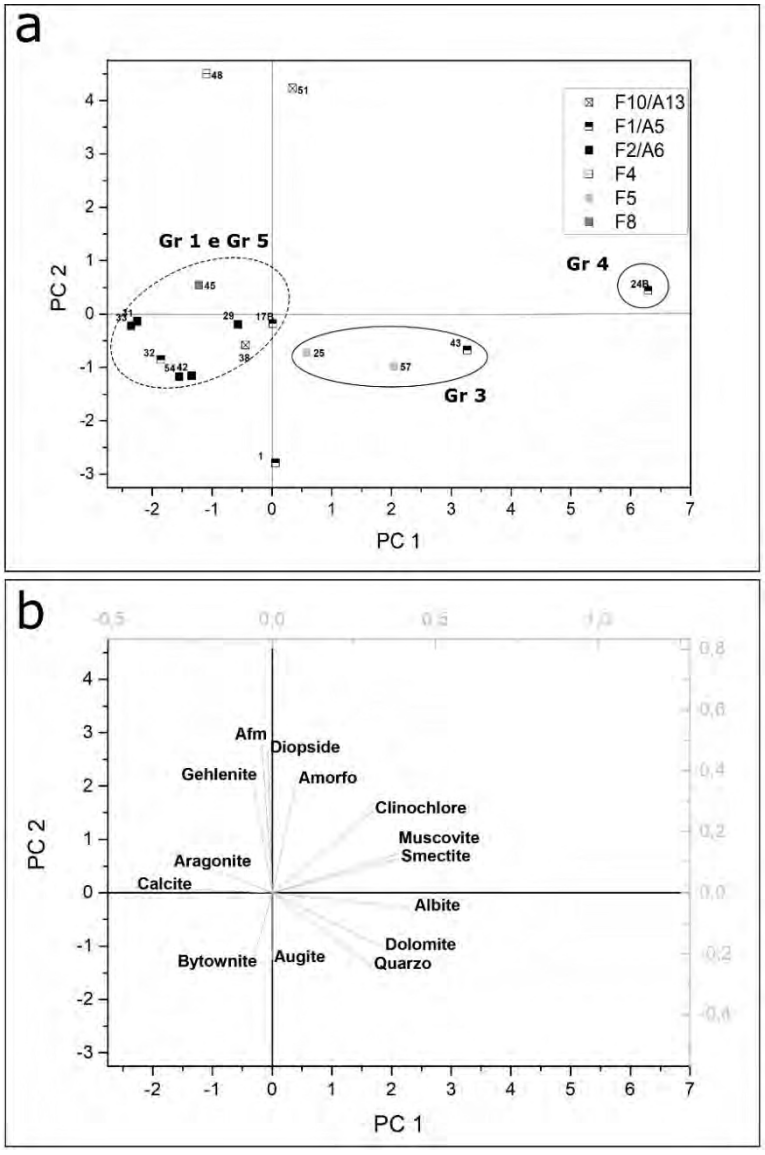


Fig. VI.79 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi XRPD-*bulk* condotte su una selezione di campioni CBF_WM, in riferimento ad: a) tecnica edilizia; b) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 rappresentative del 64% della varianza totale. I gruppi principali individuati in base a sample-clustering sono stati raggruppati da ellissi.

Il cluster principale riunisce campioni afferenti ai Gr 1, Gr 2 e Gr 5, mineralogicamente tra loro affini in quanto connotati da elevati tenori di calcite (circa 65-80% wt. ca). Tuttavia, come precedentemente sottolineato, se nei campioni del Gr 1 questa componente vada ascritta, in buona misura, alla natura mineralogica dell'aggregato ghiaioso, in particolar modo nei campioni del Gr 5 deve essere correlata, piuttosto, con la natura carbonatica della frazione legante. La dolomite appare altamente variabile nelle percentuali (3-11% wt. ca) e sembrerebbe quindi maggiormente riferibile alla frazione d'aggregato sabbio-ghiaioso[608]. L'occorrenza di quarzo, associabile sia a cristalli singoli che alla frazione selcifera, è piuttosto ridotta (5-15% wt. ca). Muscovite, ilmenite, Clorite (clorite) amorfo e, laddove presente, smectite, vanno riferiti alla frazione fine, prevalentemente di natura terrigena, sempre presente in buona parte dei campioni. Elevati tenori di amorfo sono stati osservati esclusivamente nei campioni CBF_WM_29. Ulteriori fasi secondarie, riferibili a componenti in traccia della frazione d'aggregato, sono aragonite e feldspati plagioclasi (< 2% wt.). Solo il CBF_WM_42 presenta fasi riferibili a pirosseni (aragonite) e k-feldspati (bytownite), riconducibili all'aggregato sabbioso alloctono, già osservato tramite indagini OM.

I campioni del Gr 3 si distinguono per gli elevati tenori di dolomite (da riferire in massima misura alla frazione d'aggregato[609]) e per frazione amorfa/terrigena contenuta. L'aggregato silicatico (quarzo) è piuttosto elevato (< 20% wt.), e va riferito alla diffusa frazione sabbiosa quarzosa come già evidenziato in seguito ad indagini OM.

Il campione CBF_WM_24B, del Gr 4, si distingue per la ridotta occorrenza di calcite (< 20% wt.) mentre gli elevati tenori di ilmenite, clorite, muscovite, amorfo e, in particolar modo, smectite (7,8% wt.) dimostrano la natura eminentemente terrigena di questo campione, già descritto

608 L'assenza di brucite farebbe propendere per l'ipotesi che non siano state impiegate dolomie come pietra da calce nei campioni in esame (cfr. BLÄUER-BÖHM, JÄGERS 1997). Tuttavia, pur essendo presenti relitti di calcinazione di dolomie, sembra che i fenomeni da temperatura o di dissoluzione della componente dolomitica non sempre portino alla formazione di brucite cristallina (KATAYAMA 2010, in part. p. 673).

609 Cfr. *Supra*.

come malta di terra. Da riferire alle inclusioni della frazione terrigena sono inoltre feldspati (plagioclasio) e silicati (quarzo) che, nel complesso, rappresentano circa il 25% wt. del campione.

Campione	Calcite	Dolomite	Aragonite	AFm	Quarzo	Albite	Sanidino	Bytownite	Augite	Diopside	Gehlenite	Ematite	Ilmenite	Clorite	Muscovite	Smectite	Amorfo
CBF_WM_1	43,9	6,7	0	0	22,8	1,5	2,7	0,8	9,4	0	0	0,6	0,5	0	0,7	0	10,5
CBF_WM_17B	55,3	15,0	5,3	0	7,7	1,3	0	0	0	0	0	0	0,7	0,9	1,8	0	12,0
CBF_WM_24B	17,2	22,3	0	0	22,7	3,7	0	0	0	0	0	0	0	2,0	4,1	7,8	20,2
CBF_WM_25	51,8	20,7	0	0	12,3	1,0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,8	1,6	0	11,5
CBF_WM_29	51,9	4,8	0	0	17,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5	0,2	0,6	0	24,1
CBF_WM_31	78,6	2,8	0,8	0	4,1	0,2	0	0	0	0	0	0	0,4	0,7	0	0	12,3
CBF_WM_32	74,4	10,3	1,4	0	4,9	0,6	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,6	0	7,3
CBF_WM_33	79,2	1,8	8,4	0	8,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,6	0,9	0	8,4
CBF_WM_38	63,8	10,7	1,2	0	11,1	1,0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,8	1,2	0	9,8
CBF_WM_42	69,6	2,9	0	0	11,8	0,5	0	1,0	0,6	0	0	0	0,5	0,7	0,8	0	11,5
CBF_WM_43	38,0	23,2	0	0	20,3	2,7	0	0	0	0	0	0	0,4	2,0	1,5	3,3	8,6
CBF_WM_45	72,2	0,3	0	0	4,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0,5	0,9	0,9	1,9	18,8
CBF_WM_48	64,3	2,2	1,0	0,8	5,8	0,8	0	0	0	2,6	0,5	0	0,6	1,4	1,0	0	18,9
CBF_WM_51	53,2	0,9	1,9	0,7	6,8	0,9	0	0	0	4,4	0	0	0,2	1,3	2,1	3,1	25,9
CBF_WM_54	69,4	7,2	0	0	13,2	0,7	0	0	0	0	0	0	1,0	0	0	0	8,4
CBF_WM_57	45,9	24,7	0	0	14,0	2,0	0	0	0	0	0	0,6	0,5	0,9	2,0	2,7	6,7

Tab. VI.36 – Risultati delle analisi mineralogiche (XRPD-*bulk*) sui campioni massivi CBF_WM.

Infine, CBF_WM_48 e 51 si caratterizzano per l'occorrenza di gehlenite e in particolar modo diopside la cui occorrenza va riferita ad argille carbonatiche cotte a temperatura > 750 °C[610]. La frazione sinterizzata non-cristallina della terracotta è invece testimoniata dalla frazione amorfa, particolarmente elevata soprattutto nel campione CBF_WM_51 (26% wt. ca). Prova di deboli reazioni pozzolaniche è data dall'occorrenza di alluminati di calcio idrati, ossia fasi AFm di neoformazione (< 1% wt.).

Campione	Calcite	Dolomite	Aragonite	AFm	Quarzo	Plagioclasio	K-feldspato (sanidino)	Microclino	Diopside	Ematite	Muscovite	Clorite	Amorfo
CBF_PREP_2.2	68,4	13,7	0	0	13,7	2,2	0	0	0	0	1,2	0,9	0
CBF_PREP_3.2	76,0	4,4	0	0	4,4	0,7	0	0	1,2	0	0	0	13,2
CBF_PREP_4.2	68,3	2,1	0	0	3,8	0	0	0	3,7	0,3	0	0	21,8
CBF_PREP_5.2	76,6	11,5	0	0	9,0	1,6	0	0	0	0	0,9	0,4	0
CBF_PREP_6.2	79,2	6,5	0	0	9,3	1,3	0	0	0	0	1,1	0,8	1,6
CBF_PREP_8	72,8	14,7	0	0	9,1	1,6	0	0	0	0	0,8	0,9	0
CBF_PREP_9.2	58,8	3,2	0	0	5,6	1,6	0	0	6,3	0,3	0,6	0	23,7
CBF_PREP_10	75,8	10,9	0	0	8,6	1,5	0	0	0	0	0,6	1,2	1,3
CBF_PREP_12	59,2	0,6	3,3	0	3,4	0	0	0	6,7	0,2	0	0	26,7
CBF_PREP_13.2	58,2	0,8	0	1,7	4,5	0,5	0	0	7,0	0,3	0	0	27,1
CBF_PREP_16.2	74,4	16,4	0	0	8,4	0,8	0	0	0	0	0	0	0
CBF_PREP_18.1	69,8	3,0	0	0	5,5	2,0	0	0	2,8	0,4	0,9	0	15,6
CBF_PREP_19.2	74,0	15,0	0	0	9,2	1,2	0	0	0	0	0	0,5	0,1
CBF_PREP_23	68,2	0,7	0	0,6	4,5	0,7	0	0	4,6	0,3	0	0	20,5
CBF_PREP_26	75,7	0,7	0	0,5	5,8	0	0	0	1,8	0,3	0	0	15,2
CBF_PREP_29O.2	62,3	2,1	0	0	3,7	1,8	0	0	7,8	0,3	0	0	22,0
CBF_PREP_38	74,8	7,6	0	0	5,1	0,5	0	0	0	0	0	0	12,0
CBF_PREP_41.2	57,8	1,2	0	0	6,7	3,2	1,5	0	6,4	0,3	0,7	0	22,3
CBF_PREP_42.2	68,8	2,3	0	0	5,3	2,9	1,9	0	3,9	0,3	0,4	0	14,2
CBF_PREP_44.2	68,3	0,6	2,1	0	2,8	0,4	0	0	7,0	0,1	0	0	18,7
CBF_PREP_47.2	59,0	1,3	0	0	7,4	3,5	2,3	0	4,0	0,2	1,1	0	21,1
CBF_PREP_71	49,0	0,8	0	0	9,29	1,44	0	2,5	5,2	1,0	1,1	00	30,6

Tab. VI.37 – Risultati delle analisi mineralogiche (XRPD-*bulk*) sui singoli livelli preparatori dei campioni CBF_PREP.

[610] NODARI *et alii* 2004; MARITAN, MAZZOLI, NODARI, RUSSO 2005; MARITAN *et alii* 2006b, pp. 6, 13.

Come già segnalato tramite indagine OM, il campione CBF_WM_1 si caratterizza per occorrenza pari al 12% wt. di pirosseni (augite) e K-feldspati (sanidino, bytownite).

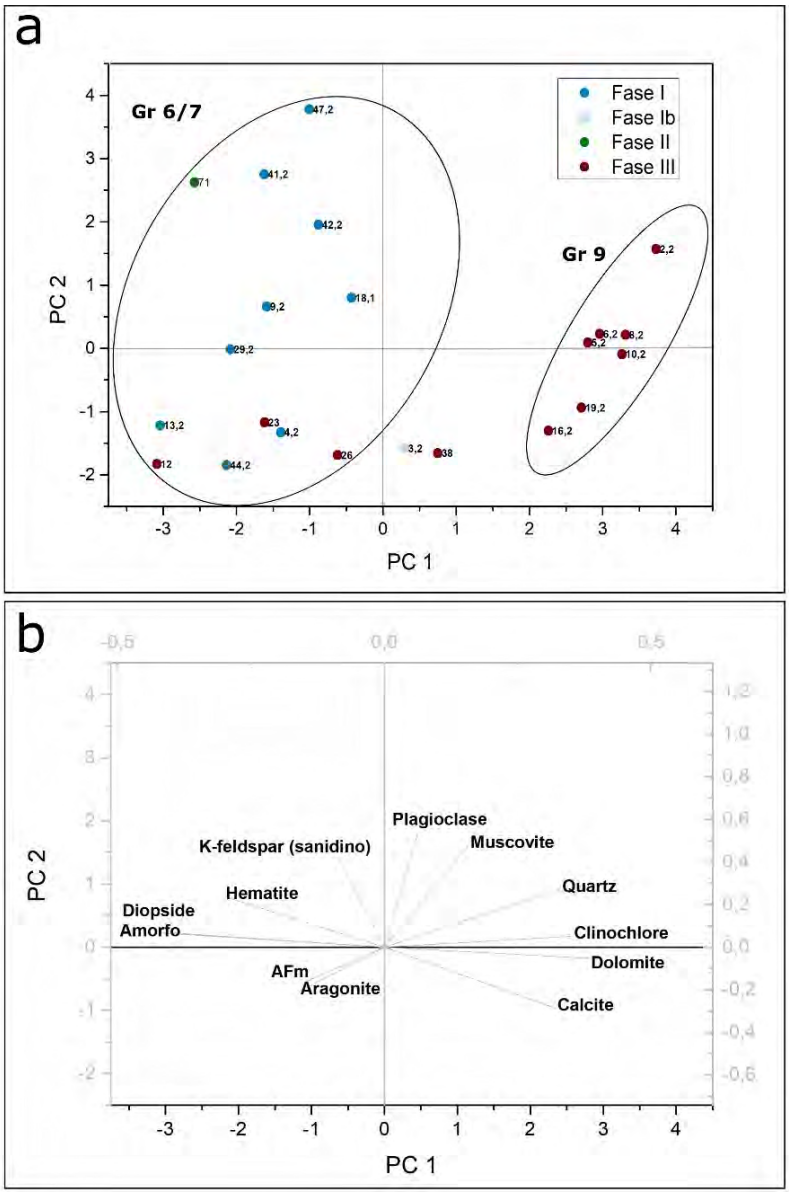


Fig. VI.80 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi XRPD-*bulk* condotte su una selezione di campioni CBF_PREP, in riferimento ad: a) fase edilizia; b) variabili di interesse. Assieme, le PC1 e PC2 sono rappresentative del 74% della varianza totale.

5.5.2.2 - Miscele leganti a stesura orizzontale e messe in opera con funzione strutturale

Sulla base dei profili mineralogici quantitativi ottenuti in seguito all'analisi difrattometrica (tab. VI.37), l'analisi delle componenti principali (PCA) ha permesso di confrontare le concordanze composizionali tra una selezione di campioni di miscele impiegate con funzione di preparazione pavimentale, rappresentativi dei principali gruppi individuati in seguito ad analisi OM (fig. VI.80)[611]. In tutti i campioni la calcite è riferibile soprattutto alla frazione legante, nonché all'aggregato carbonatico, seppur non sia possibile, tramite indagine XRPD, distinguerne le due aliquote. Anche la frazione dolomitica e silicatica (quarzo) va riferita all'aggregato dei campioni, mentre muscovite e Clorite sono attribuibili a limitate contaminazioni di natura terrigena.

Determinante nella distinzione tra i campioni del Gr 6/7 da quelli del Gr 9 è l'occorrenza di diopside ed ematite, fasi riferibili all'aggregato fittile prodotto a temperature superiori ai 750 °C[612]. La frazione sinterizzata non-cristallina della terracotta è invece testimoniata dalla frazione amorfa (> 15% wt.). L'occorrenza di limitate fasi pozzolaniche AFm (alluminati di calcio idrati) sembra inoltre caratterizzare le preparazioni di pavimenti in *opus sectile* del Gr 7b, che già in seguito ad indagine OM risultavano presentare una discreta componente fittile micrometrica, non così accentuata negli altri campioni di cocciopesto. Si distingue inoltre il campione CBF_PREP_71 per l'occorrenza di microclino, fase da riferire ad un aggregato fittile cotto a temperatura > 1000 °C[613].

[611] I dati mineralogici sono già stati preliminarmente editi in DILARIA *et alii* 2016 e SECCO *et alii* 2018. Si presenta in questa sede un dataset di riferimento aggiornato.

[612] NODARI *et alii* 2004; MARITAN, MAZZOLI, NODARI, RUSSO 2005; MARITAN *et alii* 2006b, pp. 6, 13.

[613] CULTRONE *et alii* 2001.

La presenza di abbondante aggregato sabbioso è invece testimoniata nei campioni del Gr 9 delle sostenute componenti carbonatica e silicatica riferibili, rispettivamente, alla frazione carbonatica e selcifero-quarzosa delle sabbie impiegate nella produzione dei campioni del Gr 9, nonché dalla presenza di plagioclasio in misura leggermente maggiore (> 1% wt.) rispetto ai campioni del Gr 7/7b dove questa fase risulta, di contro, pressoché assente.

Infine, i campioni CBF 3.1 e CBF 38.1 non tendono a raggrupparsi con alcuno dei cluster precedentemente individuati ma tendono a porsi ad un livello intermedio tra i campioni del Gr 6/7 e quelli del Gr 9. Tale evidenza sperimentale risulta abbastanza affine con le osservazioni petrografiche relative alle due preparazioni.

5.5.2.3 - Miscele per strutture idrauliche

I campioni afferenti a miscele impiegate in strutture idrauliche sono tutti abbastanza simili sotto il profilo mineralogico (tab. VI.38). Queste miscele vengono impiegate soprattutto come rivestimenti o come preparazioni/rivestimenti dei piani di vasche e canalette di scarico. La calcite rappresenta soprattutto la componente legante, nonché, assieme a dolomite e aragonite, l'aggregato sabbioso carbonatico[614]. Anche quarzo e plagioclasi vanno riferiti ad una frazione secondaria dell'aggregato. Diopside, gehlenite sono probabilmente da riferire all'argilla carbonatica cotta a temperature superiori ai 750 °C[615] nel corso della produzione di elementi fittili. La presenza non trascurabile di ematite (0,5% wt.) induce a ritenere che la fornace funzionasse – perlomeno in alcune zone – in ambiente ossidante[616]. Egualmente da ricondurre a alla frazione fittile sono l'analcime, tipico da alterazione post-deposizionale della componente sinterizzata prodottasi in seguito a cottura di argille zeolitizzate[617], e il microclino, laddove presente, testimonia che le temperature raggiunte in fornace non superarono i 1000 °C[618]. A questa componente deve aggiungersi la componente vetrosa sinterizzata testimoniata dall'elevata occorrenza di fase amorfa. Pur essendo strutture idrauliche le fasi pozzolaniche risultano essere ridotte. Nel complesso si riscontra, dall'analisi XRPD-*bulk*, i campioni CBF_CM_2 e 3, pur essendo genericamente classificabili come malte di cocciopesto, non restituiscono alcuna proprietà pozzolanica, mentre l'occorrenza di alluminati di calcio idrati di neoformazione (ossia fasi AFm) è stata documentata esclusivamente nei campioni CBF_CM_4, 5 e 6 provenienti da piani di vasche, in percentuali comunque ridotte (1% wt. ca). Di contro, i campioni CBF_CM_2 e 3, provenienti da canalette, non restituiscono evidenza di alcuna fase pozzolanica.

Sample	Calcite	Dolomite	Aragonite	AFm	Quarzo	Albite	Diopside	Gehlenite	Analcime	Microclino	Ematite	Ilmenite	Muscovite	Clorite	Amorfo
CBF_CM_1	62,3	13,3	0,5	0	14,4	1,5	0	0	0	0	0	0,4	1,8	1,0	4,9
CBF_CM_2	72,3	0,9	1,5	0	4,8	0,5	1,7	0	0	0	0,5	0,5	1,6	1,1	14,5
CBF_CM_3	61,2	4,0	1,7	0	9,3	0,8	0,6	0	0	0,8	0,4	0,3	1,8	1,1	18,0
CBF_CM_4	42,7	1,7	2,4	0,2	4,3	1,1	7,0	0	0	1,8	0,4	0,5	0	0	38,1
CBF_CM_5	39,7	1,1	0	1,0	7,7	1,1	7,7	0	0,9	2,1	0,5	0,7	1,0	0	36,5
CBF_CM_6	35,2	0,6	3,0	0,4	6,2	1,2	14,0	1,8	0	3,0	0,4	0,3	0,9	0	32,9

Tab. VI.38 – Risultati delle analisi mineralogiche (XRPD-*bulk*) sui campioni massivi CBF_CM.

Sono state quindi effettuate analisi XRPD-*binder* su tutti i campioni afferenti a vasche che presentavano occorrenza di AFm (tab. VI.39). Dall'indagine mirata della sola componente legante si confermano le limitate proprietà pozzolaniche di questi materiali. Queste sono evidenti

614 Cfr. Supra nota XX.
615 NODARI *et alii* 2004; MARITAN, MAZZOLI, NODARI, RUSSO 2005; MARITAN *et alii* 2006b, pp. 6, 13
616 MARITAN *et alii* 2006b.
617 SCHWEDT *et alii* 2006.
618 CULTRONE *et alii* 2001.

in particolar modo nel campione CBF_CM_5 (AFm = 2,4% wt.), mentre CBF_CM_6 appare poco o per nulla pozzolanico (AFm = 0,2% wt.).

Rispetto a quanto detto, si distingue chiaramente il campione CBF_WM_1, impiegato con funzione di allettamento delle spallette di una canaletta di scarico, in quanto presenta caratteristiche differenti da quelli finora discussi. Infatti, come già osservato tramite OM, essendo totalmente assente la frazione fittile, risulta essere una malta di calce totalmente aerea.

Campione	Calcite	Dolomite	Aragonite	AFm	Quarzo	Albite	Diopside	Gehlenite	Microclino	Ematite	Ilmenite	Muscovite	Clorite	Amorfo
CBF_CM_4-01	59,7	0	0	1,4	0,4	0	2,2	0	0,8	0,3	0,3	2,4	0,9	31,5
CBF_CM_5-01	43,8	0	0	2,4	0,1	0	1,8	0,7	0	0	0	1,8	0	49,3
CBF_CM_6-02	32,6	0	0,9	1,8	0,5	1,7	13,5	0,7	0	0	0	3,0	0	45,2

Tab. VI.39 - Risultati dell'analisi quantitativa XRPD della sola frazione legante dei campioni provenienti da vasche.

5.5.3 – *Analisi SEM-EDS*

Le analisi SEM-EDS sono state operate su una limitata selezione di campioni (tab. VI.32), al fine di osservare la composizione chimica dei leganti o per individuare puntualmente la distribuzione di eventuali fasi pozzolaniche diffuse nelle matrici, sulla base dei risultati delle indagini XRPD-*bulk* e XRPD-*binder*.

Sotto il profilo chimico, i grumi di legante dei campioni di miscele di allettamento di strutture murarie prese in esame hanno restituito, per la maggior parte, valori di CaO = 90-96% a dimostrazione dell'impiego di calce prodotta da cottura di calcari puri (fig. VI.81, b1), con CI *values* minori di 0.1, indicativi di composti sostanzialmente aerei[619]. Nel campione CBF_WM_5, talune intercalazioni silicatiche in percentuali non trascurabili (5-8% ca) e magnesiache (3%) potrebbero deporre per la presenza di vene selcifere e dolomitiche nei calcari (fig. VI.81, d1). Tramite indagine petrografica è stato infatti possibile osservare come in alcuni casi sia attestata la calcinazione di dolomie[620]. Inoltre, alcune zonazioni ben distinguibili dal legante calcico nei campioni riferibili alle strutture murarie degli elevati dell'edificio hanno restituito elevati tenori in Al_2O_3, SiO_2 e FeO che sono riconducibili alla presenza di infiltrazioni di origine argillosa nei composti (fig. VI.81, b2)[621], la cui occorrenza, in misura contenuta, è già stata osservata in buona parte dei campioni in esame. Gli elevati tenori di MgO e SiO_2, distribuiti in rapporti compresi tra 1:1 e 1:2 nella matrice legante del campione CBF_WM_31 (fig. VI.81, d2), potrebbero testimoniare la formazione di gel M-S-H, già chiaramente attestati in altri contesti aquileiesi[622]. Tuttavia, l'occorrenza di grumi di argilla magnesiaca nelle matrici lascia intendere piuttosto una più diretta dipendenza degli ossidi di magnesio e silicio da questa componente terrigena.

La componente eminentemente calcica dei leganti caratterizza anche i campioni impiegati con funzione di preparazione pavimentale, così come evidenziato da analisi EDS dei grumi non miscelati (rapporto Mg/Ca medio: 0.03). Le analisi in microscopia elettronica effettuate su una selezione di campioni del Gr 7b (riferibile a preparazioni di pavimenti in *opus sectile*) hanno permesso di confermare l'utilizzo di polvere fittile miscelata col legante carbonatico che sembra conferire moderate proprietà pozzolaniche ai composti, come indicato dalla presenza nelle matrici di porzioni ricche in silicio ed alluminio costituite da fasi paracristalline non risolvibili al microscopio elettronico. Queste porzioni delle matrici si presentano infatti chimicamente eterogenee, con aree ricche in calcio e caratterizzate da indici di idraulicità inferiori a 0.1 (fig. VI.81, f1) associate a porzioni ricche in silicio, alluminio e magnesio presentanti indici di idraulicità

619 BOYNTON 1980, pp. 274-275; BANFILL, FORSTER 1999, p. 177.
620 Cfr. §5.5.1.
621 CRISCI *et alii* 2004, pp. 265-266; CARÒ, RICCIARDI MAZZILLI, SAVINI 2008, p. 95.
622 Cfr. Cap. VI, §1.5.3; §2.5.3.

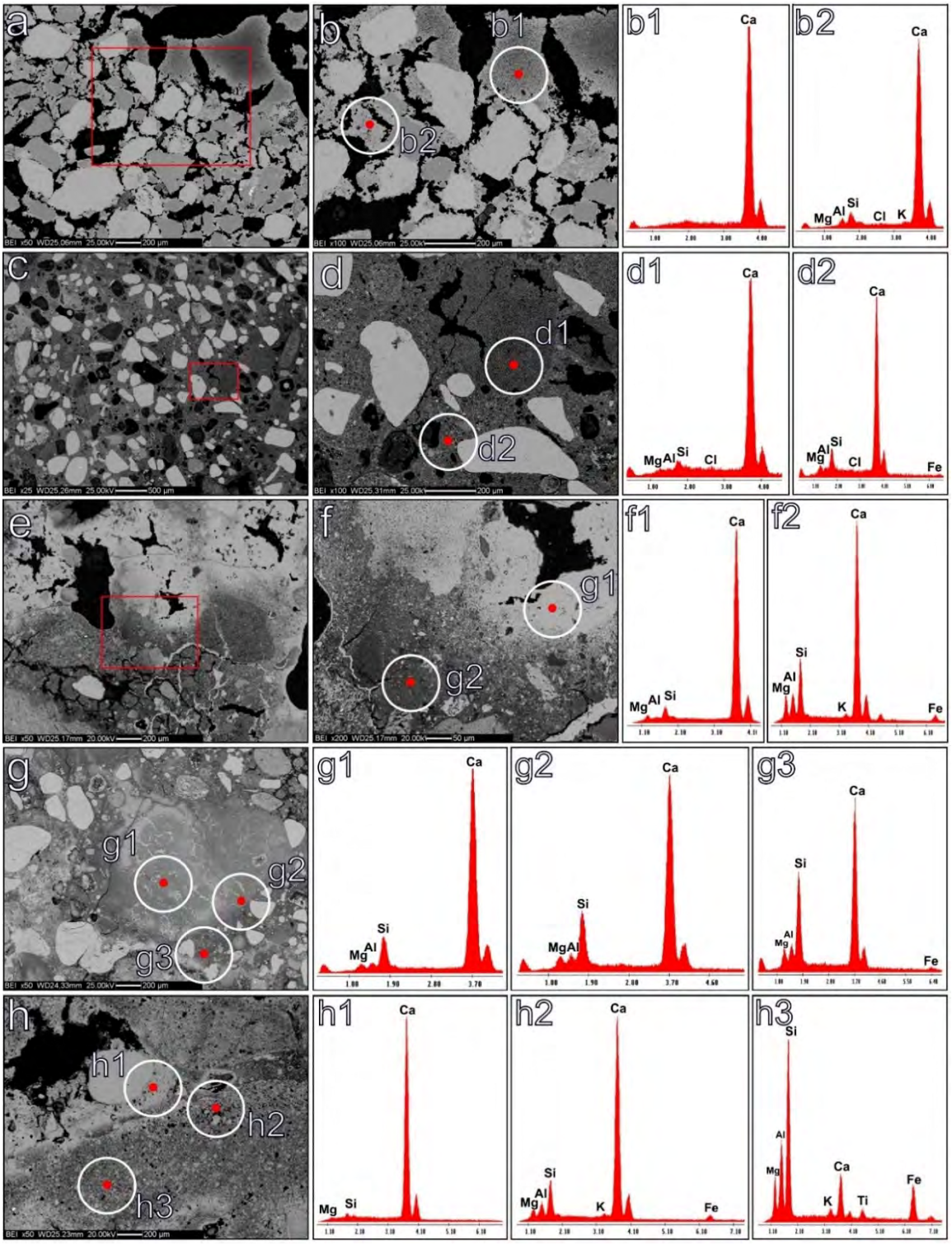


Fig. VI.81 - Analisi SEM-EDS. Acquisizioni a elettroni retrodiffusi (BSE). a) CBF_WM_25, matrice legante; b) ingrandimento dell'area evidenziata nella fig. a; b1) microanalisi EDS di un'area interna di un grumo di calce; b2) microanalisi EDS di un'area della matrice legante; c) CBF_WM_5, matrice legante; d) ingrandimento dell'area evidenziata nella fig. c; d1) microanalisi EDS di un'area interna di un grumo di calce; d2) microanalisi EDS di un'area della matrice legante; e) CBF_PREP_23; f) ingrandimento dell'area evidenziata nella fig. e; f1) microanalisi EDS di un'area della matrice legante altamente carbonatica; f2) microanalisi EDS di un'area della matrice legante con presenza diffusa di polvere fittile; g) CBF_CM_5, grumo di calce; g1) microanalisi EDS di un'area interna del grumo legante; g2) microanalisi EDS di una porzione di interfaccia tra grumo di calce e matrice legante; g3) microanalisi EDS della matrice legante; h) CBF_PREP_47.2, area di interfaccia tra matrice legante e grossolano frammento fittile; h1) microanalisi EDS della matrice legante; h2) microanalisi EDS di una porzione di interfaccia tra la matrice legante e un grossolano frammento fittile; h3) microanalisi EDS di una porzione interna di un frammento fittile.

superiori a 0.4 (fig. VI.81, f2). Tale disomogeneità è da imputarsi ad una non perfetta omogeneizzazione tra componente legante calcica e l'aggregato fittile micrometrico durante la produzione della malta.

Caratteri pozzolanici sono stati riscontrati, in maniera ancor più evidente, in alcuni campioni provenienti da strutture idrauliche, dove il *CI index* > 1.1 (CBF_CM_5) o addirittura > 3.0 (CBF_CM_6), misurato presso le matrici leganti (fig. VI.81, g3), risulta caratteristico di miscele eminentemente idrauliche dove è possibile constatare inoltre la permeazione di fasi idrate anche entro le microporosità stesse dei grumi di calce aerea (fig. VI.81, g1, g2). Tuttavia, nel campione CBF_CM_4 tali caratteristiche non appaiono così evidenti, tanto che il *CI index*, compreso tra 0.3 e 0.5, è tipico di miscele debolmente idrauliche, a conferma dell'occorrenza minima di fasi AFm, già parametrizzate in seguito ad indagini XRPD[623].

La natura idraulica di questi composti è chiaramente conferita dall'intima miscelazione tra la componente fittile micrometrica col legante carbonatico. Infatti, nei campioni dove è impiegata esclusiva frazione fittile grossolana, così come in quelli prodotti con aggregato sabbioghiaioso non pozzolanico, le matrici risultano essere eminentemente calciche, con un *CI index* medio < 0.1, tipico per composti aerei (fig. VI.81, h1). Per tutti questi campioni, le analisi SEM-EDS hanno inoltre permesso di evidenziare come solo nelle porzioni interfacciali tra frammenti fittili e matrice legante si sviluppino limitate zonature criptocristalline di reazione pozzolanica, testimoniate *CI index* = 0.6 che testimonia un incremento rispetto al valore medio della matrice legante non alterata (fig. VI.81, h2). I margini di reazione sono sempre limitati entro spessori di 50-100 μm, pertanto il contributo pozzolanico ha comportato nei materiali analizzati solo un affinamento locale delle zone interfacciali di transizione tra aggregato e legante.

Infine, per completezza, sono state anche effettuate microanalisi sulle matrici dei frammenti fittili utilizzati come aggregato. Questi restituiscono tenori significativi di calcio e magnesio, permettendo di confermare la natura carbonatica delle argille base utilizzate come materia prima per la produzione degli elementi fittili, da intendersi probabilmente quali laterizi. La frazione smagrante risulta prevalentemente silicatica, con quarzo predominante su plagioclasi sodici e talora K-feldspati, ma risultano ancora presenti alcuni clasti carbonatici non completamente alterati durante il processo termico (fig. VI.81, h3).

5.6 - CONTESTUALIZZAZIONE ARCHEOLOGICA DEI DATI ANALITICI E ANALISI DELLE FASI DI CANTIERE

5.6.1 - *Le miscele leganti di strutture murarie e le fasi edilizie della* domus

5.6.1.1 - Le miscele leganti e le strutture murarie

Se relazionati con la scansione delle fasi edilizie che coinvolsero le abitazioni dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite, si osserva come i gruppi di miscele leganti identificati in seguito ad analisi petrografica si distribuiscano, in un buon numero di casi, in chiara relazione con le cronologie delle strutture costituenti le murature delle abitazioni qui messe in luce, permettendo, in un buon numero di casi, di verificare dinamiche associative dei vani ad un nucleo abitativo piuttosto che ad un altro. Vi sono tuttavia alcune anomalie, soprattutto in relazione alla prima fase edilizia, per cui sarà necessario ricercare delle valide argomentazioni. Come già sottolineato, va inoltre ribadito come le miscele di allettamento delle strutture murarie in un buon numero di casi si allineino chiaramente anche in relazione alle tecniche edilizie[624] dei setti murari per cui erano predisposte (fig. VI.73).

Si fornisce di seguito una descrizione dei diversi gruppi di miscele individuati in relazione diverse fasi edilizie della *domus* (fig. VI.82).

---

[623] Cfr. §5.5.2.3.

[624] Sulle tecniche costruttive delle strutture murarie aquileiesi si fa sempre riferimento a quanto elaborato in PREVIATO 2015.

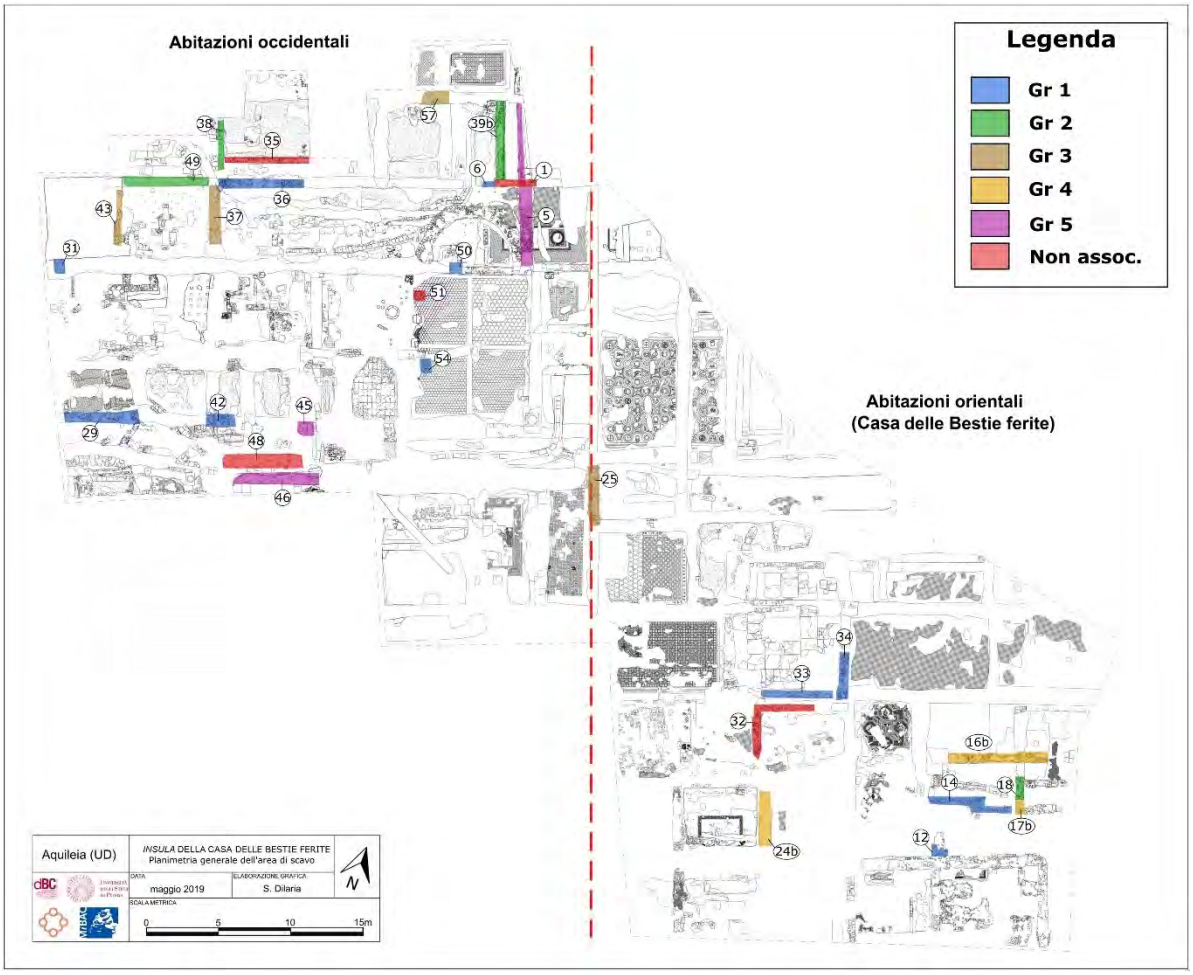


Fig. VI.82 – Aquileia, *Insula* della Casa delle Bestie ferite. a) Distribuzione spaziale dei gruppi di miscele di allettamento di strutture murarie identificati in seguito ad analisi OM-XRPD, in relazione alle strutture murarie campionate dalle abitazioni dell'isolato.

Fase I. Questa fase è quella maggiormente rappresentata nel dataset analitico. Per questo periodo abbiamo un'ampia varietà di tecniche edilizie impiegate, spesso con funzioni diversificate, nelle *domus*. Alcune tipologie murarie sono messe in opera tramite l'impiego di specifiche miscele preparatorie, altamente standardizzate in relazione all'apparecchiatura muraria per cui sono prodotte. È questo il caso delle miscele del Gr 1, impiegate esclusivamente nella realizzazione di murature con fondazione e/o alzato in blocchetti litici di calcare (F2/A6), costituenti i setti delle abitazioni sia nella porzione occidentale che orientale della casa. Solo in un caso (campione CBF_WM_36) la malta funge da giunto strutturale di una muratura con fondazione e alzato in conci di arenaria (F1/A5), così come solo un setto di tipo F2/A6 non risulta realizzato con miscele del Gr 1 (US 840). Ancora si osserva come il Gr 4 consista in malte con elevata frazione argillosa legante, che risultano impiegate prevalentemente in livelli di fondazione di strutture in blocchetti di arenaria (F1). Di contro, tuttavia, le strutture con fondazione e alzato in blocchetti di arenaria (F1/A5) sono messi in opera tramite l'impiego di miscele afferenti a gruppi diversi (Gr1, Gr2, Gr 3 a cui si devono sommare i campioni CBF_WM_32 e 1, non associati ad alcun gruppo tra quelli finora descritti), dimostrando una ridotta standardizzazione nelle modalità costruttive di questa tipologia muraria. Anche le strutture con fondazione a corpo pieno in laterizi (F5) risultano realizzate esclusivamente tramite l'impiego di malte di calce ad aggregato sabbioso fino del Gr 3. Tuttavia, questa tipologia di miscela non risulta univocamente impiegata esclusivamente per la costruzione di questa tipologia di strutture.

Se relazionati con quanto tramandato dalla trattatistica latina di età alto imperiale in relazione a miscele composte da calce e sabbia fluviale impiegate per la costruzione di murature,

rientrano abbastanza bene i rapporti L/A delle miscele dei Gr 2 e 3, compresi attorno a 1:1.5, chiaramente affini al rapporto L/A di 1:2 tramandato nell'opera vitruviana e pliniana[625]. Di contro, l'impiego di ghiaia, presente nelle miscele del Gr 1, non è attestato dalle fonti in relazione alle miscele per strutture murarie. L'impiego di composti a frazione legante argillosa del Gr 4 richiama invece tecniche arcaiche, che trovano confronto con quanto riportato nella c.d. *Lex Puteolana*, iscrizione datata alla fine del II sec. a.C.[626].

Fase II. In relazione a questa fase sono pertinenti solamente due campioni. Questi risultano tra loro differenti e trovano impiego in strutture realizzate con tecnica differente e probabilmente realizzate in seguito a restauri edilizi minori, con buona probabilità tra loro non correlati a livello temporale.

Fase III. In relazione a questa fase si osserva come tutte le strutture murarie afferenti all'importante intervento edilizio che condusse alla realizzazione della grande aula absidata con pavimentazione in *opus sectile* fossero state messe in opera tramite l'impiego di una malta di calce particolarmente molto grassa. L'elevato grado di clusterizzazione dei campioni del Gr 5 dimostra come la produzione della miscela impiegata in questo impegnativo progetto edilizio fosse altamente standardizzata. I rapporti particolarmente grassi delle miscele di questo periodo (talvolta con L/A anche di 2:1) non trovano confronto con la trattatistica tecnica di età tardo antica, sembra perpetuare tradizioni "vitruviane", ma non trova riscontro con i casi presi in esame in questa sede[627].

5.6.1.2 - Le miscele leganti ed i pavimenti

Le miscele leganti impiegate nella costruzione delle pavimentazioni delle abitazioni presso l'*Insula* della Casa delle Bestie ferite si caratterizzano chiaramente in base alla tipologia di rivestimento pavimentale, e al periodo in cui vennero prodotte. Purtroppo, per il periodo medio imperiale il campione analizzato è troppo ridotto per fornire un'analisi di sintesi del periodo.

Fase I. Le tecniche produttive delle miscele preparatorie di pavimenti musivi di questo periodo sono state ampiamente prese in esame: tutti i tessellati sono messi in opera su masselli, dello spessore in genere compreso attorno ai 10-12 cm, costituiti da uno strato più profondo (spesso 7-8 cm) in cocciopesto grossolano poco coeso ed uno superficiale in cocciopesto. Le tessere delle pavimentazioni con motivi figurativi o geometrici complessi erano messe in opera su un sottile livello di grassello, dello spessore tendenzialmente inferiore a 1,0 mm, caricato con poca calcite spatica, altrimenti definibile come stucco[628]. Tale strato è infatti assente esclusivamente nella preparazione del tessellato monocromo dell'ambulacro della corte settentrionale nell'area orientale dell'*insula.* L'assenza di motivi decorativi impegnativi ha determinato l'applicazione sistematica di tessere monocrome direttamente sul più profondo livello di preparazione in cocciopesto. È altamente verosimile che la posa delle tessere procedesse di pari passo con la stesura di questa malta preparatoria.

---

625 VITR. II, 5, 1; PLIN. *N.H.*, XXXVI, 174-175.

626 CIL X, 1781, II, 19-20; secondo quanto riportato in GRECO 2011, p. 43, il composto consisteva in una malta di terra e calce in rapporto L/A = 1:3.

627 FAV. XIX, 9; PALL. *Op. Agr*. I, 10, 3.

628 Tale strato consentiva un'adeguata messa in opera delle tessere musive, che, soprattutto se di dimensioni minute, rischierebbero altresì di sprofondare nei più profondi strati preparatori. Inoltre, la tessitura generalmente grossolana di questi ultimi non rende facile il corretto livellamento dello strato e quindi l'inserimento delle tessere risulta un'operazione ardua da compiere. Va inoltre sottolineato come la stesura di questi sottile allettamento permetta il procedere della messa in opera delle tessere per giornate, mentre il sottostante massello preparatorio faceva presa, consentendo inoltre a più mosaicisti di lavorare autonomamente alla stesura di tessere in pannelli o singoli motivi figurati in mosaici a decorazione complessa (MOORE 1968, in part. pp. 61-64).

Alcune preparazioni presentano, al di sopra del vespaio in ciottoli o frammenti fittili, un potente livello in calcestruzzo (CBF_PREP_9.3) o in calcestruzzo misto a secondari frammenti fittili centimetrici (CBF_PREP_4.3, 18.3).

La preparazione dell'unico pavimento in *opus sectile* analizzato differisce leggermente rispetto alle altre preparazioni, in quanto è realizzato tramite l'impiego di strati preparatori in cocciopesto ad elevata frazione fittile micrometrica, assente in tali concentrazioni nei masselli dei mosaici, che conferisce alla miscela una buona coesione e discrete proprietà pozzolaniche[629].

In sintesi, se poste in relazione con quanto tramandato dalla tradizione costruttiva di età alto imperiale, la scansione degli strati preparatori dei pavimenti musivi e in *opus sectile* di questa fase richiama la canonica sequenza di ascendenza vitruviana corrispondente, dall'alto al basso, con il *nucleus* (cocciopesto), il *rudus* (cocciopesto grossolano/calcestruzzo) e lo *statumen* (vespaio)[630]; non si possono cionondimeno negare leggere discrepanze rispetto alla tradizione scritta, soprattutto per ciò che concerne lo spessore complessivo - piuttosto ridotto – del massello[631], la composizione delle miscele impiegate[632] nei casi analizzati. Soprattutto in relazione a questo secondo punto, si osserva come solo in un caso infatti il *rudus* consista nel tradizionale calcestruzzo di *glarea* e calce tramandato dalle fonti latine[633]. L'attestazione dell'uso dello strato di allettamento delle tessere musive non è invece richiamata dalla letteratura antica, ma è una prassi costruttiva largamente documentata già dall'età ellenistica per la messa in opera soprattutto di pavimenti musivi[634].

Fasi II. Le tecniche preparatorie di pavimentazioni di fase I non sembra discostarsi di troppo da quanto sopra delineato per la fase I. Attribuito a questa fare è l'unico rivestimento pavimentale in cementizio a base fittile che consiste in una miscela di cocciopesto grossolano, molto coesa e adeguatamente livellata tramite mazzeranghe.

Fase III. I pavimenti musivi di questa fase sono stati ampiamente analizzati e sono realizzati su preparazioni totalmente differenti rispetto a quelle che contraddistinguono le preparazioni dei pavimenti di fase I. I masselli preparatori dei tessellati di questo periodo consistono in stesure malte di calce di tipo aereo, di colore grigiastro, piuttosto friabili, spesse in media 2,0-5,0 cm, allettate direttamente al di sopra di riporti terrosi, senza l'interposizione di alcun vespaio. In alcuni casi è stato distinto chiaramente un livello in grassello di pura calce molto sottile su cui erano allettate le tessere musive, mentre in altri casi tale stesura non è stata individuata, probabilmente a causa dell'estrema friabilità della malta stessa e del degrado cui furono oggetto queste pavimentazioni nel corso del tempo. La preparazione del tessellato con scene di animali morenti rientra appieno nella tecnica costruttiva sopra delineata: la pavimentazione è infatti realizzata su un livello in malta di calce grigiastra che andava ad obliterare direttamente un mosaico pertinente più antico. Va segnalato comunque come la possibilità di sfruttare o meno il solido massello preparatorio sottostante le pavimentazione di questa fase non debba essere

---

[629] Come noto, in miscele con aggregato fittile grossolano le reazioni idrate sono limitate alle porzioni di interfaccia con tra legante e la componente fittile (CHAROLA, HENRIQUES 2000; BARONIO, BINDA 1997) e non influenzano particolarmente la pozzolanicità del materiale (BARONIO, BINDA 1996), mentre in presenza di polvere micrometrica di ⌀ < 75 μm (TEUTONICO, ASHALL, GARROD, YATES 2000, p. 340; COUTELAS, GODARD, BLANC, PERSON 2004, p. 131; LANCASTER 2019, p. 34) le aree in contatto sono più diffuse e determinano la formazione di prodotti idrati nei composti.

[630] VITR. VII, 3, 1-4. Cfr. a riguardo DILARIA *et alii* 2016; SECCO *et alii* 2018.

[631] Si riportano qui le dimensioni riportate in GIULIANI 2006, p. 182. dim. *statumen*: 10 cm ca; *rudus*: 21 cm; *nucleus* 11 cm.

[632] Sulla letteratura critica dei passi latini riguardanti miscele da impiegare nelle malte di preparazione di pavimenti si tornerà oltre. Secondo quanto comunemente riportato nella letteratura archeologica (ADAM 2005, p. 475; GIULIANI 2006, p. 181) il *rudus* doveva essere una miscela in calcestruzzo mentre il *nucleus* una miscela in cocciopesto o cocciopesto grossolano.

[633] Gli elementi con cui la calce doveva essere mescolata nella preparazione del *rudus* non sono specificati da Vitruvio (VII, 1, 3). Si suppone che dovessero essere quegli elementi lapidei e ghiaia di cui si fa menzione solamente nei più tardi trattati di Cetio Faventino (XIX, 2) e Palladio (I, 9, 4.).

[634] MOORE 1968; WOOTTON 2013.

messo in correlazione con tale modificazione nella modalità preparatoria dei tessellati di Fase III, che non avrebbero quindi necessitato di una ulteriore fondazione potendo sfruttare quella già esistente: si osserva infatti come nella maggior parte dei casi siano messi in opera su potenti riporti terrosi che rialzano le quote di imposta dei pavimenti di rifacimento tra i 15,0 e i 50,0 cm, non andando quindi a sfruttare in alcun modo il solido supporto preparatorio dei pavimenti più antichi, qualora presenti (fig. VI.83). La preparazione dell'abside dell'aula con mosaico con animali morenti infatti è messa in opera direttamente su un serie di riporti terrosi che poggiano direttamente su livelli argillosi più antichi.

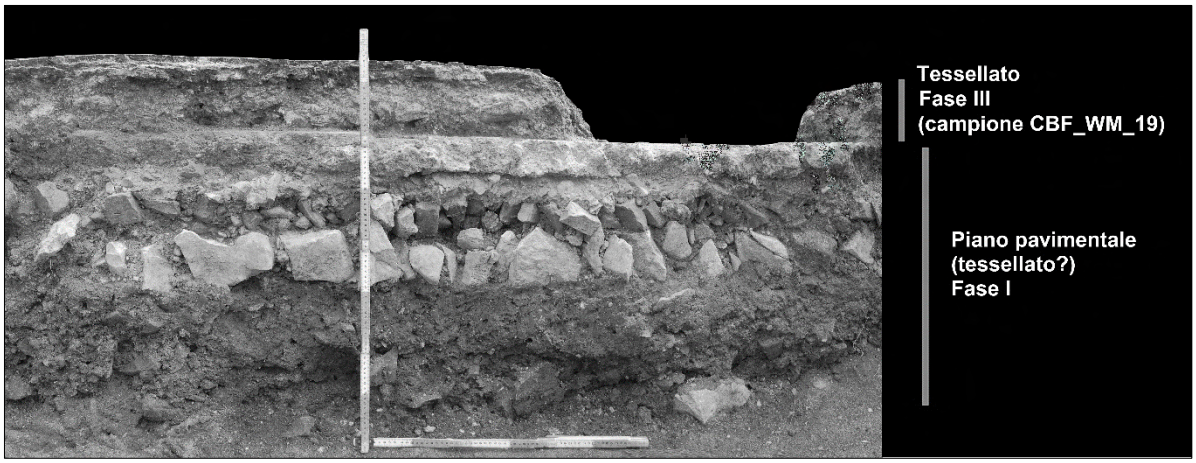


Fig. VI.83 – Aquileia, *Insula* della Casa delle Bestie ferite. Prospetto stratigrafico di livelli preparatori e piani pavimentali pertinenti alle fasi edilizie I e III.

Questa modificazione delle modalità di realizzazione del sottofondo di pavimenti musivi dimostra un progressivo allontanamento dalla contemporanea trattatistica tecnica di Cetio Faventino e Palladio[635] che sostanzialmente perpetuava i precetti del canone vitruviano[636].

Le uniche pavimentazioni che sembrano perpetuare gli *standard* produttivi dell'epoca precedente sono quelle in *opus sectile*. Tutti i campioni analizzati consistono in miscele in cocciopesto ad alta frazione fittile micrometrica, dotate di una buona coesione e discrete proprietà pozzolaniche, come evidenziato tramite indagini XRPD-*bulk* e SEM-EDS.

5.6.1.3 – Miscele leganti e le strutture idrauliche

Fase I. Le miscele delle strutture idrauliche documentate nelle diverse abitazioni si distinguono chiaramente in base ala funzione svolta. L'unica canaletta di Fase I presa in esame ha le spallette messe in opera su allettamenti di malta di calce totalmente aerea (CBF_CM_1).

La preparazione della vasca per lo scarico di acque, poi convogliate nella canaletta da cui proviene il campione CBF_CM_1, consiste in una miscela di cocciopesto prodotta con la miscelazione di sabbia, aggregato sabbioso locale e frazione fittile sub-centimetrica e micrometrica. Come dimostrato da analisi XRPD-*binder* e SEM-EDS questo composto presenta modeste proprietà pozzolaniche.

Fase III. I condotti di scarico di Fase III, seppur attestino l'utilizzo di malte di cocciopesto (CBF_CM_2, 3) nei giunti di allettamento delle spallette, non sembrano presentare alcuna caratteristica pozzolanica. Nei composti è infatti assente la frazione micrometrica, mentre elementi fittili centimetrici fungono esclusivamente da aggregato.

635 FAV. XIX, 2; PALL. *Op. Agr*. I, 9, 4.
636 DILARIA *et alii* 2016; SECCO *et alii* 2018. Cfr. inoltre Cap. IX, §4.

I piani di vasche di questa fase invece sono realizzati con miscele mediamente pozzolaniche. Miscelata al composto è infatti diffusa polvere fittile micrometrica.

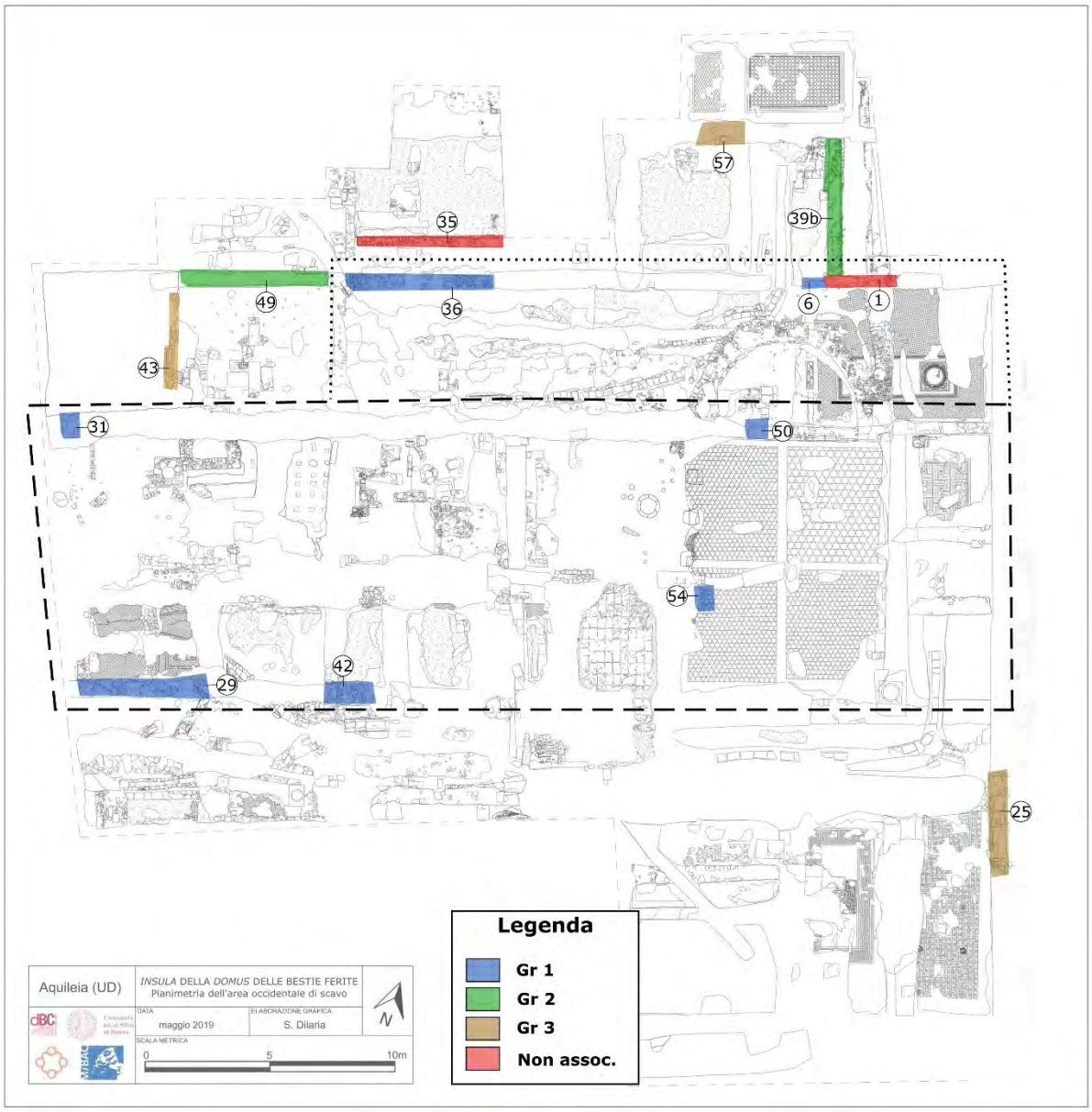


Fig. VI.84 – Aquileia, Abitazioni occidentali dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite. Distribuzione spaziale dei gruppi di miscele di allettamento di strutture murarie identificati in seguito ad analisi OM-XRPD, in relazione alle strutture murarie campionate in relazione alla fase I. In tratteggio l'ingombro ipotetico dell'abitazione centrale dell'area occidentale dell'isolato; in puntinato una possibile variante allargata a settentrione dell'abitazione centrale.

In sintesi, si può osservare come nell'ambito della costruzione di strutture idrauliche, le miscele fossero appositamente predisposte in base alla funzione da svolgere. Non vi era alcun interesse all'impermeabilizzazione delle canalette di scolo delle acque reflue, probabilmente perché, diversamente dall'acqua pulita destinata all'alimentazione, non veniva riposta alcuna attenzione alla conservazione delle acque nere, che potevano quindi parzialmente disperdersi nel sottosuolo o non essere adeguatamente convogliate nei collettori fognari[637]. Di contro, in tutte le fasi edilizie, per la realizzazione di vasche destinate alla conservazione o alla raccolta

[637] Cfr. a riguardo Cap. VI, §6.6.1.3.

dell'acqua erano prodotte miscele dove aliquote più sostenute di polvere venivano miscelate all'aggregato al fine di conferire più spiccate proprietà pozzolaniche ai composti cementizi[638].

5.6.2 - *Analisi delle fasi di cantiere*

Come detto precedentemente lo studio dell'organizzazione interna, dei limiti e della distribuzione, così come delle fasi e sotto-fasi edilizie, dei lotti abitativi messi in luce nell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite è ancora in corso di definizione. In quest'ottica lo studio delle correlazioni composizionali tra miscele leganti, in particolare di malte strutturali o di allettamento di setti murari e/o di fondazioni, viene spesso adottato quale metodologia di supporto nella definizione delle fasi edilizie di un determinato sito archeologico[639]; in contesti quali quelli abitativi connotati da un sostenuta vitalità edilizia e dove, di frequente ad Aquileia, è difficile definire modelli abitativi di riferimento, si offre quindi quale metodo fondamentale nella definizione dei diversi lotti abitativi.

In particolare, la buona clusterizzazione dei campioni de Gr 1, se rapportata con la distribuzione in pianta dei corsi murari ubicati nella porzione occidentale dell'area di scavo, consente di osservare, in relazione alla prima fase edilizia, come tutti i setti di tecnica F2/A6 nella fascia centrale dell'area di indagine, siano messi in opera tramite l'impiego di una medesima tipologia di legante (fig. VI.84). Questo è un dato utile a supporto dell'ipotesi della pertinenza ad una medesima abitazione di tutta quest'area. L'abitazione avrebbe quindi la larghezza di circa 12 m e confinerebbe con un *ambitus* pubblico a sud, mentre a settentrione condividerebbe il muro perimetrale con un'altra abitazione, collocata immediatamente a nord. Tale modello dimensionale e organizzativo non si discosterebbe quindi di troppo da quanto osservato in relazione alla *Domus* di Tito Macro di fase IIa[640]. L'abitazione accorperebbe quindi tre setti murari orientati E-O paralleli e all'incirca equidistanti tra loro 5,92 m, ossia 20 piedi romani, modulo che ritorna frequentemente nella parcelizzazione interna degli isolati aquileiesi[641]. Considerata l'ampiezza modesta dei lotti abitativi, si potrebbe supporre, così come per a *Domus* di Tito Macro, che l'abitazione di questa fase fosse destinata a membri della classe sociale dei *pedites*[642].

Seppur risulti chiara la pertinenza delle murature della parte settentrionale dell'area di scavo ad una diversa unità abitativa, data la chiara difformità composizionale delle miscele leganti in esse impiegate, non deve comunque essere esclusa aprioristicamente l'ipotesi che anche il setto in arenaria da cui proviene il campione CBF_WM_36 fino, ad est, alla preparazione della soglia litica da cui proviene CBF_WM_6 non siano pertinenti a questa abitazione. Seppur realizzato con tecnica differente rispetto alle murature prima descritte – ossia con blocchetti di arenaria e non di calcare – il campione CBF_WM_36 rientra appieno nelle miscele del Gr 1. È inoltre interessante osservare come il setto in questione, campionato in ben quattro punti diversi (CBF_WM_49, CBF_WM_36; CBF_WM_6; CBF_WM_1), seppur appaia costruito con medesima tecnica, sia legato da miscele tra loro differenti nei vari tratti. Non si deve quindi escludere che la tecnica edilizia, di per sé omogenea, celi restauri e ricostruzioni nel tempo di tratti murari in cui gli elementi strutturali, una volta ceduti, siano stati via via ri-messi in opera, ma allettati su malte prodotte in maniera differente. Non si inoltre escludere l'ipotesi che la volontà del mantenimento dell'uniformità "stilistica" del paramento murario abbia determinato il perpetrarsi dell'adozione di una medesima tecnica per tutto il tracciato murario, con i singoli spezzoni di muratura realizzati in episodi edilizi differenti. Diversi dati di scavo su cui non è possibile qui

638 Circa le proprietà dell'aggregato fino micrometrico cfr. §5.2.
639 CRISCI *et alii* 2001; CRISCI *et alii* 2002; COUTELAS 2003; MIRIELLO *et alii* 2010. Cfr. inoltre introduzione Cap. VI.
640 GHIOTTO 2014.
641 MASELLI SCOTTI *et alii* 1995, coll. 192-193; MASELLI SCOTTI, TIussi 2010, 131; 137-139; GHIOTTO 2014, 109.
642 GHIOTTO 2014, 112.

dilungarsi, porterebbero tuttavia a negare una pertinenza della fascia compresa tra il setto US 2219 (da cui proviene il campione CBF_WM_36) e il setto US 1292 (da cui provengono CBF_WM_31 e 50) all'abitazione centrale e tenderebbero ad associarla maggiormente a quella settentrionale[643].

Non deve quindi essere preso troppo rigorosamente l'assunto che vuole che l'uniformità composizionale di una miscela dimostri inequivocabilmente la pertinenza di una struttura ad un medesimo intervento edilizio[644]. Infatti, "tecniche preparatorie" di composti cementizi altamente specializzate quali quelle che vediamo adottate per la messa in opera di setti murari di tipologia F2/A6 (sistema costruttivo, anch'esso, altamente canonizzato nell'edilizia aquileiese), può "mimetizzare" i singoli interventi edilizi, non consentendo quindi una chiara lettura delle alterità produttive neppure in seguito ad analisi archeometrica.

Per fare un esempio di quanto detto, si può osservare come all'interno delle miscele del Gr 1 vi siano campioni prelevati da setti murari di tecnica F2/A6 e ubicati nella porzione meridionale dell'area orientale di scavo che, anche in base alle cronologie fornite dall'analisi archeologica, sembrerebbero pertinenti ad unità abitativa differente – e di cronologia leggermente antecedente[645] – rispetto all'intervento edilizio dell'abitazione centrale dell'area occidentale dell'*insula*.

In relazione ad altre fasi edilizie, arduo è il tentativo di ricostruire con precisione l'organizzazione dei singoli cantieri.

Fase III. Per questo periodo appare chiara l'uniformità costruttiva di tutto il complesso dell'area occidentale dell'insula incentrato sull'edificazione della grande aula absidata in opus sectile. I campioni CBF_WM_5 e CBF_WM_45 e CBF_WM_46 dimostrano come un'unica miscela, strettamente definita nelle modalità preparatorie (come dimostra l'elevata clusterizzazione dei campioni del Gr 5) testimoni come tutto questo vasto episodio edilizio, che probabilmente coinvolse anche e abitazioni meridionali, fosse stato rigorosamente progettato nei suoi termini attuativi. È questa quindi certamente un'opera impegnativa, prodotta da maestranze specializzate, come dimostrato inoltre dalla qualità delle miscele costituenti i supporti preparatori delle pavimentazioni in *opus sectile*[646] e la vastità dei marmi impiegati come decorazione nei rivestimenti pavimentali e parietali dell'aula[647].

[643] L'evidenza archeologica di questo assunto è fornita dal percorso di una canaletta di scarico che, dipartendosi da una vasca di scarico nella corte settore settentrionale (fig. VI.61, I.2), si è osservata proseguire al di sotto della pavimentazione del vano I.4, dirigendosi verso la *cloaca maxima*, verosimilmente ubicata al di sotto del cardo massimo. Questo dato lega chiaramente il vano I.4 con la corte settentrionale I.2.

[644] CRISCI *et alii* 2001; CRISCI *et alii* 2002.

[645] Cfr. §5.2.

[646] Cfr. Cap. VII, §3.5.2.

[647] MARESO 2013/2014.

6 - La *Domus* di Tito Macro

6.1 - Inquadramento topografico e storia delle ricerche[648]

L'area dei fondi ex-Cossar dove sorge la *Domus* di Tito Macro (p.c. 598/2) si trova nella zona meridionale della città di Aquileia, nei pressi del porto fluviale e appena all'interno del tratto meridionale della cinta muraria di età repubblicana.

Questo settore della città venne a trovarsi in una posizione privilegiata nel tessuto urbano non solo durante i primi secoli di vita della colonia, ma anche in età tardo antica, quando, a poca distanza, venne edificato il complesso episcopale. Successivamente, quest'area venne a trovarsi, ancora una volta, all'interno della cinta muraria bizantina a salienti[649], posta a difesa del centro episcopale post-teodoriano e cromaziano, attorno al quale si distribuì la città altomedievale[650].

L'area dei fondi ex-Cossar è stata indagata, a più riprese, a partire dalla seconda metà del XIX secolo fino ai giorni nostri. Già nel 1859, in una zona ancora non inquadrabile con precisione all'interno del fondo, furono scoperti i primi mosaici con la scena del Ratto di Europa[651] e il c.d. *Asarotos oikos*[652], oggi conservati al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia[653]. Non disponiamo tuttavia di informazioni complete su queste prime attività di scavo in quanto i dati non vennero mai pubblicati in forma sistematica fino al 1927, quando il sito divenne oggetto di indagini archeologiche condotte da G. B. Brusin. Egli si occupò inoltre di realizzare due piante, ora conservate al Museo Archeologico Nazionale di Aquileia (fig. VI.85), dalle quali è possibile comprendere come le strutture messe in luce al tempo si collocassero nella parte meridionale del fondo, presso l'entrata al sito da Piazza Capitolo[654]. Negli anni successivi vennero continuate le indagini che portarono al ritrovamento di un condotto fognario ubicato al di sotto di uno dei cardini della città[655] e di pavimenti musivi, tra cui si annovera il c.d. Mosaico del Buon Pastore dall'abito singolare, rinvenuto nelle indagini degli anni 1957-1958[656].

Nel 1959 a Giovanni Brusin subentrò, con l'incarico di funzionario archeologico della Soprintendenza, Luisa Bertacchi. Negli anni immediatamente successivi a questa data non vennero effettuati scavi sistematici nei fondi Cossar, se non in occasione di un intervento in stalla Violin[657], funzionale alla realizzazione di una nuova entrata monumentale alla piazza Capitolo. Bisogna attendere la metà degli anni '60 perché vengano avviate dalla Bertacchi una nuova serie di attività sistematiche di ricerca archeologica presso le d*omus* del fondo che condussero ad un approfondimento delle nostre conoscenze sulle abitazioni coinvolte[658].

L'ultima attività nell'area, prima dell'intervento dell'Università di Padova nel 2009, si data al 1988, anno a cui risalgono delle fotografie relative al momento in cui la Bertacchi riportò alla luce l'angolo sud-orientale delle mura repubblicane[659], già precedentemente scavate da Brusin, probabilmente con lo scopo di rilevarle ed inserirle nella pianta topografica aggiornata della città[660].

Si deve tuttavia sottolineare come l'area indagata, seppur particolarmente estesa, fu oggetto di innumerevoli interpretazioni circa numero e assetto dei singoli lotti abitativi, in quanto

---

[648] Per una storia degli scavi nell'area dei fondi ex-Cossar cfr. Bonetto *et alii* 2017, pp. 19-62; v. inoltre Centola *et alii* 2012, pp. 110-113.

[649] Sulle mura aquileiesi cfr. §1.

[650] A riguardo dello sviluppo tardo antico dell'area meridionale della città Cfr. Tiussi 2009, p. 81.

[651] Per uno studio stilistico del pavimento in questione cfr. da ultimo Novello 2017a (scheda 419).

[652] Per uno studio stilistico del pavimento in questione cfr. da ultimo Novello 2017b (scheda 420).

[653] Bonetto *et alii* 2017, pp. 21-25.

[654] Bonetto *et alii* 2017, p. 25.

[655] Bonetto *et alii* 2017, p. 26-34.

[656] Bonetto *et alii* 2017, p. 37. Per uno studio stilistico del mosaico in questione cfr. Brugnolo 2017f, (scheda 450).

[657] Bonetto *et alii* 2017, pp. 40-41. Cfr. inoltre *infra* (Stalla Violin).

[658] Bonetto *et alii* 2017, pp. 40-57.

[659] Previato 2017, p. 97.

[660] Bonetto *et alii* 2017, pp. 30-31.

non era possibile dipanare incertezze circa l'articolazione interna dell'isolato e l'effettiva consistenza numerica degli edifici che ne facevano parte[661].

Fu con queste premesse che la Fondazione Aquileia decise di affidare, nel 2009, l'incarico di scavo all'Università degli Studi di Padova, nell'ottica di un progetto di valorizzazione del sito che mirava ad una piena comprensione dell'articolazione planimetrica delle unità abitative presenti nel fondo Cossar[662].

Le campagne di scavo che si sono succedute dal 2009 al 2013[663] (a cui si aggiunge un breve intervento nel 2015), sotto la direzione del prof. Jacopo Bonetto e del prof. Andrea Raffaele Ghiotto, hanno permesso di dimostrare la presenza di almeno tre distinte *domus*, di cui quella centrale, denominata *Domus* di Tito Macro sulla base di un peso iscritto ritrovato nel corso dello scavo[664], è stata indagata per intero dal cardine stradale orientale (già visto da Brusin) a quello occidentale di cui si conosceva l'esistenza perché rappresentato nel 1893 nella *Fundkarte von Aquileia* del Maionica (fig. VI.85)[665], ma che all'inizio delle indagini nel 2009 non era visibile.

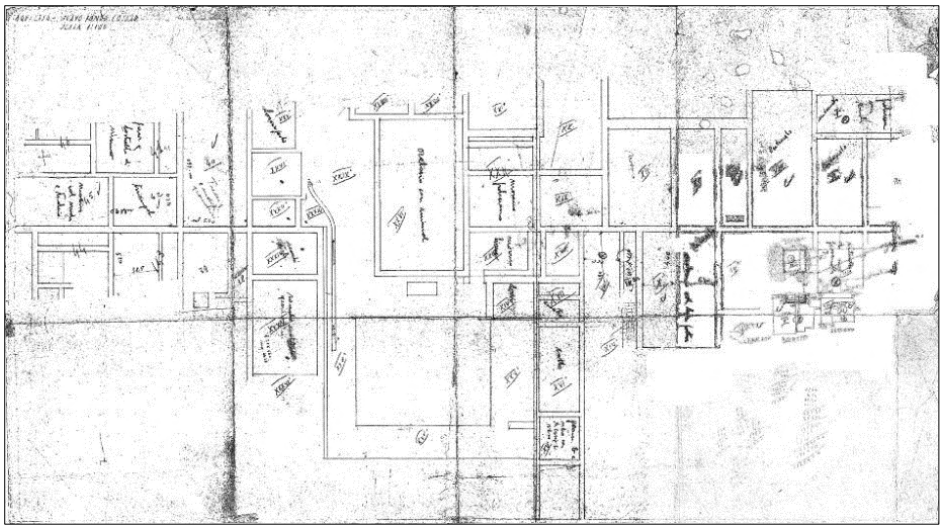


Fig. VI.59. Aquileia, fondi ex-Cossar. Pianta degli scavi del XX secolo (Archivio del Museo Archeologico Nazionale) da CENTOLA *et alii* 2012, fig. 4 p. 110.

6.2 - ARTICOLAZIONE PLANIMETRICA E FASI EDILIZIE[666]

La *Domus* di Tito Macro, nella sua conformazione finale, aveva dimensioni notevoli (24 m in senso N-S e 64 m in senso E-O per un'area complessiva di circa 1200 m^2), occupando un intero isolato della città, collocato tra i I e il II cardo urbano ad est del foro.

[661] Il Donderer volle considerare quest'area come un'unica abitazione, sottoposta nel tempo a innumerevoli rimaneggiamenti; secondo altri era invece più opportuno riconoscervi più edifici di cui però non erano chiari i limiti (GHEDINI, NOVELLO 2009, p. 115, nota 18).

[662] Lo scavo, in convenzione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia, è stato finanziato da Arcus S.p.A., Fondazione Aquileia, MIUR e Università di Padova, Progetto di Ateneo 2012 «Conoscenza, tutela e valorizzazione. Le ricerche nei fondi ex-Cossar di Aquileia come modello innovativo di approccio alle aree archeologiche complesse». Direttori scientifici: J. Bonetto, A. R. Ghiotto; responsabili di scavo: V. Centola, G. Furlan, E. Madrigali, C. Previato; topografi: S. Berto, T. Luongo; studiosi dei materiali: D. Dobreva, A. Stella.

[663] *Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica* 2009; 2010; 2011; 2013; BONETTO *et alii* 2013.

[664] DOBREVA, SUTTO 2015.

[665] CENTOLA *et alii* 2012, p. 124; cfr. inoltre BUORA 2000, tav. allegata.

[666] L'edizione sistematica delle attività di scavo è attualmente in corso di ultimazione e stampa (BONETTO, FURLAN, PREVIATO C.S. e GHIOTTO, CENTOLA, MADRIGALI c.s.). Si fa qui riferimento agli studi recentemente editi sul tema che offrono una sintesi complessiva delle fasi edilizie della domus e della sua evoluzione architettonico-planimetrica (cfr. BERTO *et alii* 2017; PREVIATO 2015, pp. 176-177; BONETTO, CENTOLA 2014, pp. 319-323; BUENO, CENTOLA, GHIOTTO 2014, pp. 176-178; BONETTO, GHEDINI 2014; CENTOLA *et alii* 2014; CENTOLA *et alii* 2012). Per la definizione delle fasi si fa riferimento a quanto riportato nell'edizione sistematica di scavo.

L'abitazione, nel suo assetto di età alto-imperiale, presentava una conformazione ad atrio e peristilio, configurato probabilmente a criptoportico[667] a causa delle rigide condizioni climatiche aquileiesi (fig. VI.86[668]); l'accesso principale, le cosiddette *fauces* (1), era posto sul lato occidentale della casa a cui si poteva accedere da un portico affacciato sul cardo occidentale. La vita della *domus* di Tito Macro fu piuttosto lunga: dal momento di edificazione, cronologicamente inquadrabile tra 100 e 90 a.C., si estese, senza sostanziali modificazioni planimetriche, almeno fino alla metà del VI sec. d.C.

Fase IIa. In un primo episodio costruttivo[669], l'abitazione consisteva della sola porzione occidentale ed era strutturata come casa ad atrio (3), a cui si accedeva attraverso le sopracitate *fauces* (1). L'atrio era circondato da un ambulacro pavimentato in tessellato monocromo nero, che inquadrava, al centro dell'*impluvium*, un pozzo. Attorno si aprivano i canonici ambienti che costituiscono la casa ad atrio di stampo vitruviano[670]: sono stati infatti rinvenuti due cubiculi, (4, 5), le due *alae* (6, 7) e, infine, in asse con le *fauces*, un *tablinum* (8), affiancato a nord da un altro ambiente con funzione di soggiorno, interpretabile come triclinio (9).

A sud di questo complesso vi era un *ambitus,* che divideva questa abitazione da una seconda ubicata a meridione.

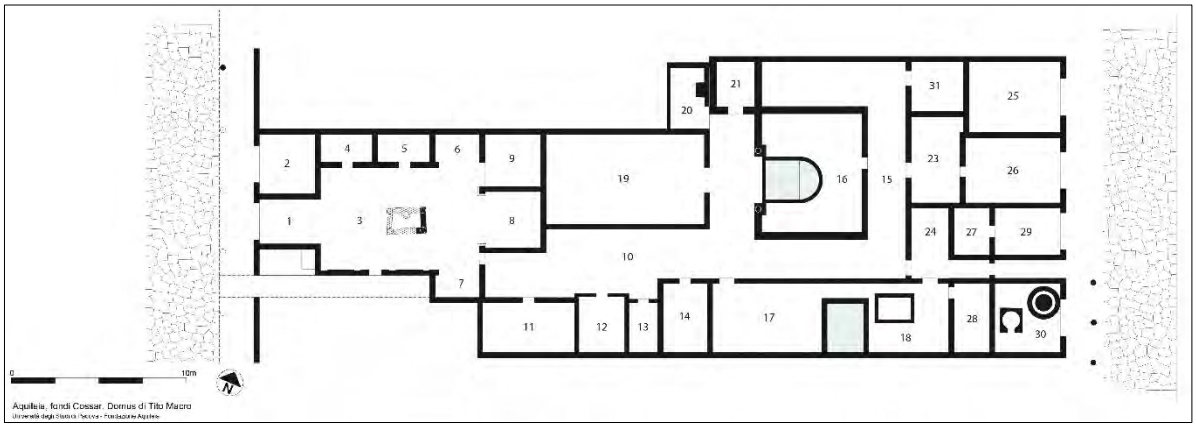


Fig. VI.86 - Aquileia. Pianta generale ricostruttiva della *domus* di Tito macro nella sua conformazione assunta in età imperiale (modificata da BONETTO, FURLAN, PREVIATO c.s.).

Ad est del tablino la planimetria della casa è meno chiara in quanto questo settore è stato oggetto di indagine nel corso del XX secolo. È comunque possibile supporre che in questa prima fase la *domus* si concludesse, alle spalle del *tablinum*, con un giardino/*hortus*, chiuso ad oriente da un lungo muro collocato esattamente alla metà dell'isolato[671]. Dallo studio dei contesti stratigrafici di fondazione degli ambienti della casa, la datazione per la prima fase edilizia è da collocarsi tra il 100 e il 90 a.C.[672].

Fase IIb. Ad un momento successivo sembrano invece risalire altre strutture individuate nella porzione orientale dell'isolato, di cui restano alcuni lacerti. Si tratta di strutture murarie in arenaria, risalenti probabilmente al I secolo a.C. – inizio I secolo d.C. (Fase IIb)[673].

667 GHEDINI, BONETTO 2014, p. 54.

668 I riferimenti numerali di seguiti riportati nella scansione dei diversi ambienti fanno sempre riferimento a questa immagine.

669 BONETTO, FURLAN, PREVIATO c.s.

670 VITR, *De arch*., III, 3-6. A riguardo delle corrispondenze tra le dimensioni architettoniche proposte da Vitruvio e quelle della casa cfr. BONETTO, GHEDINI 2014.

671 BONETTO, GHEDINI 2014, pp. 63-64. Su tale aspetto, connesso a problematiche di urbanistica Aquileiese cfr. inoltre GHIOTTO 2014, in part. pp. 107-108.

672 BONETTO, FURLAN, PREVIATO c.s.

673 BONETTO, FURLAN, PREVIATO c.s.

Fase IIIa. In un momento successivo (fase IIIa), la *domus* fu coinvolta in un importante ampliamento verso la parte orientale dell'isolato[674]. Un corridoio metteva in comunicazione il nuovo settore dell'abitazione con la casa ad atrio repubblicana, mantenuta pressoché immutata, se non per pochi interventi di ristrutturazione.

I nuovi appartamenti orientali gravitavano attorno ad un giardino centrale (16), circondato da un corridoio a quattro bracci conformato, come già detto, a criptoportico (15). Su di questo si apriva, ad ovest, un grande ambiente di rappresentanza, interpretato come *oecus;* a sud invece vi erano vani, pavimentati da rivestimenti musivi, utilizzati come ambienti per l'accoglienza degli ospiti e di soggiorno (11, 12, 13, 14, 17, 18); infine, a nord era situato un vano interpretato come cucina (20). Una fontana decorava il giardino centrale (16), mentre un'altra vasca, di cui resta la preparazione in cocciopesto per una pavimentazione in *opus sectile*, era collocata nella porzione sud-orientale della casa (tra 17 e 18)[675].

Pertinenti alla medesima *insula*, ma non facenti parte della *domus* vera e propria, sono vari vani, riconosciuti come botteghe, rinvenuti sia ad est che ad ovest del complesso, ai lati delle due strade. Sul lato occidentale vi era una sola bottega (2), posta a nord dell'ingresso della *domus*[676]. Sul lato orientale vi erano invece quattro botteghe (25, 26, 29, 30), una delle quali dotata di retrobottega (28), che si aprivano direttamente sul portico orientale. In base ai dati ottenuti dalle indagini stratigrafiche ed allo studio stilistico dei pavimenti sembrerebbe che questa fase edilizia (Fase IIIa) possa collocarsi tra il 25 e il 75 d.C.

Fase IIIb-c. In un periodo a cavallo tra fine del I e II sec. d.C., da collocarsi tra il 75 e il 125 d.C. (fase IIIb), la *domus* centrale fu oggetto di alcuni restauri minori[677], quali il rifacimento del pavimento nell'ambiente di soggiorno situato a nord del *tablinum*[678]. Allo stesso orizzonte cronologico è possibile inquadrare un altro pavimento in tessellato che obliterava un più antico cementizio (11)[679] e le attività di ricostruzione di alcuni setti murari nel settore orientale, che continuarono anche nella successiva fase IIIc (175-250 d.C.)[680].

Fasi IVa-e. Con la fine del III e nel corso del IV sec. d.C. la *domus* centrale vide una fase di minor cura funzionale riscontrabile nell'obliterazione di alcuni condotti per lo smaltimento delle acque di scarico, non più oggetto dell'adeguata pulizia periodica (fase IVa, 250-300 d.C.) [681].

Tuttavia, all'inizio del V sec. d.C. alcuni ambienti della casa furono oggetto di importanti rifacimenti[682]. Nel corso della fase IVc, inquadrabile tra il 400 e il 425 d.C., il giardino interno (16) su cui si affacciava il criptoportico (15) venne ripavimentato con una corte lastricata e, in particolare, la precedente pavimentazione in tessellato monocromo bianco del grande *oecus* (19) venne obliterata con la realizzazione di un mosaico policromo con scena di pesca[683].

Nel settore dell'atrio repubblicano, la corte subì un grosso intervento di ristrutturazione ravvisabile nella nuova pavimentazione in sesquipedali padani che andava a sostituirsi al più antico tessellato mentre la porzione centrale scoperta, al pari di quanto documentato nel giardino orientale, venne ripavimentata con lastre litiche. Alla stessa attività si può attribuire anche

---

[674] Bonetto, Furlan, Previato c.s. Il riconoscimento della posteriorità di fase della porzione orientale della *domus* è andato via via concretizzandosi negli anni (Berto *et alii* 2017, p. 298; Bonetto, Ghedini 2014, p. 64), mentre, fino ad alcuni anni fa, l'intera casa veniva ascritta ad un unico intervento edilizio (Centola *et alii* 2014, pp. 1060-1062; Previato 2015, p. 177; Bueno, Centola, Ghiotto 2014, p. 176; Bueno, Centola 2014, p. 320-321; Centola *et alii* 2012, pp. 113-127).

[675] Cfr. *infra*.

[676] Ghiotto, Madrigali 2014, pp. 63-69.

[677] Su questa fase cfr. Bonetto, Furlan, Previato c.s..

[678] Berto, Furlan, Dilaria, Zago 2014, p. 58

[679] Previato 2014, pp. 47-49; sulla decorazione del pavimento cfr. Bueno 2017l (scheda 462).

[680] Ghiotto, Centola, Madrigali c.s.

[681] Ghiotto, Centola, Madrigali c.s.

[682] Ghiotto, Centola, Madrigali c.s. Nello specifico, sulla fase tardo antica cfr. in particolare Centola, Bueno 2014, pp. 176-178; Centola, Bueno Ghiotto 2014, pp. 319-323; Centola, Bonetto 2013.

[683] Sugli aspetti stilistici del mosaico in questione cfr. Brugnolo 2017g (scheda 472).

la chiusura definitiva dell'accesso dell'ambiente collocato a nord di *tablinium* (9) e la parziale tamponatura dell'accesso a quest'ultimo.

Contestuali a queste attività sono delle generali opere di rialzo dei piani pavimentali, costituite da riporti di materiale eterogeneo. Nella porzione occidentale del corridoio (10), infatti, il pavimento in tessellato di fase IIIa venne obliterato da un potente riporto funzionale alla creazione di un modesto piano in malta[684]; alla stessa maniera venne anche ristrutturata l'ala meridionale (7) dell'atrio repubblicano[685].

In seguito alla razzia attilana (Fase IVd, 425-475 d.C.), la *domus* vide un periodo di progressiva decadenza, testimoniato dall'impiantarsi di strutture lignee e punti di fuoco nella zona dell'atrio e delle botteghe e riscontrato inoltre dalla continua obliterazione dei condotti di scarico dell'acqua, ormai non più efficientemente puliti.

Seguì una fase, circoscrivibile nel periodo della riconquista bizantina dei territori nord italici, di rioccupazione precaria dell'area (Fase IVe, 475-550 d.C), che venne però attuata con modalità differenti da quelle eminentemente abitative. Tale frequentazione è infatti testimoniata dalla presenza di attività artigianali minori che vennero ad impiantarsi su quelli che erano ambienti interni alla casa: il vano 11 divenne infatti sede di un'area di stoccaggio con contenitori ceramici impostati sulle distruzioni dei pavimenti più antichi[686] e in diverse zone dell'edificio sono stati osservati piani battuti e buche di palo, intervallati da livelli di accumulo e focolari[687].

Fasi V-VI. In seguito al periodo altomedievale, vi fu un progressivo abbandono dell'area, durato fino all'800 e testimoniato dalle numerose fosse di spoliazione delle strutture romane.

6.3 - TECNICHE EDILIZIE E MATERIALI DA COSTRUZIONE[688]

6.3.1 - *Le strutture murarie*

Il progetto di costruzione della *Domus* di Tito Macro prevedeva, per consentire il corretto drenaggio dell'umidità del sottosuolo, la messa in opera di sottofondazioni pluristratificate caratterizzate dall'alternarsi di stesure di sabbie/ghiaie e livelli limo-argillosi compatti secondo una modalità che trova confronti anche in altri contesti aquileiesi o, più in generale, padani[689].

Si realizzava così una sorta di rete che seguiva l'articolazione planimetrica dell'abitazione. Gli spazi risparmiati, che avrebbero poi costituito gli ambienti interni della casa, venivano in un secondo momento riempiti mediante riporti limo-argillosi che andavano a costituire le sottofondazioni dei piani pavimentali[690]. Al di sopra dei livelli di sottofondazione, si realizzavano le fondazioni e gli alzati delle strutture murarie, a cui, successivamente, andavano in appoggio i livelli preparatori pavimentali, analizzati in dettaglio in altra sede[691]. Le murature erano realizzate con tecniche diverse che possono essere raggruppate in alcune categorie principali[692]:

1. Muri con fondazione e alzato in blocchetti di calcare disposti per corsi orizzontali (sistema F2/A6): questi setti murari erano realizzati spesso al di sopra dei livelli di sottofondazione.
2. Muri con fondazione e alzato in blocchetti di arenaria disposti per corsi orizzontali (sistema F1/A5): questa tecnica edilizia è stata osservata in pochi setti murari, collocati nella porzione meridionale dell'abitazione.

---

684 GHIOTTO, MADRIGALI, PREVIATO 2012, pp. 47-50.

685 GHIOTTO, MADRIGALI, PREVIATO 2012, pp. 51-54.

686 CENTOLA 2012, pp. 27-29.

687 FURLAN 2012 p. 82; GHIOTTO, MADRIGALI, PREVIATO 2012, p. 50; GHIOTTO, MADRIGALI 2014, p. 63-65.

688 Sull'argomento si veda in particolare PREVIATO 2015, pp. 177-181. Per un'analisi completa di tecniche e materiali costruttivi impiegati nella *domus* di Tito Macro si rimanda all'edizione finale di scavo

689 Sulle sottofondazioni a sedimenti pluristratificati cfr. PREVIATO 2015, pp. 223-232; BONETTO, PREVIATO 2013b; PREVIATO 2012.

690 FURLAN 2012, p. 81.

691 DILARIA 2013/2014.

692 Sulle tecniche di costruzione delle murature e sui sistemi di costruzione si fa riferimento a PREVIATO 2015, *passim*.

3. Muri con fondazione e alzato in mattoni interi o in frammenti di grandi dimensioni disposti per assise orizzontali (sistema F5/A8): questa tipologia di strutture, individuate soprattutto nella zona orientale, era impiegata per i setti perimetrali dell'abitazione. I muri di questa tipologia sono in genere fondati su sistemi di sottofondazione pluristratificata.
4. Muri con fondazione in tegole e alzato in blocchetti di calcare a doppio paramento disposti per corsi orizzontali (sistema F7/A6): queste strutture sono state rinvenute solamente nel settore orientale della casa e costituivano setti interni di demarcazioni delle botteghe.
5. Muri con fondazione e alzato in pietra e terracotta a disposizione irregolare (sistema F10/A13): sono questi setti murari spesso realizzati con materiale di reimpiego, non accuratamente selezionato e messo in opera per filari irregolari.
6. Strutture in tegole e pezzame laterizio (sistema A10): questa tecnica è adottata solo per paramenti murari di tramezzi di divisori e in strutture minori nella *domus*.

6.3.2 - *Infrastrutture idrauliche*

Sono state documentate diverse strutture idrauliche nella casa[693]. Alcune canalette di scolo dell'acqua sono realizzate con fondo, pareti e copertura in laterizi, interi o in frammenti, mentre altre, evidentemente più tarde, impiegano anche spezzoni di pietra e materiale di reimpiego. Quattro vasche erano collocate nella zona orientale dell'edificio ed erano realizzate con tecniche differenti. Quella ubicata tra l'ambiente 17 e 18 presentava al centro una potente preparazione funzionale all'allettamento di un rivestimento in *opus sectile*, come testimoniano le diverse lastre di marmo rivenute nella casa. Infine, il pozzo dell'atrio repubblicano aveva sezione quadrangolare ed era realizzato con paramento in scapoli di arenaria.

6.3.3 - *Pavimentazioni e preparazioni pavimentali*

Le pavimentazioni erano in genere diversificate in base alla destinazione funzionale dei vani o alla fase edilizia[694]. Gran parte degli ambienti erano rivestiti con pavimenti in tessellato, decorati con motivi geometrici o policromi. Un cementizio a base litica con inclusi litici[695] è stato individuato presso l'ambiente 11, mentre pavimenti in grandi tessere fittili costituivano i rivestimenti dei cubicoli e delle botteghe orientali.

Soprattutto nelle fasi più tarde di vita dell'abitazione alcuni vani furono oggetto di rifacimenti con piani in malta, individuati nell'area del corridoio (10) e dell'ala sud (7).

6.3.4 - *I materiali*

Per quanto riguarda i materiali edilizi[696], la pietra venne ampiamente impiegata nella *domus* centrale, soprattutto nella costruzione dei setti murari e sotto forma di lastre pavimentali. I litotipi maggiormente utilizzati sono il calcare di Aurisina (chiara e fiorita) seguita dai calcari neri e grigi provenienti prevalentemente dal bacino del carso isontino. L'arenaria è impiegata in misura minore ed era recuperata probabilmente dal litorale istriano. Marmi[697] di diversa foggia erano impiegati sotto forma di modanature architettoniche o come lastre pavimentali.

I laterizi interi e in frammenti trovavano infine impiego sia nei setti murari, che nella costruzione di canalette di scarico delle acque che, sotto forma di tessere, nei rivestimenti pavimentali di alcuni vani della casa e delle botteghe adiacenti.

---

[693] Previato 2015, pp. 179-180

[694] Previato 2015, p. 180. Buona parte delle preparazioni pavimentali sono state analizzate in Dilaria 2013/2014. Per uno studio stilistico delle pavimentazioni della casa e per una preliminare descrizione degli strati preparatori cfr. *I pavimenti romani* 2017, pp. 299-311.

[695] Si fa qui riferimento alla terminologia adottata in Grandi, Guidobaldi 2006.

[696] Previato 2015, pp. 180-181. Per un'analisi completa dei materiali impiegati nella domus si rimanda all'edizione finale di scavo

[697] Si fa qui riferimento ai marmi secondo il termine commerciale di pietra lavorabile e lucidabile.

6.4 - CAMPIONAMENTO

Dal contesto della *Domus* di Tito Macro sono stati prelevati 49 campioni (tab. VI.40; tav. 10), relativi a: a) miscele leganti di allettamento di paramenti o nuclei di strutture murarie (WM); b) miscele leganti a stesura orizzontale messe in opera con funzione strutturale o impiegate come supporti preparatori per pavimentali di diversa tipologia (PREP); c) miscele leganti di allettamento di strutture idrauliche, quali canalette e condotti di scarico (CM).

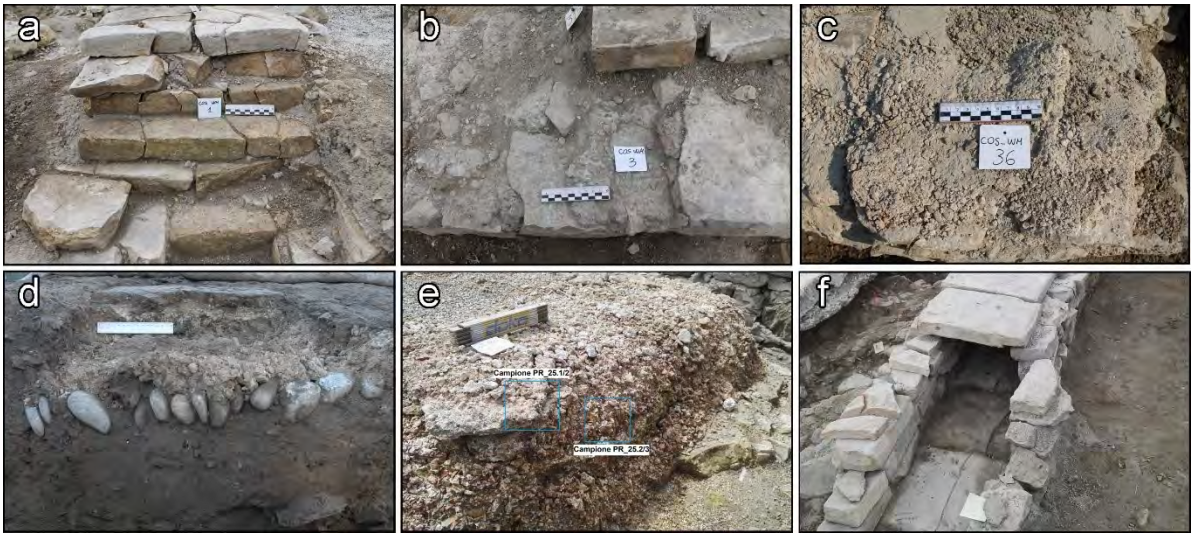


Fig. VI.87 – Aquileia, *Domus* di Tito Macro. Campionamento. a) Setto perimetrale nord della *domus* realizzato con sistema F5/A8; b) Setto perimetrale est della *domus* realizzato con sistema F2/A6; c) Setto perimetrale della *domus* repubblicana; d) Preparazione del pavimento in grandi tessere fittili del cubicolo (5); e) preparazione del pavimento in *opus sectile* collocato al centro della vasca tra amb. 17 e 18; b) Canaletta realizzata con spallette in frammenti fittili e fondo e copertura in laterizi interi.

A miscele leganti di allettamento delle strutture con fondazione e alzato in blocchetti di calcare disposti a doppio paramento (sistema F2/A6) sono riferibili i campioni COS_WM_3 (fig. VI.87, b), 9, 10, 19, 25, 31, 33, 34, 35, 36 (fig. VI.87, c), 37, 39; dalle strutture con fondazione e alzato in blocchetti di arenaria disposti a doppio paramento di arenaria (sistema F1/A5) proviene il solo campione COS_WM_32; dalle strutture con fondazione in tegole e alzato in blocchetti di calcare a doppio paramento (sistema F7/A6) provengono rispettivamente i campioni COS_WM_14, 23, 24, 29 e COS_WM_15, 28 e 5[698]; dalle fondazioni dei setti perimetrali nord e sud della *Domus* di Tito Macro realizzati con fondazione e alzato in mattoni interi disposti per assise orizzontali (sistema F5/A8) sono stati prelevati due campioni da sottili stesure di allettamento (COS_WM_1 (fig. VI.87, a), 30); a strutture con fondazione e alzato in materiale eterogeneo disposti in maniera irregolare (sistema F10/A13) fanno riferimento i campioni COS_WM_6, 7, 11, 17, 27, 38, 40; due campioni COS_WM_8 e 22 provengono da setti con alzato in pezzame laterizio ad assise orizzontali (tipo A10); infine, i campioni COS_WM_12 e 13 sono rappresentativi delle malte di allettamento di due pilastri del portico orientale.

I campioni riferibili a tessellati di fase IIa sono i campioni COS_PREP_3, 4, 6, prelevati dal massetto del mosaico della corte della casa repubblicana (3), mentre i campioni COS_PREP_8, 9, 24 e 12 provengono rispettivamente dal sottofondo del pavimento in grandi tessere fittili (fig. VI.87, d) di uno dei *cubicola* (5), dalle pavimentazioni dell'ala nord (6), del *tablinum* (8) e dell'ambiente a nord del *tablinum* (9). Leggermente più tardo è il pavimento cementizio dell'ambiente 11 (fase IIIa), la cui preparazione è stata campionata. Ascrivibili a fasi di rifacimento sono

698 Le indagini di scavo non si sono approfondite a tal punto da permettere di indagare la fondazione del setto murario da cui proviene il campione COS_WM_5. Se l'alzato risulta realizzato con alzato in conci di calcare (tecnica A6), la fondazione si ipotizza essere in tegole, sulla base di analogie planimetriche con altri setti individuati in questo settore (Previato, comunicazione personale).

i campioni COS_PREP_1, 11 e 15, prelevati rispettivamente dalle preparazioni dei rifacimenti musivi delle *fauces* (1) (fase IIIa), del pavimento nell'ambiente a nord del *tablinum* (fase IIIb) e dal pavimento musivo, particolarmente lacunoso, realizzato al di sopra del cementizio nell'ambiente 11 (fase IIIb). Infine, anche la preparazione del pavimento in mattonato della corte (3), così come il piano in malta rinvenuto nella porzione ovest del corridoio (10), entrambi datati alla fase IVc sono stati campionati (COS_PREP_7 e COS_PREP_13 rispettivamente). Il campione COS_PREP_25 proviene dalla zona orientale della casa e nello specifico dalla preparazione di una struttura rivestita in *opus sectile* tra l'ambiente 17 e 18, interpretata come vasca (fig. VI.87, e)[699].

Campione	US	Funzione	Tipologia struttura/pavimentazione				Fase	Cronologia
WM Samples								
COS_WM_1	239	allett.	str. mur.	fondazione	mattoni interi ad assise orizzontali	F5	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_3	431	allett.	str. mur.	fondazione	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F2/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_5	22	allett.	str. mur.	alzato (?)	fond. tegole, alz. blocchetti di calcare	F7/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_6	140	allett.	str. mur.	fondazione	pietra e terracotta a disposizione irregolare	F10/A13	IIIC	175-250 d.C.
COS_WM_7	7019	allett.	str. mur.	alzato	pietra e terracotta a disposizione irregolare	F10/A13	IIIC	175-250 d.C.
COS_WM_8	7416	allett.	str. mur.	alzato	pezzame laterizio ad assise orizzontali	A 10	IIIAbis	25-75 d.C.
COS_WM_9	7054	allett.	str. mur.	alzato	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F2/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_10	7106	allett.	str. mur.	alzato (?)	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F2/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_11	7005	allett.	str. mur.	fondazione	pietra e terracotta a disposizione irregolare	F10/A13	IVA	250-300 d.C.
COS_WM_12	7028	allett.	str. mur.	fondazione	pilastro		IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_13	7029	allett.	str. mur.	fondazione	pilastro		IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_14	179	allett.	str. mur.	fondazione	fond. tegole, alz. blocchetti di calcare	F7/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_15	179	allett.	str. mur.	alzato	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F7/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_17	80	allett.	str. mur.	fondazione	pietra e terracotta a disposizione irregolare	F10/A13	IIIB	75-175 d.C.
COS_WM_19	2050	allett.	str. mur.	fondazione	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F2/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_22	7248	allett.	str. mur.	alzato	pezzame laterizio ad assise orizzontali	A 10	IIIB	75-175 d.C.
COS_WM_23	91=148	allett.	str. mur.	fondazione	fond. tegole, alz. blocchetti di calcare	F7/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_24	2150	allett.	str. mur.	fondazione	fond. tegole, alz. blocchetti di calcare	F7/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_25	2074	allett.	str. mur.	fondazione	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F2/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_27	2149	allett.	str. mur.	fondazione	pietra e terracotta a disposizione irregolare	F10/A13	IIIB	75-175 d.C.
COS_WM_28	91	allett.	str. mur.	alzato	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F7/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_29	7086	allett.	str. mur.	fondazione	fond. tegole, alz. blocchetti di calcare	F7/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_30	7012	allett.	str. mur.	fondazione	mattoni interi ad assise orizzontali	F5	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_31	284	allett.	str. mur.	alzato	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F2/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_32	7036	allett.	str. mur.	fondazione	blocchetti di arenaria ad assise orizzontali	F1	IIB	90 a.C.-25 d.C.
COS_WM_33	3162	allett.	str. mur.	fondazione	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F2/A6	IIA	100-90 a.C.
COS_WM_34	3182	allett.	str. mur.	fondazione	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F2/A6	IIA	100-90 a.C.
COS_WM_35	3346	allett.	str. mur.	fondazione	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F2/A6	IIIA	25-75 d.C.
COS_WM_36	4072	allett.	str. mur.	fondazione	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F2/A6	IIA	100-90 a.C.
COS_WM_37	3057	allett.	str. mur.	fondazione	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F2/A6	IIA	100-90 a.C.
COS_WM_38	3005	allett.	str. mur.	alzato	pietra e terracotta a disposizione irregolare	F10/A13	IVc	400-425 d.C.
COS_WM_39	4094	allett.	str. mur.	fondazione	blocchetti di calcare ad assise orizzontali	F2/A6	IIA	100-90 a.C.
COS_WM_40	5052	allett.	str. mur.	fondazione	pietra e terracotta a disposizione irregolare	F10/A13	IVc	400-425 d.C.
PREP Samples								
COS_PREP_1	4277	strut.	prep. pavimentale		tessellato		IIIA	25-75 d.C.
COS_PREP_3	4126	strut.	prep. pavimentale		tessellato		IIA	(100-90 a.C.)
COS_PREP_4	3038	strut.	prep. pavimentale		tessellato		IIA	(100-90 a.C.)
COS_PREP_6	3116	strut.	prep. pavimentale		tessellato		IIA	(100-90 a.C.)
COS_PREP_7	3092	strut.	prep. pavimentale		mattoni sesquipedali		IVc	400-425 d.C.
COS_PREP_8	3037	strut.	prep. pavimentale		grandi tessere fittili		IIA	(100-90 a.C.)
COS_PREP_9	4068	strut.	prep. pavimentale		tessellato		IIA	(100-90 a.C.)
COS_PREP_11	3229	strut.	prep. pavimentale		tessellato		IIIB	(75-175 d.C.)
COS_PREP_12	4468	strut.	prep. pavimentale		tessellato		IIA	(100-90 a.C.)
COS_PREP_13	3447	strut.	prep. pavimentale		piano in malta		IVc	400-425 d.C.
COS_PREP_15	3231=3675	strut.	prep. pavimentale		tessellato		IIIB	(75-175 d.C.)
COS_PREP_16	3039	strut.	prep. pavimentale		cementizio a base litica		IIIA	25-75 d.C.
COS_PREP_24		strut.	prep. pavimentale		tessellato		IIA	(100-90 a.C.)
COS_PREP_25		strut.	prep. pavimentale		*opus sectile*		IIIA	25-75 d.C.
CM Samples								
COS_CM_2	39	allett.	canaletta	parete	canaletta in laterizi		IIIA	25-75 d.C.
COS_CM_7	2070	allett.	canaletta	parete	canaletta in laterizi		IIIA	25-75 d.C.

Tab. VI.40 – Elenco riassuntivo dei campioni analizzati dal complesso della *Domus* di Tito macro con indicazione delle strutture di provenienza e relativo inquadramento cronologico.

[699] Ulteriori campioni sono stati precedentemente analizzati ma qui non analizzati perché esterni alla *Domus* di Tito Macro (cfr. Dilaria *et alii* 2016; Secco *et alii* 2018).

I campioni COS_CM_2 e 7 provengono invece da sottili allettamenti delle pareti di due canalette di scolo collocate nella porzione orientale della *domus* (fig. VI.87, f).

Prima di procedere alle analisi archeometriche, i campioni sono stati tagliati tramite troncatrice petrografica (fig. VI.88) e ne è stato effettuato un preliminare studio macroscopico delle caratteristiche salienti (riportato successivamente nella descrizione petrografica dei composti).

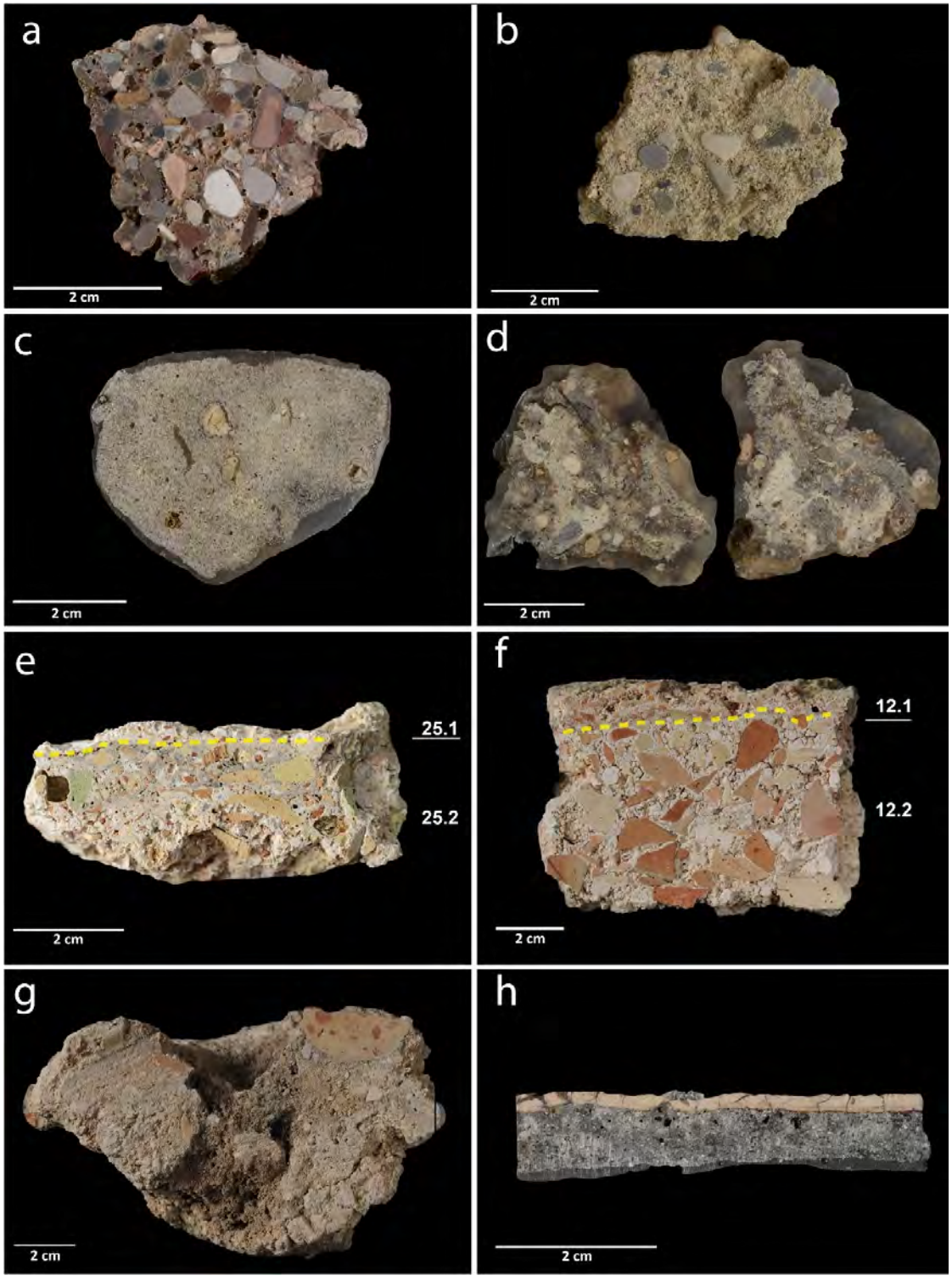


Fig. VI.88 – Tagli petrografici di una selezione di campioni di interesse prelevati dal contesto della Domus di Tito Macro. a) COS_WM_34; b) COS_WM_3; c) COS_WM_30 (dopo consolidamento in resina epossidica); d) COS_WM_7 (dopo consolidamento in resina epossidica); e) COS_PREP_25, livelli 25.1, 25.2; f) COS_PREP_12, livelli 12.1, 12.2; COS_PREP_13; h) COS_CM_2 (dopo consolidamento in resina epossidica).

6.5 - RISULTATI DELLE ANALISI ARCHEOMETRICHE

Su tutti i campioni in esame sono state effettuate analisi in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM). Su una selezione di campioni, rappresentativi dei gruppi individuati in seguito ad analisi OM, sono state inoltre condotte analisi mineralogiche tramite analisi in diffrazione delle polveri, operate sia sui campioni massivi (*XRPD-bulk*) che su alcune frazioni leganti separate (*XRPD-binder*), nonché analisi chimiche e microstrutturali (SEM-EDS) finalizzate all'indagine della composizione chimica dei leganti e all'osservazione puntuale delle aree di reazione pozzolanica (tab. VI.41).

Campione	OM	XRPD - *bulk*	XRPD - *binder*	SEM-EDS
WM samples				
COS_WM_1	x	x		
COS_WM_3	x	x		
COS_WM_5	x			
COS_WM_6	x			
COS_WM_7	x	x		
COS_WM_8	x	x		
COS_WM_9	x			
COS_WM_10	x			
COS_WM_11	x	x		
COS_WM_12	x	x		
COS_WM_13	x			
COS_WM_14	x			
COS_WM_15	x			
COS_WM_19	x			
COS_WM_21	x			
COS_WM_22	x	x		
COS_WM_23	x			
COS_WM_24	x			
COS_WM_25	x	x		
COS_WM_27	x	x		
COS_WM_28	x	x		
COS_WM_29	x	x		
COS_WM_30	x			
COS_WM_31	x			
COS_WM_32	x	x		
COS_WM_33	x	x		
COS_WM_34	x	x		x
COS_WM_35	x	x		
COS_WM_36	x			
COS_WM_37	x			
COS_WM_38	x	x		
COS_WM_39	x			
COS_WM_40	x	x		

Campione	OM	XRPD - *bulk*	XRPD - *binder*	SEM-EDS
PREP samples				
COS_PREP_1	x	x		x
COS_PREP_3	x	3.2		
COS_PREP_4	x	4.2		x
COS_PREP_6	x	6.2		
COS_PREP_7	x	x		
COS_PREP_8	x	x		
COS_PREP_9	x	9.1		
COS_PREP_11	x	x		x
COS_PREP_12	x	12.2		x
COS_PREP_13	x	x		x
COS_PREP_15	x	15.2		x
COS_PREP_16	x	x		
COS_PREP_24	x			
COS_PREP_25	x	25.2	25.2	x
CM Samples				
COS_CM_1	x	x		
COS_CM_2	x	x		

Tab. VI.41 – Elenco analisi archeometriche effettuate sui campioni in esame della *Domus* di Tito Macro. I valori numerici inseriti in alcuni campi si riferiscono all'analisi specifica di determinati livelli, nel caso di campioni pluristratificati (cfr. *infra*).

6.5.1 - *Analisi in microscopia ottica (OM)*

Le analisi in microscopia ottica (OM) sono state effettuate su tutti i campioni di miscele leganti presi in esame. Osservazioni distinte sono state operate sui campioni di tipologia WM, PREP e CM di seguito discusse. L'analisi statistica multivariata (PCA) operata sui dati parametrizzati desunti dall'analisi OM ha permesso di definire dei gruppi di campioni di miscela legante, tra loro composizionalmente affini per ciò che concerne gli aspetti petrografico-composizionali.

6.5.1.1 - Miscele di allettamento di paramenti e nuclei di strutture murarie

L'analisi statistica multivariata (PCA) condotta su dati desunti dalle analisi petrografiche effettuate su campioni di malte di allettamento di setti murari (tab. VI.42), prelevati da porzioni di fondazione o alzato delle strutture, ha permesso di distinguere i campioni in esame all'interno di 4 gruppi (fig. VI.89) a loro volta distinti in più sottogruppi. I gruppi sono stati desunti dall'analisi PCA operata sulla totalità dei campioni. I sottogruppi sono stati individuati a seguito dell'analisi PCA effettuata su una selezione di campioni ad esclusione di miscele che presentava-

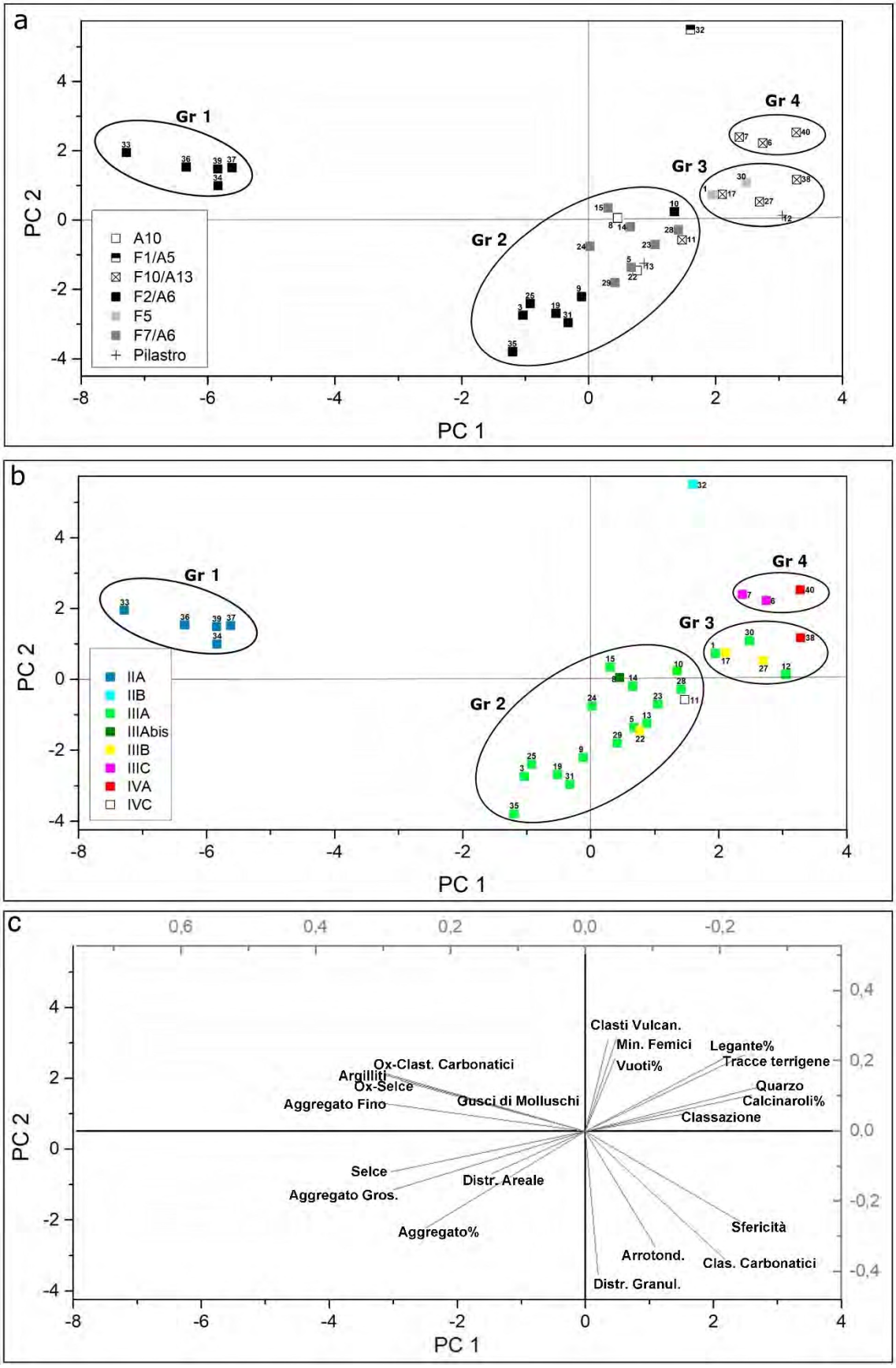


Fig. VI.89 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate sui campioni COS_WM in riferimento ad: a) tecniche edilizie delle strutture murarie di provenienza; b) fase edilizia; c) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 54% della varianza totale. I gruppi principali individuati in base a sample-clustering sono stati raggruppati da ellissi.

Campione	Spessore (mm)	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp.mineral.	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante%	*Vughs v.*	*Vescicles v.*	*Planar v.*	*Channels v.*	Vuoti%	Agg. Dim max. (mm)	Agg. Dim min. (mm)	Agg. dim media gross. (mm)	Agg. dim media fino (mm)	Classazione	Distr. Gran.	Distr. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Orientazione	bordi di reazione	Clasti carbonatici	Ox-Cl. Carbonat.	Argilliti	Selce	Ox-Selce	Quarzo	Calcite spatica	Arenaria	Fraz. terrigena	Minerali femici	Feldspati	Clasti vulcanici	Gusci di mollusc.	Malte di riciclo	Ematite	Mica	Carbone	Fibre vegetali	Prod. di neof.
Desc. Macroscopica			*Legante*						*Vuoti*														*Aggregato*																				*Add.*	
COS_WM_1	19,0*	2.5Y 8/6	5	3	1	12	1/1.5	37	3	2	-	-	14	2,00	0,05	0,70	0,24	5	1	5	4	4	49	1	-	6	-	-	3	-	2	2	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-
COS_WM_3	17,0*	2.5Y 8/2	5	3	1	5	1/3	23	3	1	-	-	10	11,30	0,05	5,96	0,47	3	2	5	4	5	67	-	-	7	-	-	5	-	2	-	2	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-
COS_WM_5	41,0*	2.5Y 8/3	5	3	1	7	1/2.5	24	3	1	-	-	12	13,70	0,05	3,40	0,44	4	2	2	4	4	64	-	-	7	-	-	4	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
COS_WM_6	38,0*	2.5Y 5/3	1	3	1	15	1.5/1	53	1	2	-	-	9	5,86	0,05	2,91	0,38	2	1	1	3	4	38	-	-	5	-	-	2	-	4	1	5	-	-	-	3	-	1	-	2	1	
COS_WM_7	38,0*	2.5Y 5/3	1	3	1	12	1.5/1	58	1	2	-	-	6	4,65	0,05	2,36	0,35	2	1	1	3	3	36	-	-	5	-	-	2	-	3	1	2	5	-	-	-	4	-	1	-	2	1	
COS_WM_8	24,0*	2.5Y 8/4	5	3	1	5	1/2	26	4	3	-	-	18	4,00	0,05	1,73	0,50	5	1	5	4	4	56	-	-	7	-	-	4	-	2	1	2	2	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	
COS_WM_9	67,0*	2.5Y 8/2	5	3	1	10	1/2.5	28	3	1	-	-	10	10,70	0,05	5,10	0,32	2	2	5	5	4	62	-	-	7	-	-	5	-	2	-	2	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
COS_WM_10	42,0	2.5Y 8/2	5	3	1	5	1/1.5	39	2	1	-	-	8	6,77	0,05	1,88	0,14	4	1	5	3	4	53	-	-	6	-	-	4	-	4	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
COS_WM_11	42,0*	2.5Y 6/3	2	3	1	14	1/1.5	35	4	2	-	-	16	10,48	0,05	4,50	0,17	2	2	4	4	5	49	-	-	6	-	-	4	-	2	-	4	4	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	
COS_WM_12	26,0	2.5Y 8/1	4	3	1	10	1.5/1	53	3	1	-	1	9	1,00	0,05	0,66	0,18	5	1	6	5	5	38	-	-	5	-	-	2	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	
COS_WM_13	38,0*	2.5Y 8/4	5	3	1	12	1/2	31	4	2	-	1	16	5,70	0,05	2,43	0,38	3	2	4	4	5	53	-	-	7	-	-	4	-	2	1	1	1	-	1	-	1	-	-	-	3	-	
COS_WM_14	39,0*	2.5Y 8/2	5	3	1	2	1/1.5	34	3	1	-	-	11	14,55	0,05	3,41	0,46	3	1	3	4	5	55	-	-	6	-	-	5	-	3	-	4	3	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	
COS_WM_15	39,0*	2.5Y 8/2	5	3	1	5	1/2.5	25	4	1	-	-	15	12,22	0,05	3,01	0,38	4	1	3	3	3	60	-	-	7	-	-	4	-	3	-	1	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	
COS_WM_17	59,0*	2.5Y 8/6	5	3	1	16	1/1.5	35	2	2	-	-	8	1,78	0,05	0,51	0,17	5	1	5	3	4	57	-	-	6	-	-	3	-	5	1	2	2	-	-	-	1	-	-	1	2	2	-	
COS_WM_19	23,0*	2.5Y 8/2	5	3	1	5	1/3.5	20	3	1	-	-	12	7,11	0,05	5,20	0,41	3	2	5	4	5	68	-	-	7	-	-	5	-	2	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
COS_WM_22	27,0*	2.5Y 8/4	5	3	1	7	1/2	33	3	1	1	-	8	5,66	0,05	2,50	0,39	3	2	3	4	4	59	-	-	7	-	-	4	-	3	-	2	1	-	1	-	-	-	-	1	-	4	-	
COS_WM_23	22,0*	2.5Y 6/3	5	3	1	2	1/2.5	25	1	3	-	-	13	11,14	0,05	3,26	0,28	3	2	3	4	4	62	-	-	6	-	-	2	1	5	-	1	2	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	
COS_WM_24	27,0*	2.5Y 8/2	5	3	1	2	1/2	28	3	-	-	-	11	12,03	0,05	2,84	0,39	3	2	4	4	3	61	-	-	7	-	-	4	-	3	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	
COS_WM_25	32,0*	2.5Y 8/2	5	3	1	7	1/2.5	27	5	-	-	-	8	7,92	0,05	4,40	0,42	3	2	5	4	5	65	-	-	6	-	-	6	-	1	-	2	1	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	
COS_WM_27	27,0*	2.5Y 8/2	5	3	1	15	1/1.5	33	4	1	-	-	14	1,94	0,05	0,73	0,17	4	1	4	4	4	53	-	-	7	-	-	4	-	5	-	1	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-
COS_WM_28	42,0*	2.5Y 8/3	5	3	1	5	1/1.5	34	2	2	-	-	10	9,30	0,05	2,20	0,33	3	2	3	4	4	56	-	-	7	-	-	2	-	5	-	1	-	-	-	-	1	3	-	1	-	2	-	
COS_WM_29	57,0*	2.5Y 8/3	5	3	1	2	1/2	30	3	-	-	-	9	20,00	0,05	3,96	0,30	3	2	3	4	4	61	-	-	8	-	-	3	-	3	-	1	-	-	-	-	1	-	-	1	-	2	-	
COS_WM_30	42,0*	2.5Y 8/6	5	3	1	15	1/1	40	3	1	-	2	15	1,98	0,05	0,68	0,22	5	1	5	4	4	45	1	-	6	-	-	3	-	4	1	1	2	-	1	-	1	-	1	1	-	1	-	
COS_WM_31	23,0*	2.5Y 8/2	5	3	1	7	1/3.5	22	2	-	-	-	5	9,41	0,05	4,88	0,38	2	2	4	4	5	73	-	-	7	-	-	4	-	2	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
COS_WM_32	32,0*	2.5Y 8/3	4	3	1	10	1/1.5	36	5	2	-	-	15	2,57	0,05	1,38	0,41	3	1	3	3	3	49	-	-	3	-	-	2	-	4	-	1	3	6	4	3	1	-	-	1	-	2	-	
COS_WM_33	22,0*	n.d.	5	3	1	-	1/4	17	3	2	-	-	11	11,3	0,05	6,23	0,79	2	1	5	2	3	72	-	-	2	2	3	6	4	1	-	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	
COS_WM_34	42,0*	n.d.	5	3	1	-	1/4	18	3	2	-	1	13	11,43	0,05	6,57	0,83	3	1	5	2	4	69	-	-	3	2	3	6	3	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
COS_WM_35	51,0*	n.d.	5	3	1	2	1/5.5	14	3	-	-	-	7	23,4	0,05	7,34	0,39	2	2	4	4	5	79	1	1	8	-	-	4	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
COS_WM_36	32,0*	n.d.	5	3	1	-	1/3	22	3	2	-	1	12	13,9	0,05	7,57	0,81	2	1	5	2	3	66	-	-	3	2	3	6	3	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	
COS_WM_37	32,0*	n.d.	5	3	1	1	1/2.5	23	3	2	-	2	14	11,95	0,05	6,86	0,77	3	1	5	3	3	63	-	-	2	3	2	7	1	1	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	
COS_WM_38	41,0*	n.d.	4	3	1	20	1.5/1	50	4	3	-	1	16	5,27	0,05	1,11	0,34	4	1	4	5	4	34	-	-	6	-	-	2	-	3	1	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
COS_WM_39	36,0*	n.d.	5	3	1	-	1/3	23	3	2	-	-	11	11,53	0,05	5,88	0,79	2	1	5	2	3	66	-	-	2	3	2	7	1	1	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
COS_WM_40	31,0*	n.d.	5	3	1	10	1/1	34	2	2	4	4	25	12,9	0,05	1,25	0,2	3	1	2	4	4	41	1	1	5	-	-	2	-	5	2	2	5	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	

Tab. VI.42 – Tavola riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di miscele di malte di allettamento di strutture murarie della *Domus* di Tito Macro.

no caratteristiche estremamente discordanti rispetto al nucleo principale (fig. VI.90). Ciò ha permesso di valorizzare differenze secondarie all'interno dei gruppi composizionali. Si può osservare come i gruppi riconosciuti siano composti da campioni prelevati da strutture che afferiscono alla medesima fase edilizia e, in misura minore, caratterizzati dalla medesima tecnica edilizia.

Vengono di seguito descritte le caratteristiche petrografiche dei campioni all'interno dei gruppi/sottogruppi individuati.

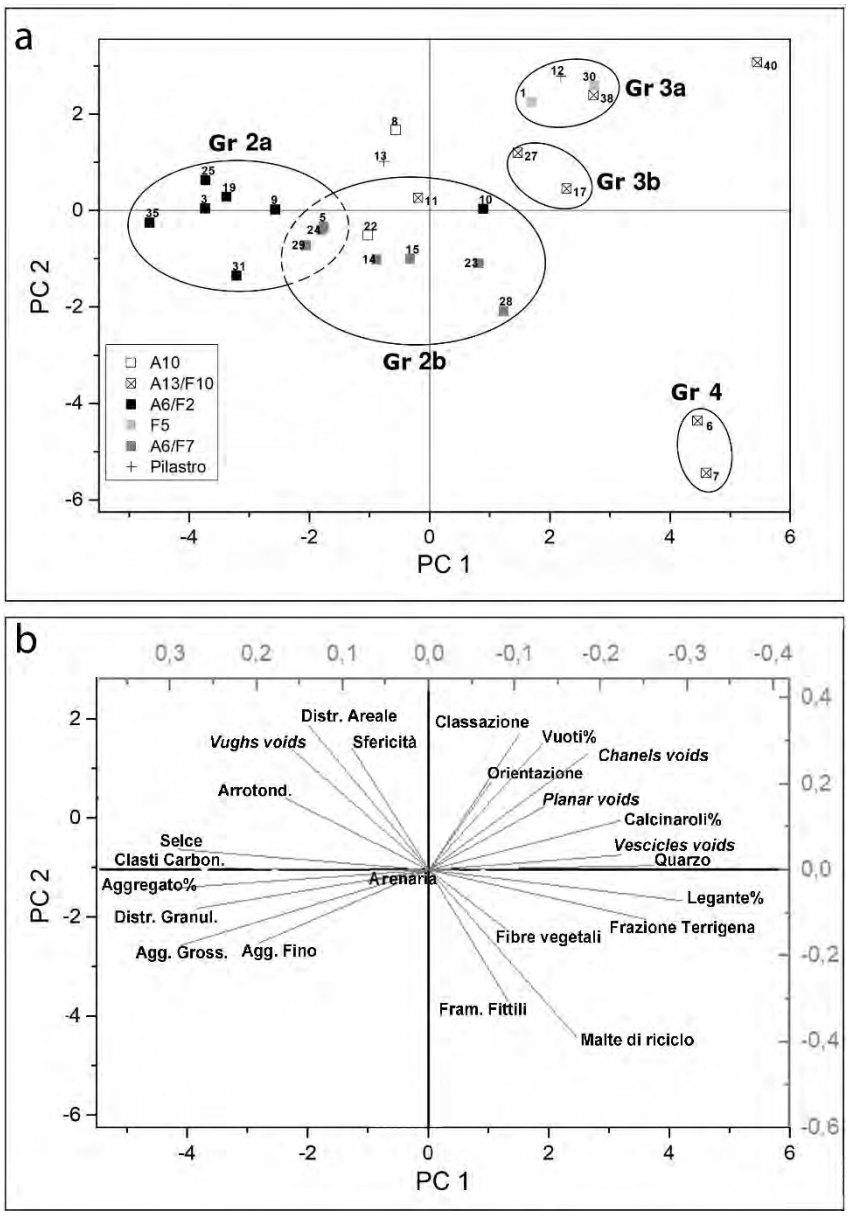


Fig. VI.90 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate su una selezione di campioni COS_WM, in riferimento ad: a) tecniche edilizie delle strutture murarie di provenienza; b) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 53% della varianza totale. I gruppi principali individuati in base a sample-clustering sono stati raggruppati da ellissi.

Gruppo 1 – Campioni COS_WM_33, 34, 36, 37, 39

Le malte del GR 1 si distinguono chiaramente per ciò che riguarda le caratteristiche composizionali e petrografiche dell'aggregato rispetto a tutti gli altri campioni analizzati (fig. VI.88, a). Caratterizzante è la componente smagrante, costituita pressoché esclusivamente da ghiaia fine e media poco sferica ma fortemente arrotondata. Tracce di sabbie medio/fini sono presenti in percentuali trascurabili. La componente ghiaiosa è costituita da una prevalente frazione selcifera, angolosa, che si presenta, ad osservazione macroscopica, spesso fortemente ossidata, con colorazione variabile tra il colore rosa pallido e il rosso (*light red*, 2.5YR 7/6; *reddish brown*, 2.5YR 4/3). Secondariamente sono presenti calcari e calcareniti a composizione microcristallina dai bassi colori di interferenza, anch'essi dall'aspetto fortemente ossidato (fig. VI.91, a). Argilliti e arenarie quarzose sono presenti in aliquote ridotte. Tracce di aggregato fino, costituite soprattutto da quarzo e sabbia carbonatica, sono presenti soprattutto nel campione COS_WM_39. Il legante, stimato a circa il 20% del volume, è carbonatico e omogeneamente mi-

scelato all'aggregato in un composto che, seppur magro (il rapporto L/A è di 1:4 ca), risulta comunque piuttosto tenace. Grumi di legante sono pressoché assenti. La porosità è discreta (10-15% vol. ca) con vuoti di tipo *vughs/vescicles*.

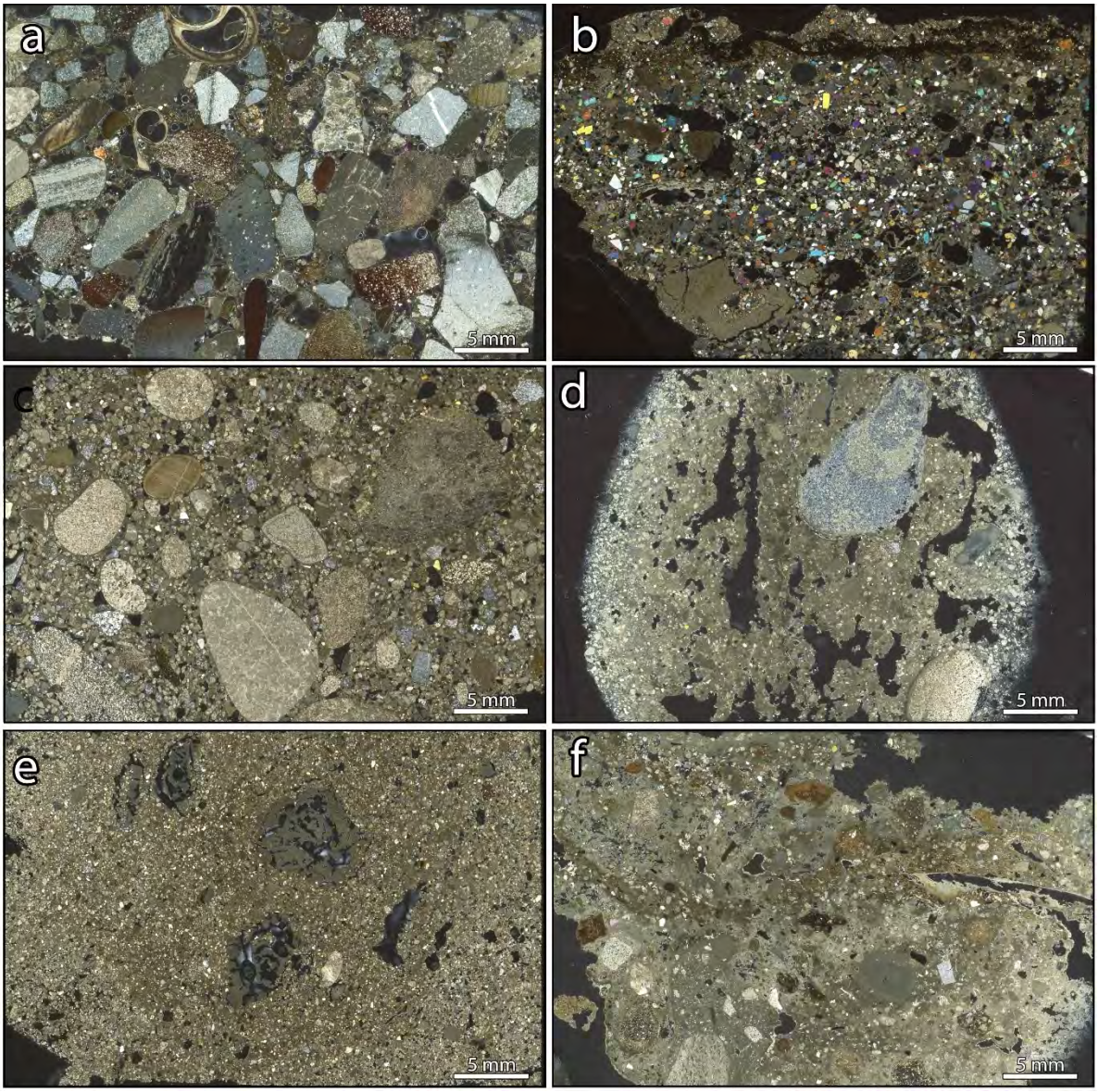


Fig. VI.91 – Acquisizioni immagini in microscopia ottica a luce polarizzata trasmessa. a) COS_WM_33 (XN); b) COS_WM_32 (XN); COS_WM_3 (XN); d) COS_WM_40 (XN); COS_WM_30 (XN); COS_WM_7 (XN).

Gruppo 2a – Campioni COS_WM_3, 9, 19, 25, 31, 35*

Questo sottogruppo si distingue per la distribuzione granulometrica nettamente bimodale dell'aggregato (fig. VI.88, b), rappresentato prevalentemente da sabbia media e ghiaia medio/fina molto ben distribuite nella malta, in un composto ad aspetto conglomeratico e mediamente tenace (fig. VI.91, c). Il legante è carbonatico, a tessitura omogenea, miscelato con l'aggregato in un rapporto L/A di 1:3 circa. Grumi di legante sono spesso presenti (7-10% vol. ca), mentre la porosità è ridotta (10% vol. ca). Petrograficamente, l'aggregato (65-70% in vol. ca) è composto da prevalenti clasti carbonatici con secondaria occorrenza di selce e arenaria. Cristalli di quarzo sono presenti in percentuali ridotte e gusci di molluschi in tracce minime (< 1%). Accostabile al GR 2a sono pure il campione COS_WM_35, che si distingue tuttavia per l'abbondanza di aggregato grossolano rappresentato da ghiaia medio/grossa, in una malta particolarmente

magra (L/A 1:5 circa), e i campioni COS_5, 24, e 29, caratterizzati da un aggregato complessivamente più fino, in misura tale da associarli maggiormente ai campioni del gruppo 2b (fig. VI.90, b).

Gruppo 2b – Campioni COS_WM_5*, 10, 11*, 13, 14, 15, 22, 23?, 24*, 28, 29*

Questo sottogruppo si caratterizza per una distribuzione granulometrica tendenzialmente bimodale dell'aggregato, dimensionalmente più fino rispetto ai campioni del GR 2a (fig. VI.90, b) e rappresentato prevalentemente da sabbia medio/fina e secondari clasti di ghiaia fina. Inoltre, nel GR 2b, la porosità è maggiore (10-15% vol. ca), così come lo è la frazione legante, che si attesta in rapporti L/A di circa 1:2 o 1:2.5. Inoltre, le malte di questo gruppo si presentano più friabili di quelle del GR 2a. Petrograficamente, l'aggregato (60-65% vol. ca) è composto da clasti carbonatici prevalenti e secondaria selce e arenaria. Quarzo è presente in frazione minoritaria.

Si discosta leggermente il campione COS_WM_11 per la porosità particolarmente elevata (16% circa) e la maggior concentrazione di infiltrazioni di origine terrigena.

Gruppo 3a – Campioni COS_WM_1, 30, 38, 12

Il GR 3a si caratterizza per l'elevata classazione dell'aggregato (fig. VI.88, c), composto da esclusiva sabbia fina, omogeneamente distribuita nelle miscele. Il legante è carbonatico (35-40% vol. ca) distribuito con frequenti grumi (10% vol. ca), in una malta leggermente grassa (L/A 1:1 o 1:1.5). La porosità è del 15% vol. ca con diffusi pori di tipo *vughs* che rendono il composto friabile. Petrograficamente, l'aggregato (45% del vol. ca) è rappresentato da prevalente sabbia carbonatica mista a secondaria selce e quarzo, con minore occorrenza di arenaria e miche (fig. VI.91, e). Vi è un moderato contributo terrigeno nei campioni COS_WM_1 e 30.

Si distinguono leggermente i campioni COS_WM_38 e COS_WM_12 per un rapporto L/A particolarmente elevato (1.5:1), dovuto all'abbondante concentrazione di legante (50%), non considerato comunque rilevante nel complesso dall'analisi multivariata in rispetto al dataset.

Gruppo 3b – Campioni COS_WM_17, 27.

I campioni del GR 3b si distinguono da quelli del GR 3a per un aggregato rappresentato da sabbia fina e finissima (Ø 0,17 mm) ed una maggior occorrenza di vuoti di tipo *vescicles*, derivati dalla presenza abbondante di acqua nell'impasto. Macroscopicamente i campioni di questo gruppo sono contraddistinti da un colore di massa giallastro (*yellow*, 2.5Y 8/6), con diffusi grumi di legante (15% vol. ca). L'impasto presenta una porosità media (10% ca vol.) con pori di dimensioni ridotte prevalentemente di tipo *vescicles* come precedentemente osservato. Data l'elevata concentrazione di legante (35% ca vol.), il rapporto L/A è di circa 1:1.5. Petrograficamente, l'aggregato (55% ca vol.) è rappresentato da dominanti clasti carbonatici e di quarzo, mentre selce e arenaria sono presenti in misura assai minore. Miche sono presenti in tracce. È inoltre osservabile una moderata componente di origine terrigena, così come tracce in negativo di fibre vegetali.

Gruppo 4 – Campioni COS_WM_6, 7.

Ad osservazione macroscopica i campioni del GR 4 risultano di fattura assai scadente (fig. VI.88, d). La miscelazione non è ottima e il legante stesso presenta di frequente plaghe e grumi. Vi sono infatti aree a rapporto L/A di circa 1:2 ed altre aree a concentrazione molto più grassa (il rapporto L/A è di 1.5:1). La porosità è rappresentata da prevalenti pori di tipo *vughs* (6-10% vol.). L'aggregato (35-40% vol. ca) ha una classazione ridotta e non è omogeneamente distribuito nel composto. Petrograficamente, è rappresentato da prevalenti clasti carbonatici, con frazione secondaria rappresentata da selce, arenaria, quarzo, frammenti fittili nonché clasti di malte di riciclo (fig. VI.91, f). In traccia (< 2%) sono presenti anche granuli di calcite spatica e miche. La componente fine di origine terrigena è presente in aliquote consistenti. Gli additivi impiegati sono sporadici frustoli carboniosi e fibre vegetali. Sono visibili in certi casi cristalli di calcite di neoformazione presso le porosità principali.

Campioni non associabili

Il campione COS_WM_32 si distingue da tutti gli altri analizzati soprattutto per ciò che concerne le caratteristiche petrografiche delle sabbie impiegate nel confezionamento della malta (fig. VI.91, b). Nel composto, infatti, l'aggregato (50% vol. ca) ha distribuzione unimodale e petrograficamente risulta in un mix di minerali femici (pirosseni), in considerevoli concentrazioni, clasti vulcanici con microliti feldspatici e singoli minerali di plagioclasio e feldspati alcalini. Aggregati carbonatici, selce e quarzo sono anch'essi presenti in aliquote ridotte così come una moderata componente di origine terrigena. Il legante (35% vol. ca) è carbonatico e miscelato all'aggregato in rapporti di 1:1.5. La porosità, piuttosto elevata (15% vol. ca), rende il composto piuttosto friabile.

Il campione COS_WM_8 è composizionalmente accostabile a quelli del gruppo 2b, ma si differenzia per un aggregato piuttosto classato, rappresentato da prevalente sabbia carbonatica medio/fina, dispersa in una miscela a distribuzione granulometrica tendenzialmente unimodale. La tipologia di vuoti e la composizione petrografica dell'aggregato è del tutto comparabile con le miscele del gruppo 2b. La concentrazione di legante è in genere abbastanza elevata (30 % vol. ca) in un composto dal rapporto L/A di circa 1:2. La porosità, rappresentata da vuoti di tipo *vughs*, è piuttosto elevata (20% vol. ca).

Il campione COS_WM_40 (fig. VI.91, d) si caratterizza per un colore di massa bianco, dovuto prevalentemente all'abbondanza di frazione legante nel composto, presente in concentrazioni particolarmente elevate, tali da determinare un rapporto L/A di 1:1. Caratterizzante è inoltre l'elevata classazione dell'aggregato, rappresentato da sabbia fina/finissima arealmente molto ben distribuita. Petrograficamente, l'aggregato è rappresentato da dominante sabbia carbonatica e quarzo, con moderate aliquote di selce e arenaria. La porosità è particolarmente elevata (25% vol ca) che si caratterizza inoltre per occorrenza elevata di frazione terrigena (argilla) miscelata nel composto.

6.5.1.2 - Miscele leganti a stesura orizzontale e messe in opera con funzione strutturale

I campioni di miscela legante impiegati con funzione di preparazione pavimentale si distinguono già macroscopicamente rispetto all'elemento architettonico di provenienza, come inoltre comprovato da analisi OM. Attraverso l'analisi multivariata delle componenti principali (PCA), operata sui dati desunti da analisi in microscopia ottica (tab. VI.43), è stato così possibile individuare alcuni gruppi che rappresentano adeguatamente le diverse miscele impiegate (fig. VI.92). Alcuni campioni si presentavano divisi in più strati, che sono stati descritti singolarmente ed enumerati, dall'alto al basso, con un valore progressivo posto di seguito al numero del campione (es. COS_PREP_25.1, 25.2, 25.3). Si osserva soprattutto come le miscele predisposte per i pavimenti musivi si caratterizzano soprattutto in base alla posizione nel massetto preparatorio. La cronologia sembra essere anche un discrimine importante nella composizione di alcune miscele (fig. VI.92, a).

Attraverso l'analisi di immagine è stato possibile descrivere in maniera più precisa determinate caratteristiche dei composti[700] andando così a raffinare ulteriormente i risultati di analisi già condotte sul medesimo dataset e precedentemente preliminarmente edite[701].

Vengono di seguito descritti i gruppi individuati in seguito ad analisi OM.

[700] L'analisi d'immagine è stata fondamentale nella determinazione dei valori percentuali di legante (L%), vuoti (Vt%), grumi di legante, ed aggregato (AGG. %) nei campioni.

[701] Secco *et alii* 2018; Dilaria *et alii* 2016. I campioni riferiti nelle pubblicazioni citate col codice "COS_*n*", vanno intesti tutti con il codice esteso "COS_PREP_*n*". I campioni provenienti da aree esterne alla *Domus* di Tito Macro (COS_PREP_20 e COS_PREP_21) non verranno considerati in questa sede.

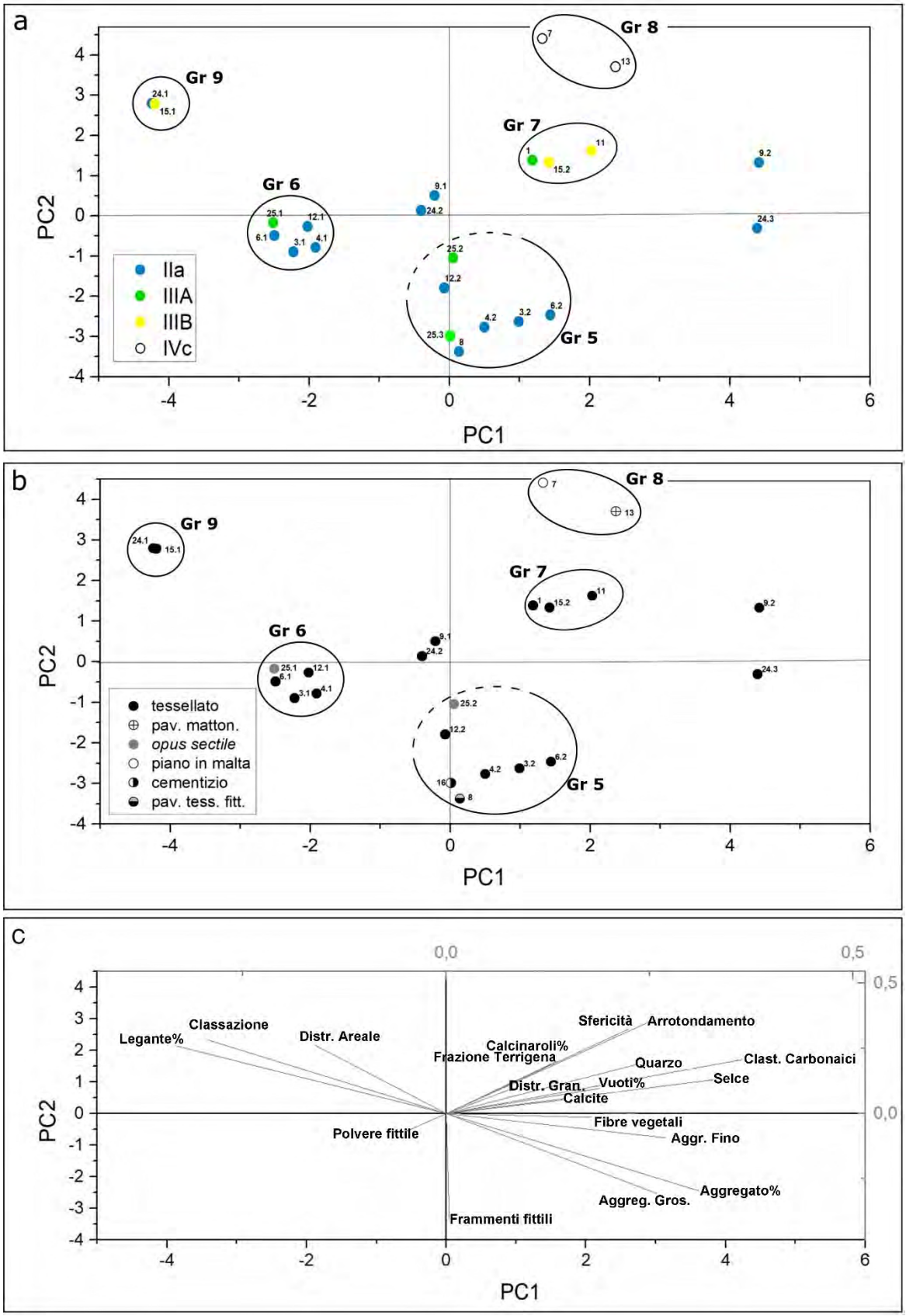


Fig. VI.92 – Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate sui campioni COS_PREP in riferimento ad: a) tecniche edilizie delle strutture murarie di provenienza; b) fase edilizia; c) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 56% della varianza totale. I gruppi principali individuati in base a sample-clustering sono stati raggruppati da ellissi.

Campione	Livello	Spessore (mm)	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp. miner.	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante%	*Vughs v.*	*Vescicles v.*	*Planar v.*	*Channels v.*	Vuoti%	Agg. Dim max. (mm)	Agg. Dim min. (mm)	Agg. dim media gross. (mm)	Agg. dim media fino (mm)	Classazione	Distr. Gran.	Distr. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Orientazione	Bordi di reazione	Clasti carbonatici	Selce	Quarzo	Calcite spatica	Arenaria	Frammenti fittili	Polvere fittile	Minerali opachi	Malte di riciclo	Ematite	Mica	Carbone	Fibre vegetali	Prod. Di Neof.
Desc. Macr.				*legante*				*vuoti*													*Aggregato*											*Add.*								
COS_PREP_1	**1**	40,0	n.d.	3	3	1	5	1/1.5	36	0	0	3	2	9	9,62	0,05	5,27	0,33	4	2	3	2	3	55	0	1	3	1	2	-	3	1	1	5	-	-	-	-	-	-	-
COS_PREP_3	**3.1**	15,0	n.d.	3	3	1	-	1/1	50	1	1	2	1	5	6,03	0,05	4,76	0,4	4	1	4	1	1	45	1	-	1	-	-	-	-	1	-	6	-	-	-	-	-	-	-
	3.2	7,0	n.d.	3	3	1	-	1/2.5	25	1	1	3	1	8	24,33	0,05	9,82	0,43	1	1	3	2	1	67	-	1	2	1	1	-	-	-	-	8	1	-	-	-	-	-	-
COS_PREP_4	**4.1**	14,0	n.d.	3	3	1	2	1/1	47	1	1	2	1	6	7,32	0,05	4,88	0,37	4	1	4	1	1	47	1	1	1	-	-	1	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
	4.2	8,0	n.d.	3	3	1	2	1/3	22	1	1	2	1	7	29,12	0,05	8,2	0,45	1	1	3	2	1	71	-	1	2	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-
COS_PREP_6	**6.1**	15,0	n.d.	3	3	1	-	1.5/1	57	1	1	2	1	5	12,44	0,05	4,34	0,41	4	1	4	1	1	38	1	1	1	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
	6.2	75,0	n.d.	3	3	1	-	1/3	22	2	1	3	1	9	26,13	0,05	8,76	0,42	1	1	3	1	1	69	-	1	4	1	1	1	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-
COS_PREP_7	**7**	8,0	grey	3	3	1	12	1/1	53	3	1	-	-	7	9,92	0,05	5,4	0,25	3	1	6	5	5	4-	-	-	5	2	2	-	-	-	-	1	-	-	4	-	-	-	-
COS_PREP_8	**8**	94,0	n.d.	3	3	1	1	1/3	25	-	-	3	1	6	31,3	0,05	9,9	0,49	1	1	3	1	1	69	-	-	1	-	-	-	-	1	-	8	-	-	-	-	-	-	-
COS_PREP_9	**9.1**	35,0	n.d.	3	3	1	12	1/1	45	3	1	-	-	4	5,49	0,05	2,62	0,56	3	1	4	1	2	51	-	1	3	-	1	1	1	-	-	6	-	-	2	-	-	-	-
	9.2	14,0	n.d.	3	3	1	1	1/3	25	3	1	-	-	5	18,19	0,05	8,77	0,94	1	1	4	4	5	7-	-	-	6	5	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COS_PREP_11	**11**	60,0	n.d.	3	3	1	1-	1/2	29	4	2	1	-	16	8,1	0,05	3,12	0,37	3	1	2	3	4	55	-	-	5	3	2	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
COS_PREP_12	**12.1**	10,0	n.d.	3	3	1	2	1.5/1	58	-	-	1	1	4	6,83	0,05	4,3	0,37	3	1	4	1	1	38	1	1	1	-	1	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
	12.2	60,0	n.d.	3	3	1	4	1/2	31	1	-	3	3	12	17,79	0,05	7,23	0,39	1	1	4	1	1	57	-	1	1	-	1	-	-	-	-	7	1	-	-	-	-	-	-
COS_PREP_13	**13**	90,0	grey	3	3	1	3	1/1-	39	4	3	-	3	20	8,02	0,05	3,5	0,24	3	1	4	4	5	41	-	-	5	2	1	3	1	4	-	-	2	-	-	3	-	-	-
COS_PREP_15	**15.1**	5,0	white	3	3	1	1	n.d.	89	-	-	-	-	4	0,5	0,05	0,32	0,28	5	1	5	2	2	7	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15.2	50,0	n.d.	3	3	1	4	1/1.5	38	3	2	-	3	1-	8,1	0,05	4,34	0,54	3	2	4	3	2	52	-	-	4	1	2	1	-	1	-	5	1	-	-	-	-	-	-
COS_PREP_16	**16**	160,0	n.d.	3	3	1	2	1/2.5	26	2	-	3	2	8	24,12	0,05	7.98	0,48	1	1	3	1	1	66	-	-	1	-	-	-	-	1	-	8	-	-	-	-	-	-	-
COS_PREP_24	**24.1**	2,0	white	3	3	1	-	n.d.	90	-	-	2	-	5	0,5	0,05	0,32	0,28	5	1	5	2	2	5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	24.2	13,0	n.d.	3	3	1	2	1/1.5	41	3	-	2	1	7	4,5	0,05	2,9	0,45	3	1	4	1	2	52	-	-	2	-	1	2	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	24.3	76,0	n.d.	3	3	1	4	1/2.5	27	1	-	2	1	5	19,25	0,05	7,89	0,97	1	1	4	2	3	68	-	1	5	4	1	3	1	-	1	4	-	-	-	2	3	-	-
COS_PREP_25	**25.1**	21,0	7.5YR 8/2	3	3	1	2	1/1	46	1	-	2	1	4	5	0,05	2,3	0,14	4	1	5	1	1	5-	-	1	1	-	1	1	-	-	-	6	3	-	-	-	-	-	-
	25.2	34,0	5YR 8/4	3	3	1	2	1/1.5	35	3	2	1	-	8	12,5	0,05	5,57	0,3	2	1	4	1	1	57	-	-	3	1	1	3	-	-	-	6	3	-	-	-	-	-	-
	25.3	160,0	Cocciopesto grossolano (non analizzato)																																						

Tab. VI.43 – Tavola riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di miscele preparatorie pavimentali della *Domus* di Tito Macro.

Campione	Spessore (mm)	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp.mineral.	Calcinaroli%	Rapporto L/A	Legante%	*Vughs v.*	*Vescicles v.*	*Planar v.*	*Channels v.*	Vuoti%	Agg. Dim max. (mm)	Agg. Dim min. (mm)	Agg. dim media gross. (mm)	Agg. dim media fino (mm)	Classazione	Distr. Gran.	Distr. Areale	Sfericità	Arrotondam.	Aggregato%	Orientazione	bordi di reaz.	Clast. carbonat.	Selce	Quarzo	Calcite spat.	Arenaria	Fraz. Terrigen.	Mica	Fibre vegetali	Prod. Di Neof.
Desc. Macr.					*legante*						*Vuoti*											*Aggregato*										*Add.*		
COS_CM_2	6,0	2.5Y 7/3	2	-	3	2	1/2	24	1	-	4	3	15	0,40	0,05	0,23	0,08	5	1	3	3	3	61	-	-	3	2	4	-	1	6	1	1	-
COS_CM_7	4,0	2.5Y 7/5	3	3	1	2	1/2	27	3	3	-	-	13	1,16	0,05	0,71	0,25	5	1	5	4	5	60	1	-	7	3	3	1	1	2	-	-	-

Tab.VI.44 – Tavola riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di miscele di allettamento di strutture idrauliche della *Domus* di Tito Macro.

Gruppo 5 – Campioni COS_PREP_3.2, 4.2, 6.2, 8, 16, 12.2*, 25.2*

Per quanto riguarda l'aspetto macroscopico, i campioni del GR 5 presentano un colore di massa giallo pallido (*yellow*, 10YR 8/6) e una coesione mediocre; possono essere classificati come cocciopesti grossolani, data l'elevata occorrenza di aggregato fittile centimetrico[702].

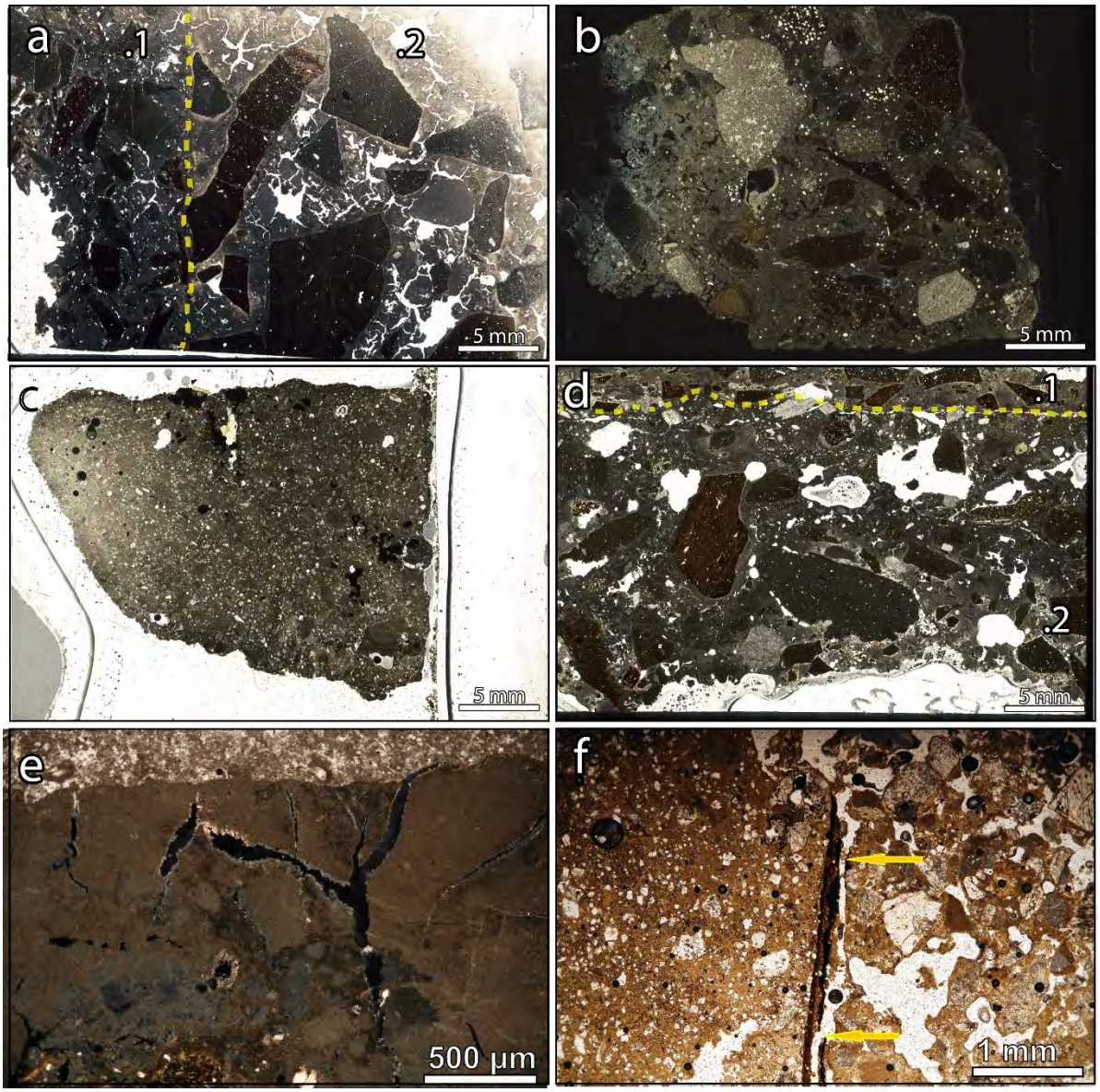


Fig. VI.93 – Acquisizioni immagini in microscopia ottica a luce polarizzata trasmessa. a) COS_PREP_12 (PN); b) COS_PREP_1 (XN); COS_PREP_7 (PN); d) COS_PREP_25.1/2 (PN); COS_PREP_24 (XN); COS_PREP_13 (PN).

Dal punto di vista microscopico i campioni del GR 5 presentano legante a struttura omogenea, tessitura microcristallina e composizione mineralogica carbonatica. La porosità è ridotta (5-10% vol. ca) e rappresentata principalmente da vuoti allungati, del tipo *planar voids/channels*, esito di fenomeni di ritiro in fase di presa. Il rapporto L/A, difficilmente stimabile a causa dell'aspetto particolarmente grossolano dei campioni, varia tra 1:2.5 e 1:3. L'aggregato, che si attesta in percentuali comprese tra il 65% e il 70% del volume, è poco classato con clasti di dimensioni massime anche superiori ai 20 mm e di dimensioni minime di circa 0,1 mm. La distribuzione granulometrica è unimodale, la sfericità bassa e l'angolosità elevata. I clasti di dimensioni maggiori sono totalmente costituiti da frammenti fittili. L'aggregato fino è costituito

[702] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

da aliquote minime di clasti carbonatici, quarzo e selce. Vi è occorrenza saltuaria di calcite spatica[703].

Si discostano leggermente il campione COS_PREP_12.2 (fig. VI.88, f; VI.93, a), per una classazione leggermente maggiore dell'aggregato fittile e il campione COS_PREP_25.2 per l'occorrenza di una componente leggermente maggiore di polvere fittile micrometrica (fig. VI.93, d).

Gruppo 6 – Campioni COS_PREP_3.1, 4.1, 6.1, 9.1, 12.1, 25.1

Le miscele del GR 6 si distinguono anche macroscopicamente da quelle del GR 5 per la presenza di aggregato fino rappresentato da frammenti fittili di dimensione tendenzialmente sub-centimetrica tali da rendere questi composti classificabili come cocciopesti[704]. Tali miscele sono in genere allettate in stesure di spessore compreso tra gli 0,7 e gli 1,5 cm (fig. VI.93, a).

Dal punto di vista microscopico, le miscele del GR 6 presentano legante carbonatico con tessitura microcristallina. La porosità è ridotta (5% vol. ca) e rappresentata prevalentemente da vuoti con conformazione a microcanali ramificati (*planar voids*). Il rapporto L/A varia tra 1:1.5 e 1:1, in miscele perciò grasse. L'aggregato, che si attesta in percentuali comprese tra il 35% e il 50% del volume, è moderatamente selezionato e presenta una distribuzione granulometrica unimodale. I clasti di dimensioni maggiori 3-4 mm ca sono rappresentati da frammenti fittili a bassa sfericità e elevata angolosità. Vi è occorrenza di clasti carbonatici, granuli di quarzo e selce in percentuali minime[705]. Solo il campione COS_PREP_25.1 (fig. VI.88, e) presenta una discreta occorrenza di polvere fittile (fig. VI.93, d).

Gruppo 7 – Campione COS_PREP_1, 11, 15.2

Macroscopicamente, le miscele del GR 7 presentano un colore di massa giallo pallido (*yellow*, 10YR 8/6) e una coesione mediocre (fig. VI.93, b). Microscopicamente si osserva un legante carbonatico e micritico. La porosità è moderata (10-15% ca). Il rapporto L/A varia tendenzialmente tra 1:1.5 e 1:2. L'aggregato ha distribuzione bimodale, ed è in genere mediamente classato e omogeneamente distribuito nelle miscele. La frazione grossolana (dimensioni medie: 4 mm) è costituita da frammenti fittili, mentre la fazione fina (Ø 0,35 mm) è formata da sabbia media carbonatica, con tracce di quarzo, selce e calcite spatica. Il campione COS_PREP_11 presenta, nel complesso, frazione fine preponderante rispetto a quella fittile grossolana[706].

Gruppo 8 – Campioni COS_PREP_7, 13

Questi due campioni sono caratterizzati da un colore di massa grigio pallido. Il campione COS_PREP_7.1 (fig. VI.93, c) si presenta friabile, mentre il campione COS_PREP_13 risulta piuttosto compatto. La porosità è molto variabile e particolarmente elevata nel campione COS_PREP_13 (20% vol. ca), che si presenta particolarmente eterogeneo già ad analisi macroscopica (fig. VI.88, g). Nel complesso sono miscele piuttosto grasse in rapporto L/A di 1:1. Grumi di legante non miscelato sono diffusamente presenti in entrambi i campioni. L'aggregato è poco selezionato e presenta una distribuzione granulometrica unimodale con frazione più grossolana rappresentata da sporadici clasti di dimensione media attorno a 3,5 mm e frazione fine di circa 0,25 mm. La quantità di aggregato è del 40% del volume circa. I clasti di aggregato di dimensione > 1,5 mm sono costituiti da: a) laterizi di riuso, la cui forma presenta una bassa sfericità ed è molto angolosa; b) clasti di calcare micritico; c) frammenti di tessere musive; d) frammenti di intonaco (fig. VI.93, f). La frazione fine dell'inerte (dimensioni < 3,5 mm) è sub-arrotondata, presenta una mediocre sfericità ed è costituita da prevalente sabbia medio/fine carbonatica, con quarzo, selce e calcite spatica in aliquote secondarie.

[703] Nel complesso i campioni del gruppo 5 rientrano nel gruppo COS_A, definito in Secco *et alii* 2018 e Dilaria *et alii* 2016.

[704] Ginouvès, Martin 1985, p. 51.

[705] Nel complesso i campioni del gruppo 6 rientrano nel gruppo COS_A, definito in Secco *et alii* 2018 e Dilaria *et alii* 2016.

[706] Nel complesso i campioni del gruppo 7 rientrano nel gruppo COS_C, definito in Secco *et alii* 2018 e Dilaria *et alii* 2016.

Gruppo 9 – Campioni COS_PREP_15.1, 24.1

Le miscele del gruppo 9, macroscopicamente hanno colore bianco e messe in opera per sottili stesure di spessore < 1 mm. Sono costituite da solo legante carbonatico a tessitura microcristallina (fig. VI.93, e). La porosità e quindi attestata da microporosità diffuse da ritiro del tipo *planar voids* (5% vol. ca). La frazione d'aggregato è minima e probabilmente di natura involontaria. Sono quindi queste miscele di puro grassello di calce[707].

Campioni non associabili

Campioni COS_PREP_9.1, 24.2. I campioni COS_PREP_9.1 e 24.2 si avvicinano composizionalmente alle miscele dei GR 5 e GR 6. Elemento di differenza è una maggior occorrenza di aggregato fino rappresentato da sabbia media e fina prevalentemente carbonatica. La percentuale di aggregato si attesta su una media del 55% del volume ca. Il rapporto L/A è di 1:1.5. Nel campione COS_PREP_9.2 è presente qualche clasto di malta di riciclo.

Campioni COS_PREP_9.2, 24.3. Le due miscele in questione si distinguono macroscopicamente da quelle del GR 5 per l'impiego di aggregato grossolano rappresentato da ghiaia grossa o molto grossa (Ø medio 8,0 mm) e sono pertanto classificabili come calcestruzzi[708]. Sono nel campione COS_PREP_24.3 è presente una secondaria frazione di aggregato grossolano fittile. Queste miscele sono messe in opera in stesure di 7-8 cm di spessore.

Microscopicamente la caratterizzazione del legante e la distribuzione delle porosità non permettono di distinguere questi campioni da quelli del GR 5. Il rapporto L/A è di circa 1:3 in miscele pertanto magre e che risultano pertanto tendenzialmente mediamente tenaci. L'aggregato ha classazione bassa e distribuzione granulometrica unimodale e una distribuzione areale moderatamente omogenea.

Dal punto di vista petrografico, la componente carbonatica dell'aggregato è prevalente, con secondaria frazione grossolana costituita da selci o calcari selciferi. Il quarzo è presente solo come sporadico aggregato fine. Secondaria frazione fittile è presente nel solo campione COS_PREP_24.3.

6.5.1.5 - Miscele di allettamento di strutture idrauliche

Sono stati analizzati esclusivamente due campioni riferibili a malte di allettamento di due canalette per il deflusso delle acque reflue ubicate nella porzione orientale della Casa di Tito Macro, nell'area delle botteghe (UUSS 39, 2070). I due campioni sono composizionalmente sostanzialmente differenti (tab. VI.44).

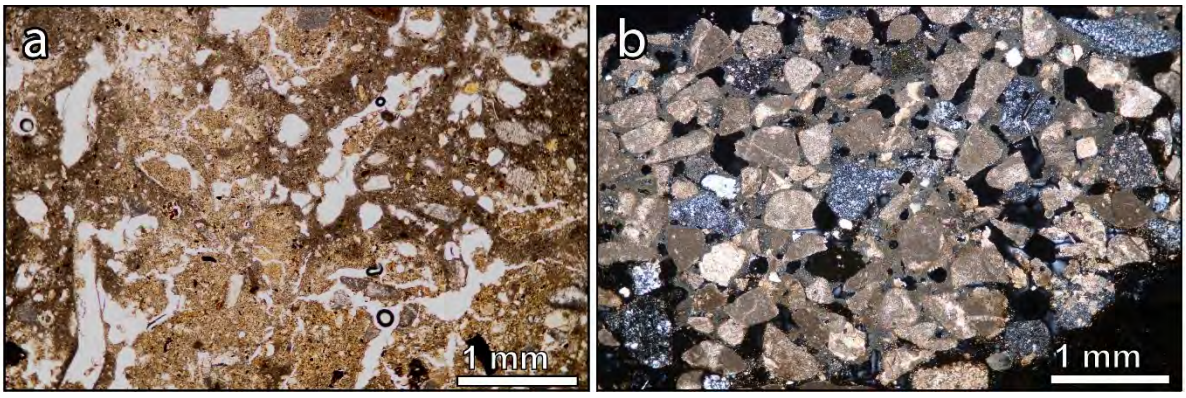


Fig. VI.94 – Acquisizioni immagini in microscopia ottica a luce polarizzata trasmessa. a) COS_CM_2 (PN); b) COS_CM_7 (XN).

[707] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 45.
[708] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

Il campione COS_CM_2 ha colorazione bruna (*light yellowish brown*, 2.5Y 6/4) e consistenza friabile. Microscopicamente si osserva un legante rappresentato da una frazione carbonatica (calce) miscelata ad una frazione argillosa, a bassi colori di interferenza, in rapporti di circa 1:1. La porosità è diffusa sotto forma di microvuoti da ritiro del tipo *planar voids* e *channels*. Il rapporto L/A, stimato ad 1:2, non è stato determinato tramite analisi d'immagine. L'aggregato, stimato al 60% del campione, costituisce prevalentemente la frazione grossolana dell'argilla ed è rappresentato da granuli carbonatici e di quarzo di dimensione media 0,08 mm (VI.94, a).

Il campione COS_CM_7 è una malta di calce friabile, di colorazione grigiastra stesa in uno strato di 4 mm che costituisce l'allettamento dei laterizi delle spallette della canaletta US 2070. Dal punto di vista microscopico il legante è carbonatico a tessitura microcristallina. La porosità è elevata (13%) e rappresentata soprattutto da vuoti di tipo *vughs*. Il rapporto L/A è di 1:2. L'aggregato è classato e omogeneamente distribuito. Si costituisce soprattutto di sabbia fina carbonatica (dim. media 0,25 mm), con occorrenza di secondaria selce e quarzo. Una componente argillosa è presente in concentrazioni ridotte (VI.94, b).

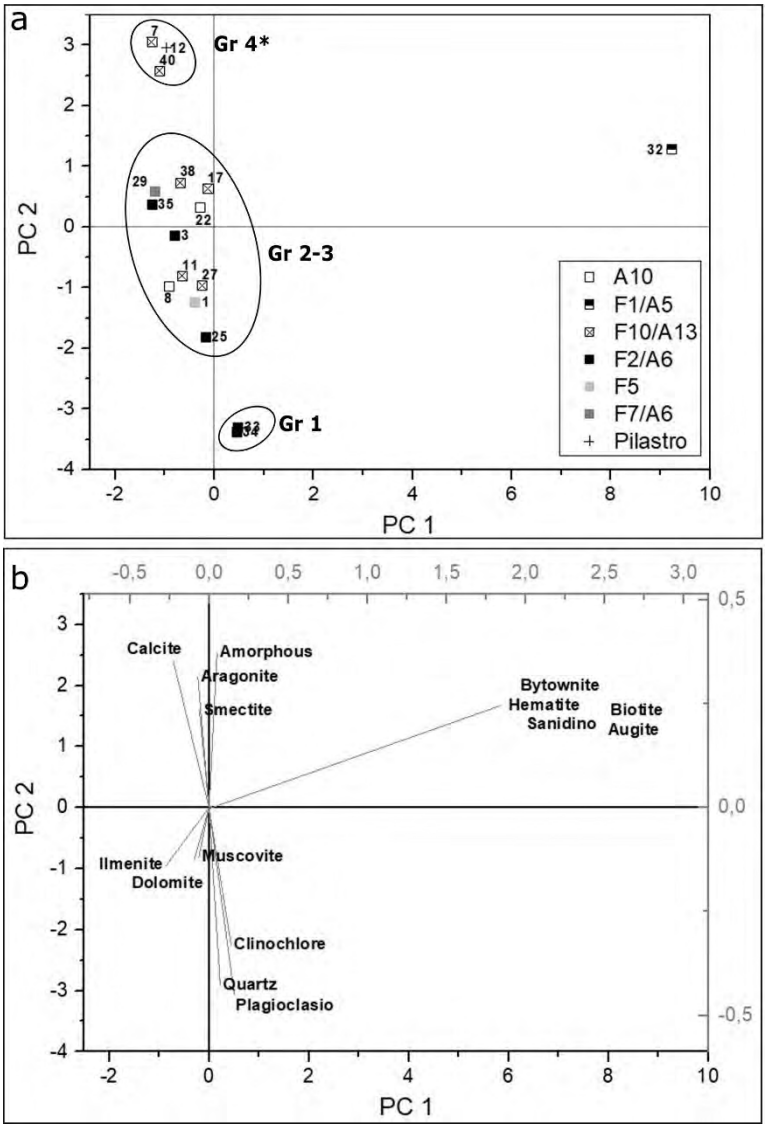


Fig. VI.95 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi XRPD-*bulk* condotte su una selezione di campioni COS_WM, in riferimento ad: a) tecnica edilizia; b) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 rappresentative del 64% della varianza totale. I gruppi principali individuati in base a sample-clustering sono stati raggruppati da ellissi.

6.5.2 - *Analisi XRPD*

Le caratteristiche mineralogiche dimostrano una chiara caratterizzazione dei campioni analizzati in base al loro impiego strutturale. Le fasi mineralogiche evidenziate permettono di distinguere chiaramente i campioni di miscele leganti utilizzate nella costruzione delle murature da quelle impiegate nella costruzione di pavimentazioni, in particolar modo per ciò che concerne le stesure preparatorie di tessellati di fase tardo repubblicana e alto imperiale.

6.5.2.1 – Miscele leganti di allettamento di paramenti e nuclei di strutture murarie

Le analisi in diffrazione condotte su una selezione di campioni rappresentativi dei diversi gruppi individuati in seguito ad analisi in microscopia ottica (tab. VI.45) hanno permesso di supportare, in buona misura, i raggruppamenti proposti in seguito ad analisi petrografica, seppur, l'analisi multivariata delle componenti principali (PCA) basata sui soli dati mineralogici (fig. VI.95), non con-

senta di apprezzare alcune sostanziali differenze tessiturali in campioni, che, anche macroscopicamente, risultano altresì del tutto differenti.

I gruppi maggiormente rappresentati sono i GR 2 e GR3, costituiti da campioni mineralogicamente tra loro affini e caratterizzati da elevati tenori di calcite (circa 60%) e dolomite (20% ca) da associare sia alla componente legante che all'aggregato carbonatico. Il quarzo rappresenta sia i cristalli singoli che la componente selcifera, mentre il plagioclasio attesta l'occorrenza di componente feldspatica, sempre presente in aliquote ridotte (< 1%). Muscovite, ilmenite, clinocloro (clorite) e amorfo rappresentano prevalentemente la componente terrigena, piuttosto contenuta in gran parte dei campioni. Elevati tenori di amorfo sono stati osservati esclusivamente nei campioni COS_WM_17 e COS_WM_22.

I campioni del GR 1 si distinguono dai precedenti soprattutto per le elevate concentrazioni (2% ca) di miche (muscovite) e soprattutto di quarzo (55% ca), derivato dalla sostenuta occorrenza di frazione selcifera, come comprovato anche dalle analisi petrografiche. Di contro, rispetto ai campioni del GR 2, la componente carbonatica (calcite e dolomite) appare presente in percentuali nettamente ridotte (32% calcite; 1% circa dolomite). In tal caso la calcite è prevalentemente riconducibile alla frazione legante.

Fortemente associati appaiono invece i campioni COS_WM_12, 40 e 7 soprattutto per l'elevata concentrazione di calcite (connessa soprattutto alla componente legante), con dolomite e aragonite attestate in percentuali minime. I feldspati sono pressoché assenti così come le miche. Elevate invece sono e concentrazioni di amorfo (17% ca), soprattutto nei campioni COS_WM_7 e 40, connesse certamente a diffusa componente fine di origine terrigena dispersa nel composto, come comprovato dalla presenza di percentuali rilevanti di argilla smectitica, soprattutto nel campione COS_WM_40 (6% ca).

Si distingue nettamente da tutti gli altri il campione COS_WM_32, caratterizzato dall'elevata occorrenza di pirosseni (augite, bytownite), riferibili con sicurezza alle sabbie impiegate come aggregato. Tra i feldspati sono presenti plagioclasi, a cui si aggiunge occorrenza (4%) di k-felspati (sanidino), connessi soprattutto ai microliti inclusi nei clasti di origine vulcanica. Tra le miche è presente biotite. La calcite è invece attestata in maniera ridotta rispetto a tutti gli altri campioni osservati ed è da connettere prevalentemente alla frazione legante, mentre la dolomite va maggiormente riconnessa all'aggregato. L'occorrenza consistente di frazione fine di origine terrigena è dimostrata da aliquote consistenti di fasi amorfe (13,15%).

Campione	Calcite	Dolomite	Aragonite	Quarzo	Plagioclasio	Sanidino	Augite	Bytownite	Biotite	Muscovite	Clinochlore	Ematite	Ilmenite	Smectite	Amorfo
COS_WM_1	57,3	21,4	0	11,5	1,2	0	0	0	0	0,5	0,7	0	0,4	0	7,0
COS_WM_3	63,8	11,8	0	18,4	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	4,8
COS_WM_7	70,6	1,5	0,62	4,7	0,3	0	0	0	0	1,5	0	0	0,4	1,5	18,8
COS_WM_8	62,2	17,4	0	13,3	1	0	0	0	0	0	0,5	0	0,6	0	5,0
COS_WM_11	62,3	8,1	0	17,1	0,9	0	0	0	0	1,2	0,7	0	0,5	0	9,2
COS_WM_12	77,0	0,2	0,67	3,6	0	0	0	0	0	0,7	0,5	0	0,3	0	16,5
COS_WM_17	52,2	14,8	0	12,9	0,8	0	0	0	0	1,5	0	0	0,1	0	17,6
COS_WM_22	64,3	10,2	0	12,4	0,6	0	0	0	0	0,9	0,5	0	0,2	0	10,8
COS_WM_25	62,4	7,7	0	21,7	1,6	0	0	0	0	0,9	0,7	0	0,4	0	4,5
COS_WM_27	54,9	17,0	0	13,9	1,0	0	0	0	0	1,1	0,9	0	0,4	0	10,9
COS_WM_29	72,0	8,9	0	10,0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	7,8
COS_WM_32	39,6	2,6	0	16,8	1,2	4,0	17,5	3	0,6	0	0,7	0,6	0	0	13,1
COS_WM_33	31,9	1,1	0	55,9	1,5	0	0	0	0	1,8	0,7	0	0,4	0	6,7
COS_WM_34	31,8	0,9	0	55,5	1,3	0	0	0	0	2,3	1,0	0	0,4	0	6,8
COS_WM_35	73,3	13,1	0	9,8	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	2,8
COS_WM_38	72,0	7,8	0	10,8	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	8,4
COS_WM_40	67,3	0,5	0	7,0	0,3	0	0	0	0	1,8	0	0	0,4	6,3	16,5

Tab. VI.45 – Risultati delle analisi mineralogiche (XRPD-bulk) sui campioni massivi COS_WM.

6.5.2.2 - Miscele leganti a stesura orizzontale e messe in opera con funzione strutturale

Sulla base dei profili mineralogici quantitativi ottenuti in seguito all'analisi difrattometrica (abt. VI.46), l'analisi delle componenti principali (PCA) ha permesso di supportare statisticamente fig. VI.96, le concordanze composizionali tra una selezione di campioni di miscele impiegate con funzione di preparazione pavimentale, rappresentativi dei diversi gruppi individuati in seguito ad analisi OM[709].

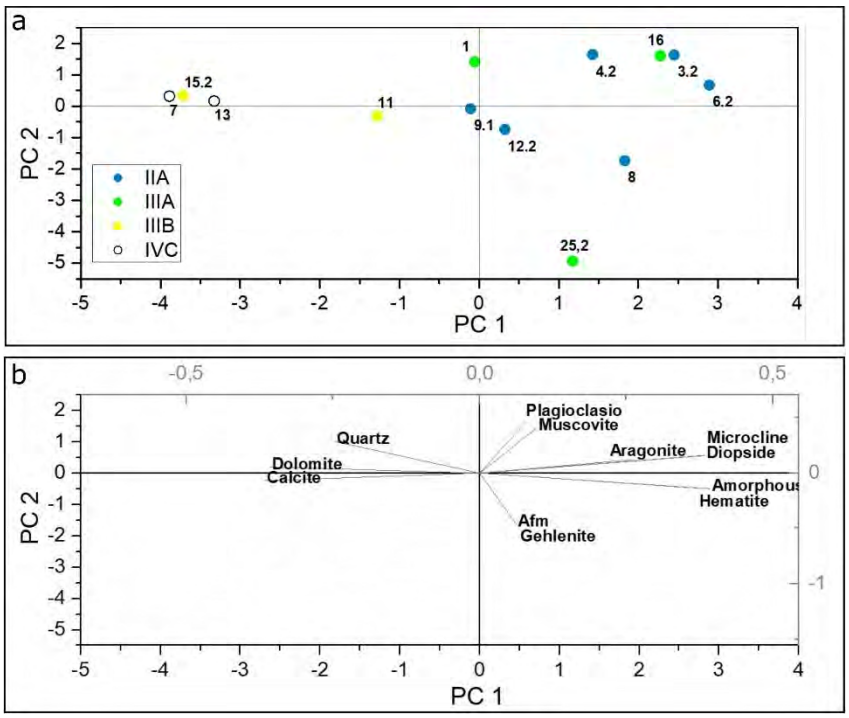


Fig. VI.96 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi XRPD-*bulk* condotte su una selezione di campioni COS_PREP, in riferimento ad: a) fase edilizia; b) variabili di interesse. Assieme, le PC1 e PC2 sono rappresentative del 74% della varianza totale.

Le analisi XRPD hanno inoltre permesso di descrivere l'occorrenza di fasi idrate di neoformazione in quei campioni che presentano caratteristiche pozzolaniche, che sono stati successivamente oggetto di mirate analisi XRPD della sola frazione legante (XRPD *binder*).

L'analisi dei dati quantitativi permette chiaramente di osservare una distribuzione progressiva dei campioni dalla dx alla sx del grafico che segue, in buona misura, le cronologie di costruzione delle preparazioni di afferenza. I campioni COS_PREP_3.2, 4.2, 6.2, 16 e, in misura minore, COS_PREP_8[710], sono distinguibili dai restanti analizzati, per la presenza di significative aliquote di amorfo e diopside, associati a silicati di calcio e magnesio ed ossidi di ferro (hematite), che denotano il prevalente utilizzo di grossolani frammenti fittili in funzione di aggregato. Il profilo mineralogico è tipico per laterizi cotti in atmosfera ossidante a temperature comprese tra i 850 e i 950° C[711], utilizzando un'argilla carbonatica di base a cui è stata aggiunta una frazione smagrante prevalentemente silicatica, data da quarzo, plagioclasi e K-feldspati a contenuto magnesiaco (in part. microclino).

Progressivamente, verso il centro dell'immagine, si distinguono i campioni COS_PREP_12.2, 9.1, 1 e 11 per una maggior occorrenza di calcite e dolomite, da ricollegare non solo ad una maggior occorrenza di frazione legante, in miscele quindi tendenzialmente più grasse rispetto a quelle prima definite, ma anche, ad una secondaria frazione di aggregato rappresentato da sabbia carbonatica e silicatica (quarzi e selci).

Infine, si caratterizzano i campioni COS_PREP_7, 13 e 15.2 dai rimanenti analizzati. Tale categoria di miscele è caratterizzata da tenori di calcite sempre superiori al 60%, associati a percentuali di dolomite superiori al 10%. Inoltre, risultano sempre presenti aliquote minoritarie

[709] I dati mineralogici sono già stati preliminarmente editi in Dilaria *et alii* 2016 e Secco *et alii* 2018. Si presenta in questa sede un dataset di riferimento aggiornato.

[710] Il campione COS_PREP_8 si caratterizza per gli elevati tenori di amorfo che sono comunque da connettere alla frazione non cristallina dell'aggregato grossolano fittile.

[711] Maritan, Mazzoli, Nodari, Russo 2005; Maritan *et alii* 2006b.

ma chiaramente riconoscibili di miche (muscovite) e clinocloro (clorite). La fase amorfa è presente in percentuali ridotte e da riconnettere esclusivamente a frazione di origine terrigena, data l'assenza della componente fittile. Risultano infine totalmente assenti diopside e K-feldspati. Tale profilo mineralogico è tipico di malte magre preparate con abbondante frazione sabbiosa costituita da prevalenti litologie carbonatiche e associata frazione silicatica. La presenza di minerali argillosi denota inoltre l'occorrenza di una frazione limoso-argillosa dispersa nel materiale.

Campione	Livello	Calcite	Dolomite	Aragonite	Afm	Quartz	Plagioclasio	Microcline	Diopside	Gehlenite	Muscovite	Clinochlore	Hematite	Ilmenite	Amorphous
COS_PREP_1	**1**	59,4	1,5	0	0	8,6	3,6	2	3,5	0	3,6	0	0,3	0	19,5
COS_PREP_3	**3.2**	42,2	0,8	0	0	7,1	3,6	3,4	11,7	0	3,6	0	0,4	0	30,7
COS_PREP_4	**4.2**	43,1	3,7	5,4	0	8,5	3,3	1,8	8,9	0	3,3	0	0,3	0	24,2
COS_PREP_6	**6.2**	39,4	2,3	7,4	0	7,5	2,2	2,5	11,1	0	2,2	0	0,7	0	26,2
COS_PREP_7	**7**	62,6	19,9	0	0	11,1	1,7	0	0	0	1,7	0,8	0	0	2,5
COS_PREP_8	**8**	49,9	4,2	4,1	0	4,5	0	2,7	7,9	0	0	0	0,7	0	26
COS_PREP_9	**9.1**	64,4	1,5	0	0	5,1	2,1	1,7	6,6	0	2,1	0	0,2	0	18,4
COS_PREP_11	**11**	71,4	5,3	0	0	5,6	1,8	1,4	3,9	0	1,8	0	0,2	0	10,5
COS_PREP_12	**12.2**	61,3	1	1,8	0	4,2	1,5	1,2	6,7	0	1,5	0	0,3	0	21,9
COS_PREP_13	**13**	70,6	12,1	0	0	9	2	0	0	0	2	0,3	0	0	4,7
COS_PREP_15	**15.2**	70,6	12,3	0	0	11,6	1,8	0	0	0	1,8	0,6	0	0	2,5
COS_PREP_16	**16**	42,6	0,9	4,4	0	7,6	3,4	3	8,7	0	3,4	0	0,4	0	27,7
COS_PREP_25	**25.2**	49,92	0,53	0	1,04	4,93	0,56	0,95	2,94	1,06	1,3	0	0,49	0,52	35,73

Tab. VI.46 – Risultati delle analisi mineralogiche (XRPD-bulk) sui campioni massivi COS_PREP.

L'assenza, in pressoché tutti i campioni analizzati, di chiari riflessi difrattometrici imputabili a fasi idrate quali silicati e alluminati idrati di calcio, indica una limitata occorrenza di processi di reazione pozzolanica tra la componente fittile e il legante calcico probabilmente dovuta alla natura grossolana dell'aggregato fittile, entrato quindi limitatamente in reazione con la frazione legante[712].

Presenza di fasi AFm, connesse a formazione di alluminati calcici idrati, legati a reazione tra il legante carbonatico e la frazione alluminosa dell'aggregato fittile micrometrico, è stata rilevata solo per il campione COS_PREP_25 (tab. VI.47). Ciò permette di distinguere abbastanza chiaramente questo campione dagli altri sopra discussi. L'analisi *XRPD-binder* comunque dimostrato come, nel complesso, le fasi idrate di neoformazione risultino comunque piuttosto limitate ad una minima componente reagita[713]. L'occorrenza di limitate aliquote di gehlenite è da connettere alla presenza di una frazione fittile ottenuta da cottura di argille contenenti ridotta componente magnesiaca e maggiore frazione alluminosa.

Campione	Calcite	Aragonite	Afm	Diopside	Amorfo
COS_PREP_25.2	26,3	1,4	0,8	4,2	67,4

Tab. VI.47 - Risultati dell'analisi quantitativa XRPD della sola frazione legante del campione COS_PREP_25.2

6.5.2.3 - Miscele di allettamento di strutture idrauliche

Le analisi in diffrazione dei campioni COS_CM_2 e 7 restituiscono due profili mineralogici differenti. Le percentuali maggiori nei valori di calcite, dolomite e quarzo nel campione

712 CHAROLA, HENRIQUES 2000.

713 L'analisi della frazione legante del campione COS_PREP_25 ha inoltre restituito valori AFm inferiori rispetto alla stessa analisi *XRPD-bulk*.

COS_CM_7 rispetto al campione COS_CM_2 sono imputabili alla presenza consistente di aggregato sabbioso nel primo, laddove, nel secondo, gli elevati tenori di miche (muscovite), fillosilicati (clinocloro), associati ad una moderata frazione smectitica (0,33 %), sono da riferire ad elevata occorrenza di frazione terrigena fine di natura argillosa (tab. VI.48).

Campione	Calcite	Dolomite	Aragonite	Quartz	Albite	Sanidino	Muscovite	Clinochlore	Smectite	Amorfo
COS_CM_2	36,5	7,4	0,3	18,2	2,7	0	6,1	2,5	0,3	26,0
COS_CM_7	49,8	11,0	0,5	12,2	0,5	0	0,2	0	0	25,8

Tab. VI.48 – Risultati delle analisi mineralogiche (XRPD-bulk) sui campioni massivi COS_CM.

6.5.3 - *Analisi SEM-EDS*

Le analisi SEM-EDS sono state operate su una limitata selezioni di campioni (COS_WM_5, 17, 32, 34; COS_PREP_1, 4, 11, 12.1, 13, 15.1), rappresentativi delle diverse fasi edilizie, tipologie strutturali o tipologie di miscele, e sono state indirizzate all'analisi della composizione chimica dei leganti o per comprovare puntualmente l'occorrenza di fasi pozzolaniche cristalline, in campioni in cui risultano presenti in seguito ad analisi XRPD *bulk* e XRPD *binder*.

Dall'analisi EDS dei grumi di legante dei campioni di miscele di allettamento di strutture murarie, i valori CaO + MgO > 95%, di cui il rapporto CaO/MgO sempre > 60 dimostrano l'impiego di calce prodotta da cottura di calcari puri[714]. Le indagini sulle matrici (fig. VI.97 a-b2) hanno permesso di determinare, per una parte dei campioni riferibili a miscele di allettamento di strutture murarie (COS_WM_34, 32, 5, 17), CI *values* sempre minori di 0.1, indicativi di composti sostanzialmente aerei[715]. La presenza di moderati valori di silicio, alluminio e magnesio nelle matrici leganti del campione COS_WM_17 (fig. VI.97, c-d2) e, in misura minore, nel campione COS_WM_32, vanno ricondotti, in assenza di frazione fittile, ad occorrenza di discrete aliquote magnesio-alluminoso-silicatiche di origine terrigena (argilla) inclusa nella miscela legante[716], il cui impiego potrebbe essere intenzionale. L'occorrenza di significative percentuali di fosforo sia nei grumi di legante, che nella matrice del campione COS_WM_32, è forse correlabile a fenomeni di decomposizione di elementi di natura organica[717].

L'assenza di diffusa polvere fittile nelle matrici dei campioni COS_PREP_1, 4, 11, 12.1, 13, 15 determina CI *values* sempre minori di 0.2, caratteristici di malte sostanzialmente aeree[718]. L'incidenza della reazione pozzolanica sembra essere limitata alle aree di interfaccia tra l'aggregato fittile grossolano e la componente legante[719]. Dall'analisi EDS dei grumi di legante dei campioni di preparazione pavimentale, i valori CaO + MgO > 95%, di cui il rapporto CaO/MgO sempre > 60, dimostrano l'impiego di calce prodotta da cottura di calcari puri.

L' analisi microstrutturale del campione COS_PREP_4 ha inoltre evidenziato la diffusa occorrenza nelle matrici leganti di carbonati di calcio antropogenici accresciuti per pseudomorfosi all'interno di siti microstrutturali pertinenti a cristalli romboedrici di calcite di dimensioni medie pari a 200-300 μm (figure 16, 17, 18). Tale evidenza sperimentale suggerisce l'utilizzo di

[714] *Mineral and Chemical Composition of Pure Limestone* 2011.

[715] BOYNTON 1980, pp. 274-275; BANFILL, FORSTER 1999, p. 177.

[716] CARÒ, RICCIARDI MAZZILLI, SAVINI 2008, p. 95; CRISCI *et alii* 2004, pp. 265-266.

[717] BORGES, SANTOS SILVA, VEIGA 2014, p. 613. Non va comunque esclusa l'ipotesi che si tratti solamente del picco fuga del calcio.

[718] BOYNTON 1980, pp. 274-275; BANFILL, FORSTER 1999, p. 177.

[719] Come noto, in miscele con aggregato fittile grossolano le reazioni idrate sono limitate alle porzioni di interfaccia con tra legante e la componente fittile (CHAROLA, HENRIQUES 2000; BARONIO, BINDA 1997) e non influenzano particolarmente la pozzolanicità del materiale (BARONIO, BINDA 1996), mentre in presenza di polvere micrometrica di ⌀ < 75 μm (TEUTONICO, ASHALL, GARROD, YATES 2000, p. 340; COUTELAS, GODARD, BLANC, PERSON 2004, p. 131; LANCASTER 2019, p. 34) le aree in contatto sono più diffuse e determinano la formazione di prodotti idrati nei composti.

rocce carbonatiche cristalline, plausibilmente di natura metamorfica (marmi), come pietra da calce (fig. VI.97, g-h2)[720].

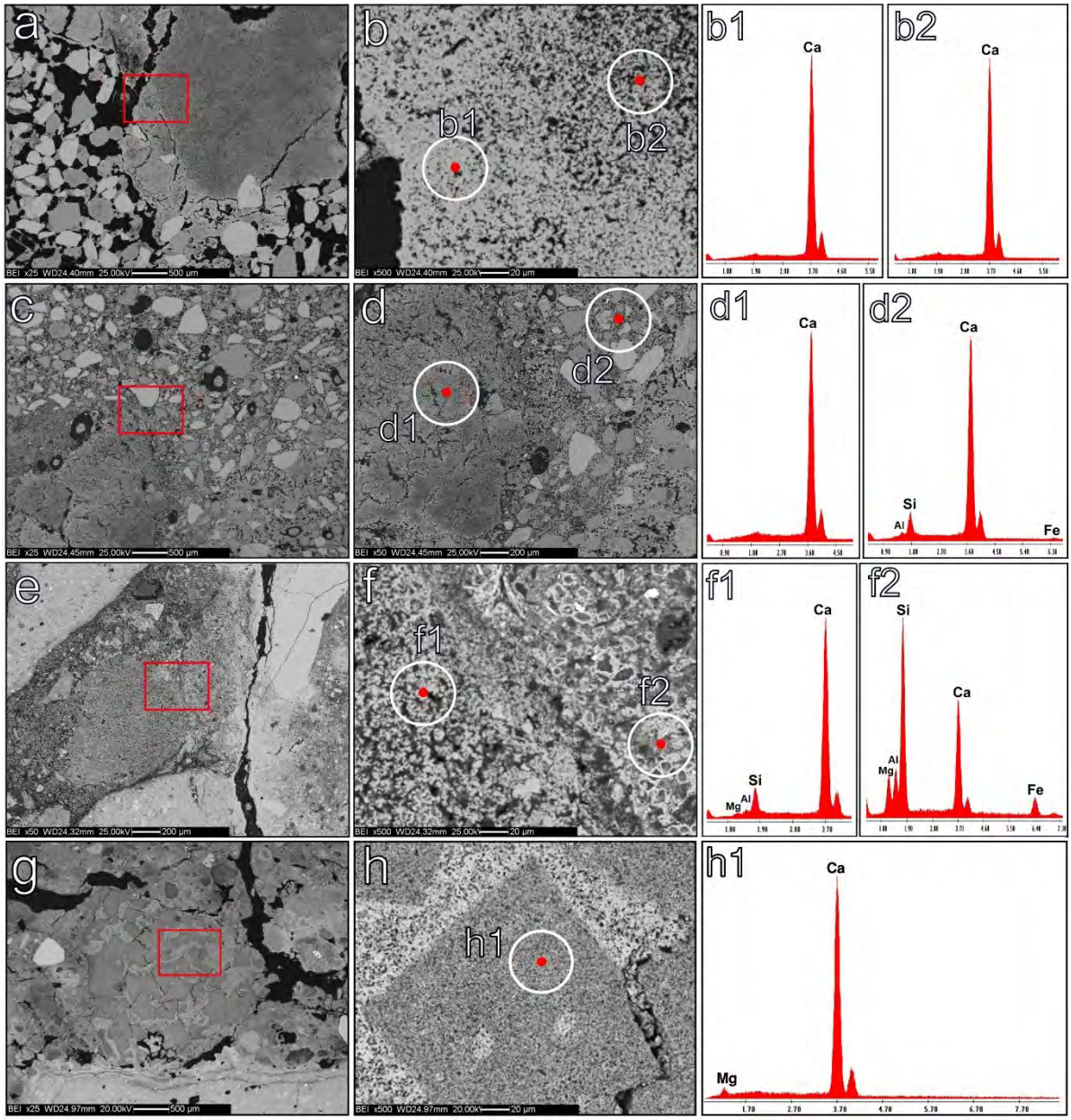


Fig. VI.97 – Analisi SEM-EDS. Acquisizioni a elettroni retrodiffusi (BSE). a) COS_WM_5, grumo di legante non miscelato nella matrice del campione; b) Acquisizione BSE dell'area evidenziata nella figura a; b1) microanalisi EDS del punto evidenziato nella fig. b; b2) microanalisi EDS del punto evidenziato nella fig. b; c) COS_WM_17, grumo di legante non miscelato nella matrice del campione; d) acquisizione BSE dell'area evidenziata nella figura c; d1) microanalisi EDS del punto evidenziato nella fig. d; d2) microanalisi EDS del punto della matrice legante evidenziato nella fig. d; e) COS_PREP_25.2, grumo di legante a colori di interferenza medi presso un frammento fittile; b) Acquisizione BSE dell'area evidenziata nella figura e; f1) microanalisi EDS del punto nel grumo di legante evidenziato nella fig. f; f2) microanalisi EDS del punto del frammento fittile evidenziato nella fig. f; g) COS_PREP_4, relitto di calcinazione di un clasto di marmo, con crescita di calcite antropogenica negli interstizi risparmia dai clasti di dimensioni maggiori; h) Acquisizione BSE dell'area evidenziata nella figura g; h1) microanalisi EDS del punto evidenziato nella fig. h.

Si distingue il campione COS_PREP_25.1/2 per l'occorrenza di frazione fittile di dimensione micrometrica non reagita diffusa nella matrice della malta di cocciopesto, e, in parte, a fasi

720 Per una più approfondita descrizione dei risultati delle analisi SEM-EDS sui campioni provenienti da preparazioni pavimentale in esame cfr. SECCO *et alii* 2018; DILARIA *et alii* 2016.

idrate, la cui presenza è già stata osservata tramite analisi XRPD sulla frazione legante del campione in oggetto. Infatti, l'analisi puntuale EDS nella matrice del livello COS_PREP_25.2 ha rivelato aliquote consistenti di SiO_2 (24%), Al_2O_3 (6%) e Fe_2O_3 (1,5%) associate a CaO (65%) e MgO (2,5%) che determinano un CI *value* di 1.1, tipico di miscele eminentemente idrauliche[721], a dimostrazione della discreta pozzolanicità di questa miscela, come d'altro canto, già evidenziato dalle indagini XRPD *binder* del livello COS_PREP_25.1. Il CI *value* di 0.5 calcolato nell'analisi puntuale all'interno di un grumo di legante non miscelato (fig. VI.97, f1) ad un frammento fittile (fig. VI.97, f2), dimostra invece una penetrazione parziale della componente silico-alluminosa nelle microporosità di questo, che potrebbero ricollegarsi alla limitata formazione di fasi idrate anche nel grumo stesso[722].

6.6 - SINTESI ARCHEOLOGICA DEI DATI ANALITICI

6.6.1 - *Le miscele leganti di strutture murarie e le fasi edilizie della* domus

6.6.1.1 - Le miscele leganti e le strutture murarie

L'analisi delle miscele di allettamento delle strutture murarie ha dimostrato come i gruppi individuati in seguito ad analisi OM si allineino chiaramente con la scansione degli episodi edilizi che coinvolsero la vita della casa (fig. VI.89, a) e, seppure in misura minore, anche con le tecniche edilizie[723] dei setti murari da cui i campioni sono stati prelevati (fig. VI.89, b). Inoltre, le indagini XRPD hanno permesso di caratterizzare più adeguatamente alcuni campioni che, in alcuni casi, dalla sola analisi in microscopia ottica, erano stati associati in gruppi petrograficamente non affini (fig. VI.95).

Si fornisce di seguito una descrizione dei diversi gruppi di miscele individuati in relazione diverse fasi edilizie della *domus* (fig. VI.98):

Fase IIa. Le malte del GR 1, che non trovano confronto, sotto il profilo petrografico-mineralogico e composizionale, con tutti gli altri campioni prelevati dal sito in esame, sono correlate con strutture murarie con fondazione e alzato in blocchetti litici di calcare (sistema F2/A6) costituenti i muri perimetrali della casa ad atrio repubblicana sita nella zona occidentale dell'area di scavo (fig. VI.98, a-b). I rapporti L/A di 1:4 ascritti alle miscele magre del GR1, non trovano alcuna attestazione nella trattatistica tardo repubblicana, ovvero l'opera catoniana, vitruviana e la c.d. *Lex Puteolana*, dove i rapporti legante/aggregato riportati si aggirano attorno a 1:2 o 1:3[724].

Fase IIb. Il setto murario con fondazione e alzato in blocchetti di arenaria (sistema F1/A5) ascritto alla fase IIb e riferibile ad una sistemazione dell'area precedente la realizzazione della parte orientale della *Domus* di Tito Macro, è realizzato con la malta ricca in sabbia vulcanica da cui proviene il campione COS_WM_32. Anche in questo caso, il campione è fortemente caratteristico sotto il profilo composizionale rispetto a tutti gli altri esaminati (fig. VI.98, a-b). Il rapporto L/A di circa 1:1.5 del campione COS_WM_32 è abbastanza conforme con quanto riportato dalla trattatistica di età tardo repubblicana[725].

---

721 BOYNTON 1980, pp. 274-275; BANFILL, FORSTER 1999, p. 177.

722 CHAROLA, HENRIQUES 2000, p. 98.

723 Sulle tecniche costruttive delle strutture murarie aquileiesi si fa sempre riferimento a quanto elaborato in PREVIATO 2015.

724 CAT. *De Agr*., XV.1. malta di terra e calce a rapporto L/A = 1:2; *Lex Puteolana* (fine II sec. a.C): malta di terra e calce in rapporto L/A = 1:3 (secondo quanto proposto in GRECO 2011, p. 43); VITR. *De arch*. II, 5, 1: Malta di calce a rapporto L/A = 1:2 se impiagata sabbia fluviale o marina come aggregato. Cfr. nel dettaglio Cap. IX, §1.

725 Cap. IX, §1.

Fase IIIa. Questa fase è quella maggiormente rappresentata nel dataset. Nello specifico le miscele del GR 2 sono impiegate nei muri perimetrali della porzione orientale della casa, realizzati con fondazione e/o alzato in blocchetti litici di calcare (F2/A6). Connesso a questo gruppo è pure il campione COS_WM_35 proveniente dal muro di fondo US 3346 del portico occidentale. Ciò, oltre a corroborare l'ipotesi della posteriorità cronologica del portico occidentale rispetto alla casa ad atrio di fase IIa, lascia supporre che entrambi i porticati della *domus* di Tito Macro siano stati realizzati in un medesimo momento edilizio. Si osserva inoltre come i muri interni delle botteghe, costruiti con una diversa tecnica edilizia (F7/A6) rispetto a quella dei perimetrali (F2/A6), siano legati da miscele del GR 2b. Gran parte dei muri divisori interni è infatti realizzata con fondazione in tegole e alzato in blocchetti di calcare (sistema F7/A6). Va tuttavia osservato come le analisi OM e XRPD evidenziano per campioni COS_WM_22 e 11, riferibili con certezza in base ai dati stratigrafici a fasi edilizie successive alla fase IIIa, un profilo petrografico-mineralogico sostanzialmente affine a quello delle miscele del GR 2b. Infine, i muri perimetrali nord e sud della casa, realizzati con fondazione in laterizi pieni disposti a filari sovrapposti (sistema F5) sono messi in opera impiegando miscele del GR 3a. Da analisi in microscopia ottica e XRPD, in questo gruppo ricade per assonanza anche il campione COS_WM_38 proveniente dal muro US 3005, tuttavia appartenente ad una fase tarda (fase IVc) e non può quindi essere correlato con i campioni COS_WM_1 e 30 riferibili alla fase IIIa (fig. VI.98, a-c). I rapporti L/A delle miscele del GR 3, compresi attorno a 1:1.5, risultano comparabili con i precetti definiti dalla trattatistica latina di età alto imperiale in relazione a miscele composte da calce e sabbia fluviale impiegate per la costruzione di murature[726]. Di contro, l'impiego di ghiaia, presente nelle miscele del GR 2, non è attestato dalle fonti in relazione alle miscele per strutture murarie.

Fase IIIa bis. Ad un isolato intervento di restauro corrisponde il campione COS_WM_8, proveniente dalla struttura US 7416, che risulta non associabile ad alcuno dei gruppi sopra evidenziati (fig. VI.98, a-c). Il rapporto L/A = 1:2 del campione COS_WM_8 risulta comparabile con i precetti definiti dalla trattatistica latina di età alto imperiale in relazione a miscele composte da calce e sabbia fluviale impiegate per la costruzione di murature[727].

Fase IIIb. Il GR 3b associa due campioni provenienti da strutture murarie in opera mista di frammenti fittili, tegole e scapoli lapidei della tipologia A13/F10 della fase IIIb e permette di supportare l'ipotesi avanzata dai dati di scavo secondo cui queste strutture sarebbero successive a quelle di fase IIIa (fig. VI.98, a-c). I rapporti L/A compresi tra 1:1.5 e 1:2 dei campioni del GR 3B risultano comparabili con i precetti definiti dalla trattatistica latina di età alto imperiale in relazione a miscele composte da calce e sabbia fluviale impiegate per la costruzione di murature[728].

Fase IIIc. Il GR 4 associa i campioni COS_WM_6 e 7 provenienti dalle strutture rispettivamente UUSS 140 e 7019, edificate con tecnica in opera mista di frammenti fittili, tegole e scapoli lapidei a disposizione irregolare (sistema A13/F10). Se già la tecnica edilizia di queste strutture denota un discreto grado di superficialità nella messa in opera, anche le malte di questo gruppo si rivelano particolarmente scadenti, sotto il profilo della cernita delle materie prime e dal punto di vista della miscelazione, certamente non ottimale (fig. VI.98, a-c). I campioni del GR4 sono miscele grasse con rapporti L/A > 1:1, malamente miscelate, che non trovano confronto con le ricette di età medio imperiale riportate dalle fonti, in relazione a malte per allettamenti murari[729].

[726] VITR. *De arch*. II, 5, 1; PLIN. *N.H.*, XXXVI, 174-175.
[727] *Ibidem.*
[728] *Ibidem*.
[729] PLIN. *N.H.*, XXXVI, 174-175; FAV. XIX, 9.



Fig. VI.98 – Aquileia, *Domus* di Tito Macro. a) Distribuzione spaziale dei gruppi di miscele di allettamento di strutture murarie identificati in seguito ad analisi OM-XRPD, in relazione alle strutture murarie campionate presso la *Domus* di Tito Macro; b) In evidenza le strutture murarie campionate di Fase II; c) In evidenza le strutture murarie campionate di Fase III e IV.

Fase IVa. Ascritta alla fase IVa è la struttura US 7005 da cui proviene il campione COS_WM_11 che tuttavia non si distingue rispetto ai campioni del GR 2b, riferibili in gran parte alla fase IIa (fig. VI.98, a-c).

Fase IVc. Alla fase IVc afferiscono alcuni campioni COS_WM_38 e 40 che, sulla base analisi OM e XRPD non trovano particolare affinità. Soprattutto il secondo sembra caratterizzarsi rispetto a tutti gli altri casi analizzati per l'elevato contenuto di calce miscelata a discrete aliquote fini di natura argillosa (argilla smectitica). L'analisi XRPD permette di associare più strettamente al campione COS_WM_40, il campione COS_WM_12, anch'esso caratterizzato da un rapporto L/A piuttosto elevato 1.5:1, elevati tenori di amorfo e assenza di dolomite. Ciò lascerebbe suggerire l'ipotesi di un'attività di rifacimento tardo di uno dei pilastri del portico (fig. VI.98, a-c). I rapporti particolarmente grassi delle miscele di questo periodo (talvolta con L/A anche di 2:1) non trovano confronto con la trattatistica tecnica di età medio-imperiale e tardo antica, che sembra piuttosto perpetuare quelle tradizioni "vitruviane" che non trovano riscontro con i casi presi in esame in relazione a questa fase[730].

Per riassumere, si osserva chiaramente come strutture murarie in pietra (sistemi F2/A6; F1/A5) o con alzato in pietra e fondazione in frammenti di tegole (F7/A6) impiegano delle miscele a legante calcico e aggregato poco classato, rappresentato da ghiaie fini mescolate a sabbie medio/fini. Esclusivamente in murature in laterizi, malte di calce ad aggregato altamente classato, stese in sottili allettamenti, risultano funzionali alla corretta messa in opera di mattoni, soprattutto se impiegati interi in strutture a corpo omogeneo (F5). Ciò risponde comunque a questioni meramente tecnico-strutturali, ossia le strutture in laterizi interi, di per sé stesse autoportanti, non necessitano di stesure in malta di spessore consistente, mentre l'impiego di ghiaie permette di colmare adeguatamente dei vuoti o piccole cavità, spesso presenti nelle strutture realizzate con conci in pietra solo grossolanamente sbozzati. Di contro, con il periodo tardo antico (fasi IIIc – IV), oltre ad una più radicale modificazione delle tecniche costruttive, ravvisabile nel diffuso impiego nei settori della *domus* di strutture del tipo F10/A13[731], si osserva una modificazione anche nelle "ricette" delle miscele leganti, ora realizzate con aggregato rappresentato da sabbie fine/finissime, molto classate, miscelato al legante in proporzioni L/A di 2:1. In tali composti, la componente legante conferisce ai composti un colore bianco bianco vivo e la buona miscelazione ne determina una discreta coesione.

Inoltre, va segnalato che la posizione strutturale per cui era predisposta una miscela (fondazione/alzato, paramento/nucleo), sia in strutture realizzate con un unico materiale che in quelle costruite con materiali eterogenei, non sembra essere un elemento di discrimine nella preparazione della "ricetta". Si osserva infatti come anche le strutture del tipo F7/A6 siano legate dalle medesime miscele del GR 2b sia in fondazione, dove sono impiegati frammenti di tegole, che in alzato, dove erano utilizzati conci di calcare.

6.6.1.2 - Le miscele leganti ed i pavimenti

Le miscele leganti impiegate nella costruzione delle pavimentazioni della *Domus* di Tito Macro si caratterizzano chiaramente in base alla tipologia di rivestimento pavimentale, e al periodo in cui vennero prodotte. Non tutte le fasi edilizie sono rappresentate da rifacimenti di piani pavimentali.

Fase IIa. Le miscele per preparazioni di pavimenti musivi della zona della casa repubblicana sono quelle meglio documentate: i tessellati della fase IIa sono messi in opera su massetti, dello spessore in genere compreso attorno ai 10 cm, costituiti da uno strato più profondo

730 FAV. XIX, 9; PALL. *Op. Agr*. I, 10, 3.
731 PREVIATO 2015, pp. 178-179, 524.

(spesso 7-8 cm) in cocciopesto grossolano poco coeso ed uno superficiale in cocciopesto. Le tessere della pavimentazione potevano essere poi allettate direttamente sul tale strato oppure su un sottile livello di puro grassello, spesso appena 1 mm, documentato solo in relazione alla preparazione del pavimento del *tablinum* (COS_PREP_24.1)[732]. Quest'ultimo, come il pavimento dell'ala settentrionale (5), era inoltre messo in opera su una preparazione leggermente differente rispetto a quelle sopra descritte in quanto predisposta con un livello inferiore di calcestruzzo con limitata frazione fittile (COS_PREP_24.3). In sostanza, la scansione degli strati preparatori dei pavimenti musivi di questa fase richiama la canonica sequenza di ascendenza vitruviana corrispondente, dall'alto al basso, con il *nucleus* (cocciopesto), il *rudus* (cocciopesto grossolano/calcestruzzo) e lo *statumen* (vespaio)[733], seppur non si possano negare leggere discrepanze rispetto alla tradizione scritta, circa la composizione delle miscele impiegate[734] e lo spessore complessivo - piuttosto ridotto – del massetto[735].

Fasi IIIa-IIIb. I pavimenti musivi delle fasi successive alla fase II sono realizzati su preparazioni più esigue. Nei massetti preparatori dei tessellati di rifacimento delle *fauces* (COS_PREP_1), dell'ambiente a nord del *tablinum* (COS_PREP_11) e dell'ambiente 11 (COS_PREP_11), si denota la progressiva sostituzione della frazione fittile con aggregato sabbioso carbonatico-silicatico. Questa modificazione delle modalità di realizzazione del sottofondo di pavimenti musivi dimostra un progressivo allontanamento dalla contemporanea trattatistica tecnica di Cetio Faventino e Palladio[736] che sostanzialmente perpetuava i precetti del canone vitruviano[737]. L'unico rivestimento in *opus sectile* analizzato, riferibile alla fase IIIa, è invece messo in opera su di un poderoso massetto preparatorio di spessore superiore ai 20 cm, realizzato con una serie di miscele ricche in frazione fittile (COS_PREP_25). La granulometria dell'aggregato nei diversi livelli andava progressivamente diminuendo dal basso all'alto: il livello più profondo (COS_PREP_25.3) consiste in una miscela in cocciopesto grossolano, all'apparenza più grassa rispetto a quelle impiegate nella preparazione dei mosaici (non analizzata). Al di sopra sono due distinte stesure di cocciopesto con frazione fittile ben classata, di cui quella superiore (COS_PREP_25.1), di allettamento delle lastre litiche della pavimentazione in *opus sectile*, risulta particolarmente grassa (L/A 1:1). Le moderate proprietà pozzolaniche del massetto sono state quantificate tramite analisi XRPD e SEM_EDS, e dimostrano come una discreta occorrenza di polvere fittile, assente in tali concentrazioni nei massetti dei mosaici, fosse stata aggiunta al fine di conferire una maggior coesione dei livelli preparatori di questo pavimento[738], nonché più sensibili proprietà idrauliche, che conferiscono una discreta impermeabilizzazione ad una pavimentazione di vasca con acqua circolante. Tutti gli strati preparatori di questo pavimento presentano un aggregato dominante di natura fittile, progressivamente più macinato passando dagli strati inferiori a quelli superiori. Nel complesso, numero di strati e modalità di preparazione non sembrano richiamare strettamente le pratiche preparatorie di pavimenti in *opus sectile* riportate da Vitruvio, che sono le medesime di quelle proposte per le pavimentazioni musive[739].

[732] Tale strato consentiva un'adeguata messa in opera delle tessere musive, che, soprattutto se di dimensioni minute, rischierebbero altresì di sprofondare nei più profondi strati preparatori. Inoltre, la tessitura generalmente grossolana di questi ultimi non rende facile il corretto livellamento dello strato e quindi l'inserimento delle tessere risulta un'operazione ardua da compiere (MOORE 1968, in part. pp. 61-64).

[733] VITR. *De arch*., VII, 3, 1-4. Cfr. a riguardo DILARIA *et alii* 2016; SECCO *et alii* 2018.

[734] Sulla letteratura critica dei passi latini riguardanti miscele da impiegare nelle malte di preparazione di pavimenti si tornerà oltre (cfr. Cap. VIII, *passim*). Secondo quanto comunemente riportato nella letteratura archeologica (ADAM 2005, p. 475; GIULIANI 2006, p. 182) il *rudus* doveva essere una miscela in calcestruzzo mentre il *nucleus* una miscela in cocciopesto o cocciopesto grossolano.

[735] Si riportano qui le dimensioni riportate in GIULIANI 2006, p. 182. dim. *statumen*: 10 cm ca; *rudus*: 21 cm; *nucleus* 11 cm. Cfr. Cap. VIII, §5.1

[736] FAV. XIX, 2; PALL. *Op. Agr*. I, 9, 4.

[737] DILARIA *et alii* 2016; SECCO *et alii* 2018. Cfr.Cap. VIII, §5.1.

[738] CHAROLA, HENRIQUES 2000, pp. 97-98.

[739] Cfr. VITR. *De arch*. VII, 3, 1-4.

Fase IVc. A questa fase corrispondono esclusivamente piani pavimentali di rifacimento non particolarmente pregiati. Le preparazioni di pavimentazioni povere, quali pavimenti in mattonato e gli stessi piani in malta realizzati in questo periodo, erano costituite da miscele di malta di calce, talvolta poco coese, data l'elevata porosità e l'inadeguata miscelazione del composto, rilevabile nella presenza di diversi grumi. Anche la presenza di elevata frazione terrigena dimostra uno scarso lavaggio delle sabbie precedentemente alla messa in opera di miscele che impiegano come aggregato materiali eterogenei spesso prodotti del recupero e reimpiego di spogliazioni e demolizioni, come le tessere musive o i frammenti di intonaco (COS PREP_7, COS_PREP_13).

6.6.1.3 - Le miscele leganti e le strutture idrauliche

L'analisi dei campioni di miscele leganti prelevati da strutture idrauliche appare particolarmente interessante, seppur il campionamento sia modesto, e interessi esclusivamente condotti realizzati nella fase IIIa.

Fase IIIa. Le canalette di scolo delle acque reflue realizzate in questa fase sono messe in opera con malte di calce o malte di terra del tutto aeree. Non vi era quindi alcun interesse all'impermeabilizzazione di tali strutture, probabilmente perché, diversamente dall'acqua pulita destinata all'alimentazione, non veniva riposta alcuna attenzione alla conservazione delle acque nere, che potevano quindi parzialmente disperdersi nel sottosuolo o non essere adeguatamente convogliate nei collettori fognari.

6.6.2 - *Analisi delle fasi di cantiere*

Si è già dimostrato come le tecniche preparatorie di miscele leganti impiegate nel contesto della *Domus* di Tito Macro dipendessero chiaramente dalla funzione delle strutture per cui erano preparate o dall'*expertise* delle maestranze coinvolte nelle diverse fasi edilizie.

Si osserverà ora come la distribuzione spaziale e cronologica dei campioni prelevati dal contesto in esame possa fungere da importante indicatore nell'analisi delle relazioni tra le maestranze coinvolte nell'attività costruttiva. In particolare, risulta interessante analizzare nel dettaglio le due "fasi di cantiere" rappresentate nel dataset analitico da un numero statisticamente significativo di campioni di miscele leganti, ossia la fase IIa e la fase IIIa.

Fase IIa. Il cantiere edilizio della casa ad atrio repubblicana rivela, per ciò che concerne le caratteristiche delle miscele leganti impiegate, una forte organicità in senso tecnico-costruttivo a dimostrazione di un cantiere adeguatamente progettato in tutte le sue fasi[740]. Tutte le murature sono allettate tramite l'impiego di miscele del GR 1, che denotano strettissime assonanze composizionali anche tra campioni prelevati in punti spazialmente lontani (fig. VI.98, a). Ciò rivela una elevata standardizzazione della "ricetta" preparatoria e nelle modalità di messa in opera. Sulla base delle caratteristiche petrografiche, è possibile dimostrare l'approvvigionamento dell'aggregato ghiaioso da una specifica area di cava, costantemente sfruttata durante l'intero processo di costruzione. Anche la costruzione delle pavimentazioni risulta studiata nel dettaglio sin dalle fasi di sottofondazione, come già segnalato[741]. Sia i pavimenti musivi che il

[740] Similarmente a quanto osservato per la costruzione del trofeo di Augusto, La Turbie (Alpe Marittime, Francia) in relazione agli aspetti composizionali delle miscele leganti, cfr. COUTELAS 2012, p. 141.

[741] FURLAN 2012, p. 81. I livelli di cantiere sottostanti ai piani pavimentali di prima fase della corte centrale (3), dell'ala settentrionale (6), di uno dei due *cubicola* (5) e dell'ambiente a nord del *tablinum* (9), erano costruiti su fondazioni realizzate con la medesima tecnica: al di sopra di uno stendimento basale uniforme su tutta l'area di schegge lapidee, ad indicare le quote di fondazione delle pavimentazioni, alcuni riporti a matrice limo argillosa erano separati da due distinti vespai di materiale sciolto, di cui, quello superiore, era in genere realizzato con frammenti fittili di dimensione decimetrica. Tale scansione è stata osservata uniformemente dalle sezioni a vista sottostanti le pavimentazioni in vari punti dello scavo. L'alta specializzazione del cantiere è ravvisabile nello stretto controllo delle quote,

pavimento in tessere fittili erano messi in opera su massetti preparatori in cocciopesto grossolano. Solo i tessellati erano poi allettati su strati in cocciopesto a granulometria più fine. Data la natura non particolarmente elaborata delle decorazioni musive nella zona dell'atrio (3), che consistevano sostanzialmente in pavimentazioni monocrome in tessere nere, è possibile supporre che la realizzazione delle rispettive preparazioni fosse stata affidata ad un gruppo di *pavimentarii* o *tesselarii* non particolarmente specializzati[742]. L'esecuzione di pavimenti musivi di maggior impegno poteva essere invece commissionata a botteghe a capo di artigiani specializzati (*musivarii*?)[743]. Nel caso in esame, si osserva come nel *tablinum* (9), la pavimentazione musiva fosse messa in opera su una preparazione assimilabile a quella dell'ala nord (6), ma sostanzialmente differente rispetto a quelle predisposte per le restanti pavimentazioni della zona dell'atrio[744]. Ciò lascerebbe intendere che due distinte maestranze fossero attive in questi settori della casa, una prima a cui erano commissionate le pavimentazioni di minor impegno ed una

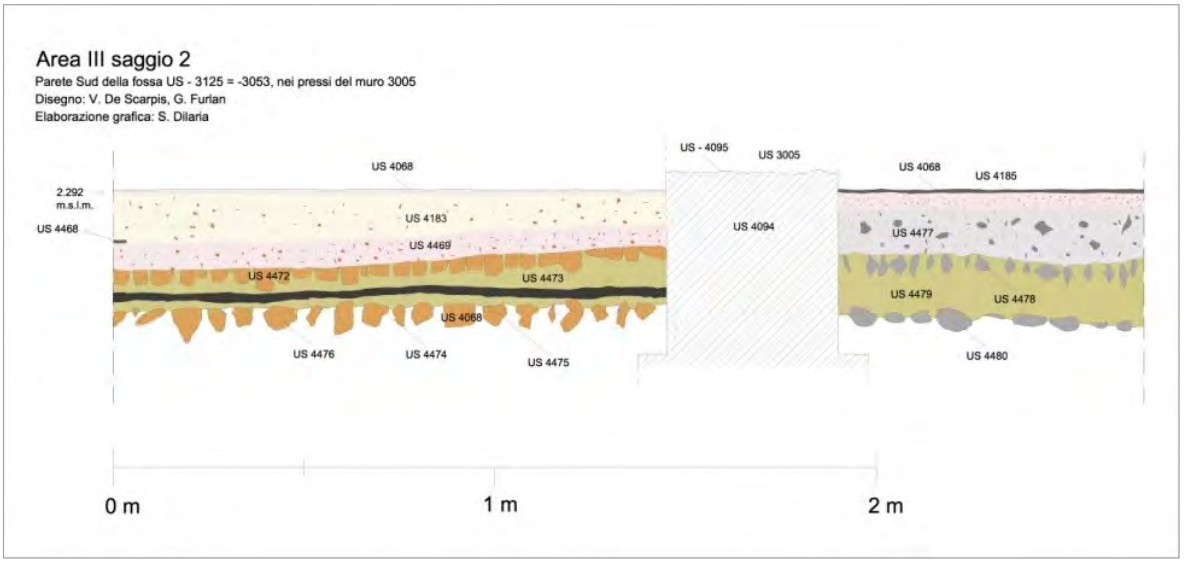


Fig. VI.99 – Aquileia, *Domus* di Tito Macro. Prospetto stratigrafico dei sottofondi pavimentali dell'ala nord (6) a dx e dell'ambiente a nord del *tablinum* (9), successivamente obliterato da una pavimentazione di rifacimento in fase IIIB (US 4068). Da Berto, Furlan, Dilaria, Zago 2014, fig. 4, p. 58.

seconda, forse di artigiani specializzati, a cui è stata commissionata la decorazione del pavimento dell'ala nord e, soprattutto, del *tablinum*, che consiste in un sofisticato mosaico con motivo a scacchiera di triangoli[745]. Ogni gruppo realizzava le pavimentazioni attingendo al proprio bagaglio di conoscenze tecniche e scegliendo in totale autonomia le materie prime da impiegare nella costruzione, come si può chiaramente osservare in relazione alle preparazioni delle pavimentazioni dell'ala nord (6) e dell'ambiente a nord del *tablinum* (9), che risultano chiaramente differenti – fin dai più profondi livelli preparatori[746] – per ciò che concerne i materiali impiegati.

operato mediante stendimenti quanto più possibilmente tabulari, inframmezzati dai vespai inferiori che, forse dovevano svolgere pure la funzione di marcapiano, oltre che di isolamento dall'umidità, man mano che la costruzione procedeva verso l'alto. Cfr. Bonetto, Previato, Furlan c.s.

[742] Dunbabin 1999, p. 275. Tale definizione potrebbe essere altrimenti destinata solamente a coloro che si occupavano della preparazione delle miscele del massello preparatorio (*ibidem*, nota 37).

[743] Dunbabin 1999, p. 275.

[744] Va inoltre segnalato come solo nelle pavimentazioni di *tablinum* (8) e ala nord (6) il vespaio fosse stato realizzato con ciottoli di medie dimensioni e non con frammenti fittili di dimensione decimetrica documentati in relazione alle preparazioni della zona dell'atrio.

[745] Bueno 2017i, scheda 457.

[746] Tuttavia, non è possibile chiarire a che livello della costruzione intervenissero l'artigiano specializzato nella cernita delle materie prime. Possibile che solo la costruzione del massello e le modalità di messa in opera della pavimentazione fossero determinate dalle tecniche di bottega, mentre i livelli preparatori più profondi erano probabilmente commissionati ad operai di cantiere. Cfr. sul tema Moore 1968, pp. 63-64. Nella costruzione degli strati di

Ciononostante, la razionalità del progetto costruttivo originario venne mantenuta, come si può notare dal corretto allineamento delle quote dei livelli di fondazione dei piani pavimentali (fig. VI.99).

Diversi elementi lasciano inoltre suggerire che le maestranze coinvolte nella costruzione delle pavimentazioni e gli operai addetti alla costruzione delle murature attingessero a diverse forniture di materie prime, come anche dimostrato mettendo a confronto le caratteristiche petrografiche della totalità delle miscele impiegate in ambito costruttivo per la fase II (fig. VI.100).

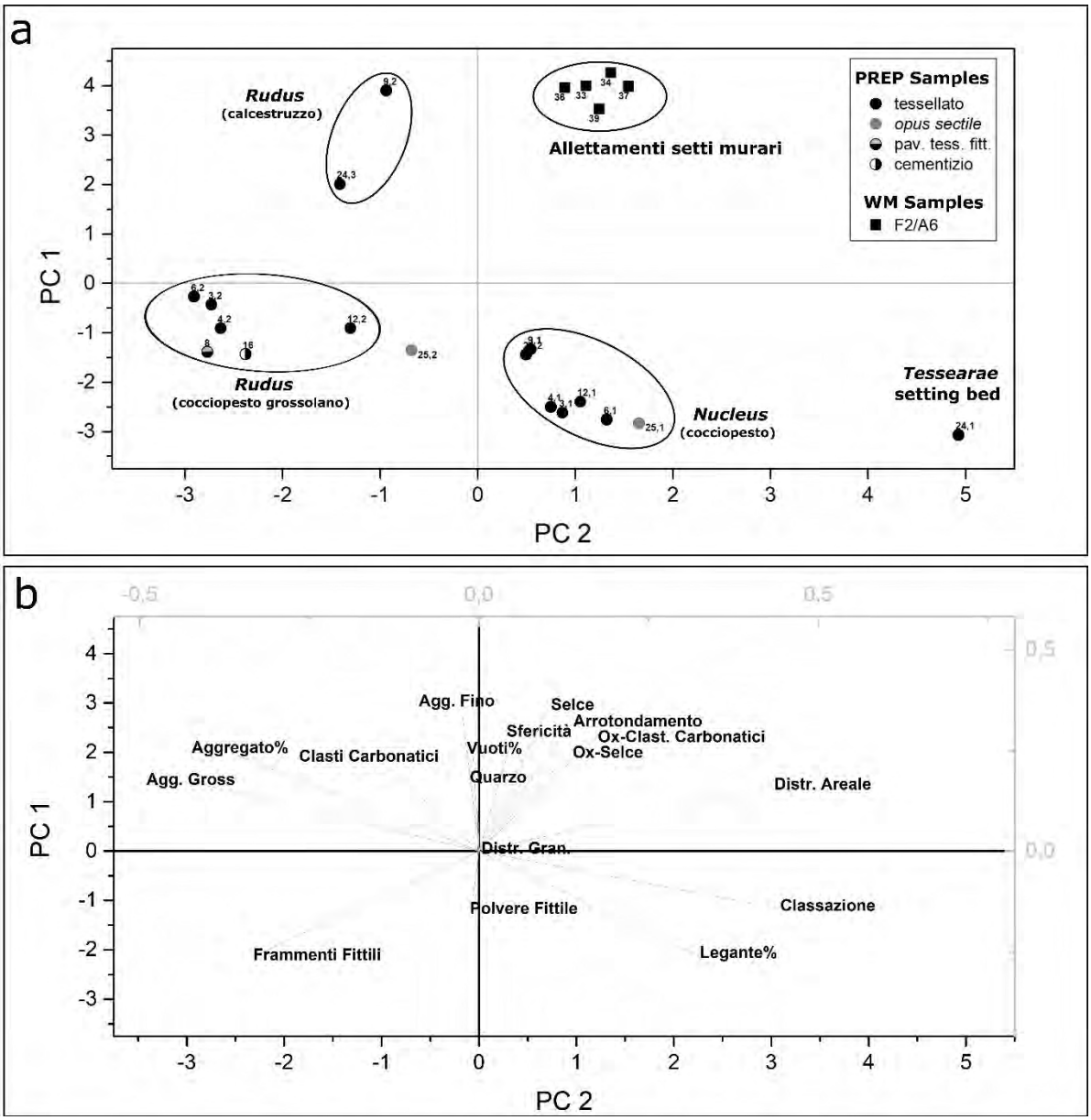


Fig. VI.100+ – Aquileia, *Domus* di Tito Macro. Risultati dell'analisi statistica multivariata (PCA) condotta sulla totalità delle miscele analizzate in relazione alla fase IIa, in relazione a: a) tecnica edilizia; b) variabili di interesse. Assieme, le PC1 e PC2 sono rappresentative del 66% della varianza totale.

Innanzitutto, se la preparazione dei massetti delle pavimentazioni sembra seguire standard vitruviani, così come lo stesso impianto dell'abitazione[747], di contro, le miscele impiegate

allettamento erano impegnate squadre di operai (decurie), di estrazione medio-bassa (COL. *De re rust*. I, 9), mentre lo status sociale dei mosaicisti doveva essere piuttosto alto (PLIN. *Nat. Hist*. 36.61).

[747] BONETTO, GHEDINI 2014.

nelle murature, seppur tenaci, risultano piuttosto magre (L/A 1:4 ca) e non sembrano richiamare i rapporti proporzionali riportati dalla trattatistica tecnica del periodo (cfr. *infra*). Ma non solo, differenti erano inoltre le materie prime utilizzate nella preparazione delle miscele leganti. Le diverse caratteristiche petrografico-mineralogiche delle ghiaie impiegate nelle miscele per murature rispetto a quelle che ritroviamo nelle preparazioni pavimentali (soprattutto in relazione ai livelli in calcestruzzo, campioni COS_PREP_9.2 e COS_PREP_24.3) rivelano infatti come per l'approvvigionamento di questi materiali fossero sfruttati bacini distinti. Uno va probabilmente ricercato in paleo-depositi fluviali dell'alta pianura friulana[748] (cfr. *infra*), mentre altri, sicuramente locali, afferiscono ai depositi fluviali del Natisone/Torre o del comprensorio isontino[749]. La possibilità che la costruzione delle strutture murarie antecedesse di molto quella delle pavimentazioni è meno probabile[750], vista l'elevata organicità che caratterizza il cantiere costruttivo della *domus*. Si aprono quindi due ipotesi distinte. La prima, meno plausibile, prevede che vi fosse una chiara volontà, da parte del capo cantiere, nell'impiego di una specifica tipologia di ghiaia nella preparazione delle miscele dei setti murari. Tuttavia, da un punto di vista fisico-meccanico, tale aggregato non sembra fornire particolari qualità ai composti. Viene quindi più spontaneo pensare che l'approvvigionamento delle materie prime non fosse determinato a livello progettuale ma dipendesse sostanzialmente da una serie di relazioni economico-sociali, tra capi artigiani e fornitori, svincolate dal progetto edilizio e dipendenti esclusivamente dalle esigenze contingenti all'episodio costruttivo.

Difficile è invece riconoscere la provenienza della pietra da calce impiegata. Gli elevati tenori di CaO dei grumi di calce restituiti da indagini EDS fanno propendere per l'ipotesi di calcinazione di calcari puri, quali sono tutti quelli del bacino carsico, triestino e istriano[751], il cui impiego in lastre, conci, blocchi e tessere è ampiamente documentato ad Aquileia in ambito costruttivo[752] e decorativo[753]. È stato dimostrato che una parte del legante impiegato nella produzione delle miscele derivasse dalla calcinazione di marmi. Il fatto risulta tuttavia insolito per il periodo in cui venne costruita la casa repubblicana, quando sembra essere ancora labilmente attestata l'importazione di questo materiale ad Aquileia[754]. L'evidenza archeometrica supporta cionondimeno l'ipotesi della presenza di una calcara nelle immediate vicinanze del cantiere[755], dove potevano essere calcinati, assieme a calcari, anche schegge e scarti di taglio di pietre marmoree, originariamente impiegate per scopi decorativi. Oltre alle tracce di marmo, se i calcari del carso Isontino e del bacino di Aurisina sembrano essere i litotipi maggiormente impiegati nella *Domus* di Tito Macro[756], l'ipotesi della calcinazione *in situ* di pietre afferenti a questi due litotipi è plausibile, ma non è altresì supportabile con certezza.

Fase IIIa. L'attività di ampliamento della *Domus* di Tito Macro verso la porzione orientale dell'isolato nel corso della fase IIIA, fu anch'essa esito di una attività cantieristica altamente organizzata, come dimostrato dall'analisi delle miscele impiegate nella costruzione delle strutture murarie di questo periodo. Vi sono inoltre delle evidenze materiali che permettono di cogliere

[748] L'aspetto ossidato dei clasti si deve probabilmente alla provenienza di queste ghiaie da paleo depositi fluviali pedogenizzati di età pleistocenica, forse afferenti ad una facies sedimentaria del fiume Torre (cfr. a riguardo Cap VII, §1.3.1).

[749] GAZZI *et alii* 1973, pp. 7, 10-13, p. 16, fig. 11, tab. 1a, p. 28; MAROCCO 2009, pp. 73-74.

[750] In tal caso le pause di cantiere potrebbero testimoniare un cambiamento nel bacino di approvvigionamento delle materie prime, come osservato altrove (COUTELAS 2012, in particolare p .133).

[751] CUCCHI, GERDOL 1985; CARULLI, ONOFRI 1960; LAZZARINI 2006).

[752] PREVIATO 2015, in particolare pp. 415-442.

[753] Tessere musive realizzate tramite taglio di questi litotipi sono estremamente frequenti ad Aquileia (PORTULANO, BUGINI, FOLLI 2002; BOSCHETTI, DILARIA, SALVADORI, MAZZOLI c.s.).

[754] PREVIATO 2015, p. 479.

[755] Diverse calcare sono state documentate negli anni nel territorio circostante la città, seppur datate ad epoca medio-imperiale o tardo antica. Sulla calcara tardoantica rinvenuta in località Sandrigo cfr. COTTICA 2010; COTTICA *et alii* 2017, pp. 87-88; Una seconda struttura, recentemente riconosciuta come calcara, è stata individuata a sud di Aquileia, in loc. Belvedere/Centenera (GRANDIN 2013/2013,p. 99).

[756] BONETTO, PREVIATO, MAZZOLI 2015.

particolari aspetti connessi con le pratiche di cantiere. Non è tuttavia, nel complesso, un'operazione semplice affermare se, all'interno del cantiere del settore orientale dell'abitazione, le differenze composizionali riscontrate tra le miscele delle murature perimetrali in laterizi pieni (sistema F5), in blocchetti di calcare (sistema F2/A6) e in tegole e blocchetti in calcare (sistema F7/A6), vadano interpretate come: a) compresenza di più gruppi di operai operanti con differenti "ricette" e materiali edilizi; b) mutamento in corso d'opera del bacino di approvvigionamento specifico o fornitore al progredire del cantiere stesso; c) mutamento della facies sedimentologica del bacino di approvvigionamento stesso (solo per le miscele); d) una combinazione dei fattori sopra esposti[757].

Se la caratterizzazione composizionale molto classata delle miscele del GR 3a risulta facilmente spiegabile sulla base delle caratteristiche statico-strutturali delle murature del sistema F5, nel caso delle strutture murarie dei sistemi F2/A6 e F7/A6, statisticamente molto simili, la discordanza composizionale tra le miscele del GR 2a e GR2b risponde certamente ad altri fattori. Innanzitutto, risulta chiaro come il cantiere costruttivo prevedesse inizialmente, la realizzazione della sola perimetrazione muraria della fabbrica architettonica esterna, mentre le strutture interne vennero probabilmente realizzate in un momento di poco successivo. Quindi, a favore dell'ipotesi del mutamento del bacino di approvvigionamento specifico in corso d'opera (ipotesi b) sembrerebbe testimoniare l'analisi del campione COS_WM_10, proveniente da un perimetrale esterno l'area delle botteghe, e afferente al GR 2b, che associa miscele tendenzialmente riferibili a malte di allettamento dei setti interni (fig. VI.98, a). Le differenti caratteristiche dimensionali dell'aggregato impiegato nelle miscele del GR 2a e GR 2b, testimonierebbero un cambio nel bacino di approvvigionamento o del fornitore nel corso dell'avanzamento del cantiere edilizio dall'angolo sud-orientale della fabbrica architettonica verso le aree interne[758].

È probabile che ad un unitario progetto di riqualificazione urbana corrisponda la costruzione dei porticati est ed ovest, i cui muri interni, oltre ad essere realizzati con medesima tecnica edilizia, sono costruiti impiegando le miscele del GR 2a, come comprovato dall'analisi del campione COS_WM_35.

Per concludere, difficilmente inquadrabili sono le attività delle fasi successive al periodo IIIa, che sembrano connesse ad episodi di restauro puntuali e non organicamente programmati all'interno di più ampi progetti di ricostruzione. Infatti, le leggere differenze composizionali tra le miscele impiegate nella costruzione delle pavimentazioni di rifacimento, sembrano riconducibili a episodi costruttivi tra loro svincolati.

Il campione COS_WM_12, proveniente da un pilastro del portico orientale, risulta infine accostabile composizionalmente alle miscele di fasi tarde. Ciò resterebbe a testimonianza di mirati interventi di restauro di vecchie strutture preesistenti, mantenute ancora funzionali in epoca tardo antica.

[757] Sulla questione COUTELAS 2012, pp. 138-141; COUTELAS 2011, p. 144.

[758] Un cambiamento nel bacino di approvvigionamento delle materie prime utilizzate nella produzione di malte di allettamento di strutture murarie è stato osservato anche in relazione alle fasi di costruzione delle terme di Vieil-Evreux (Eure, France) di II sec. d.C. (COUTELAS 2012, pp. 137-138). In questo caso è stato supposto inoltre che il cambio di materie prime potesse corrispondere ad una pausa di cantiere, aspetto non chiaramente verificabile per il contesto in esame. A simili conclusioni si è giunti per motivare alcune leggere differenze nello spessore dei letti di malta di allettamento osservati in due settori differenti delle Terme di Caracalla (DELAINE 1997, pp. 173-174).

7 - Area produttivo-artigianale presso la sponda orientale del porto fluviale

7.1 - Ubicazione topografica e storia delle ricerche

L'area presso l'ex Fondo Sandrigo, sita ad oriente del corso attuale della Natissa, presso il camping Aquileia, è stata oggetto, dall'anno 2010, di indagini archeologiche condotte dall'Università Cà Foscari di Venezia, sotto la direzione della prof. D. Cottica e del dott. L. Fozzati. Il progetto, denominato "Aquileia Porto Romano - Sponda orientale", è incentrato, per l'appunto, sull'analisi, lo scavo ed il riconoscimento delle evidenze archeologiche connesse con la sponda orientale dell'antico *Natiso cum Turro*, meno conosciuta della meglio nota sponda occidentale[759].

Infatti, diversamente da quest'ultima, indagata a più riprese prima da G. Brusin, successivamente da L. Bertacchi e, infine, dall'Ecole Française de Rome, la sponda orientale, fino agli anni 2000, era conosciuta esclusivamente grazie ai sondaggi operati dal Brusin nel 1930-1931 e 1939 che ne hanno potuto mettere in luce le evidenze monumentali per oltre 150 metri (fig. VI.101)[760].



Fig. VI.101 – Aquileia. Sponda orientale del porto fluviale individuata nei vecchi scavi di inizio novecento (Brusin 1934, fig. 18).

Tuttavia, seppur già richiamati in una nota dall'archeologo aquileiese, i quartieri artigianali o ulteriori infrastrutture site immediatamente ad est della sponda portuale non erano mai stati indagati appieno; più ad oriente invece, quartieri suburbani e porzioni della viabilità antica erano già stati messi in luce grazie agli scavi della fine del XIX secolo di H. Maionica[761] ed ancora, circa cento anni dopo, con le indagini archeologiche di emergenza effettuate dalla soprintendenza tra 2005 e 2010 nell'area del c.d. Camping Aquileia[762].

Sulla base delle indagini degli anni pregressi, il progetto "Aquileia Porto Romano - Sponda orientale" ha permesso di definire in maniera più puntuale l'assetto delle infrastrutture e le modalità di frequentazione dell'area posta ad est della sponda fluviale orientale. Le indagini archeologiche, tutt'ora in corso, stanno mettendo in luce un complesso palinsesto stratigrafico interessato da contesti a destinazione produttivo-artigianale di diversa natura distribuiti in un arco temporale che dall'epoca alto imperiale si estende fino alla Tarda Antichità.

7.2 - Articolazione planimetrica e fasi edilizie

Le indagini archeologiche condotte presso la sponda orientale del Porto romano di Aquileia stanno fornendo nuovi dati circa la destinazione d'uso di un'area del suburbio della città antica che fino a pochi anni fa era molto poco conosciuta. La periodizzazione delle evidenze archeologiche messe in luce è ancora in corso di definizione e viene periodicamente aggiornata di

[759] Cottica 2010; Cottica *et alii* 2017, pp. 87-88.

[760] Brusin 1934, pp. 25-26; Brusin 1939, cc. 73-76; Carre, Maselli Scotti 2001, p. 222.

[761] Maionica 1893.

[762] Cottica *et alii* 2017, p. 87. Nella scelta dell'area di scavo indagine archeologica importanti sono stati i dati ottenuti grazie alle prospezioni geofisiche effettuate dalla Fondazione Lerici nel 1984 (a riguardo Maselli Scotti 1993).

pari passo con le attività di scavo annualmente condotte. Da quanto si è potuto capire finora, sono stati definiti quattro periodi principali, che spaziano dall'intervento di sistemazione della sponda orientale, effettuato in epoca alto imperiale, al momento di abbandono dell'area, avvenuto nel corso dell'epoca tardo antica (fig. VI.102)[763].

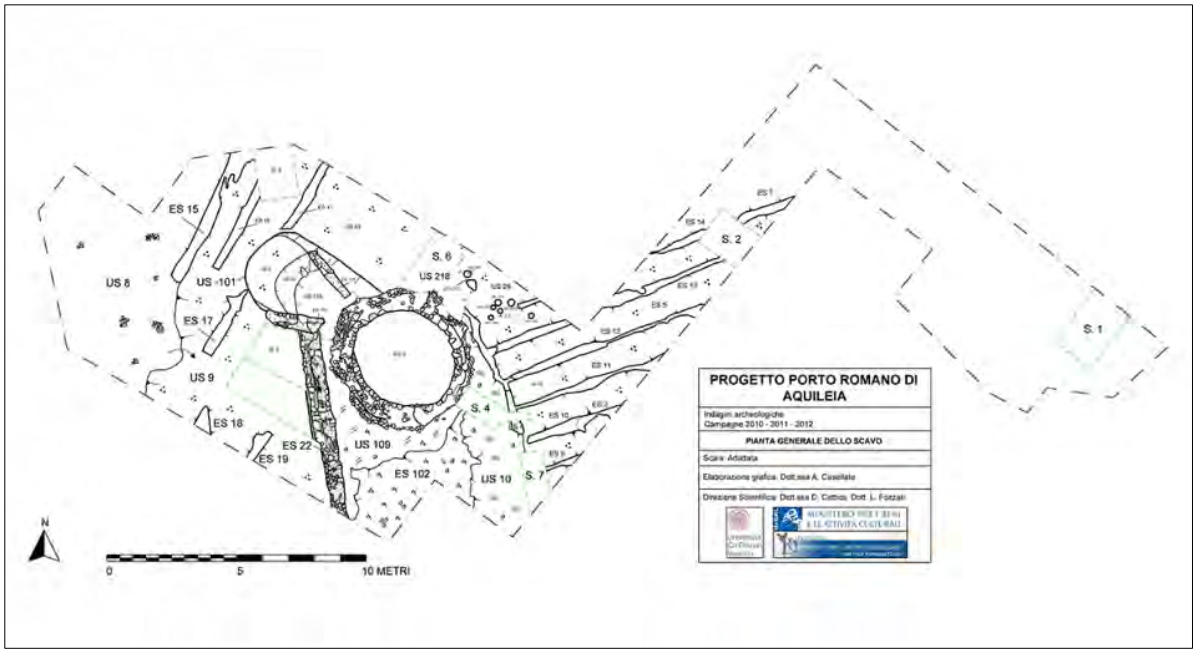


Fig. VI.102 - Aquileia, planimetria generale delle evidenze scavate presso l'ex fondo Sandrigo (da COTTICA *et alii* 2017, fig. 9, p. 89).

Periodo I. Da quanto finora noto, il più antico intervento antropico che ha interessato l'area di scavo sono le numerose attività di rialzo e bonifica del terreno funzionali alla realizzazione del muro di sponda orientale del porto fluviale, diretta prosecuzione meridionale di quello già individuato da G. Brusini negli anni Trenta. Sulla base dei reperti recuperati, questa attività sarebbe preliminarmente databile alla prima metà del I sec. d.C. (fig. VI.103).

Al di sopra dei livelli di arginatura, venne realizzato un sistema di canalizzazioni e sottoservizi, connessi ad una vasca quadrangolare con fondo in malta ma probabilmente rivestita in assito ligneo. L'intero complesso infrastrutturale è stato per ora preliminarmente associato ad una tintoria o, più genericamente, ad un'altra forma di attività artigianale che utilizzi dei liquidi, canalizzati e raccolti attraverso il complesso sistema di infrastrutture idrauliche appena descritto. Sulla base delle prime analisi dei materiali ceramici, sembrerebbe che l'impianto possa essere stato sfruttato tra l'età flavia e la metà del secolo successivo. Non è quindi ancora del tutto chiaro se il momento di installazione di questa attività artigianale possa essere coevo all'intervento di costruzione dell'argine spondale o non vada piuttosto ascritto ad una fase di poco successiva.

Periodo II. Verso la metà del II sec. d.C., il sistema artigianale di età alto imperiale cessò di esistere in seguito all'impianto di una differente attività. Questo intervento venne strutturato in un sistema di spallette in argilla e ciottoli, perfettamente perpendicolari al muro spondale, tra loro paralleli e allineati in senso nord-est/sud-ovest. Un tale impianto sembra essere funzionale allo stoccaggio di materiali e trova confronto con tutta un'altra serie di contesti, sia di ambito italico che provinciale, in cui sono attestate soluzioni costruttive simili[764]. Analisi archeobotaniche hanno inoltre permesso di comprendere come quest'infrastruttura di immagazzinamento

[763] COTTICA 2010, pp. 11-12; COTTICA *et alii* 2017, pp. 87-88.
[764] LAURORA 2013.

fosse adibita alla macerazione della canapa. È questa una fibra vegetale con cui si producevano, già in antico, cordami e funi, verosimilmente utilizzate per l'attracco delle imbarcazioni che transitavano nei pressi del porto fluviale[765].

Periodo III. Tra la fine del IV e l'inizio del V d.C. il tratto del muro di sponda orientale messo in luce nell'area di scavo venne defunzionalizzato. È questo un chiaro riflesso delle modifiche dell'assetto idrogeologico a cui andò incontro il *Natiso cum Turro* dall'epoca medio imperiale, tali da determinare un netto restringimento dell'alveo fluviale, con conseguente impaludamento dello stesso[766]. Sono questi gli anni in cui venne qui installata un'attività artigianale legata alla produzione della calce, la cui principale evidenza è rappresentata dalla struttura circolare di una calcara, impostata direttamente sulla rasatura dell'argine spondale (fig. VI.103). La struttura, la cui vita si articola in tre fasi d'uso inquadrabili tra IV ed inizi del V sec. d.C., è stata rinvenuta con il suo ultimo carico ancora *in situ*, costituito da blocchi architettonici e materiale lapideo di spoglio.



Fig. VI.103 – Aquileia, area di scavo in loc. fondo ex-Sandrigo. Veduta generale dell'area nel corso della campagna di scavo 2017. In primo piano è la cresta del muro spondale dell'argine orientale del porto fluviale parzialmente obliterato dalla costruzione della calcara tardoantica. In alto a dx si osservano le spallette in argilla e ciottolo costituenti le aree di stoccaggio e macerazione della canapa del periodo medio imperiale (su gentile concessione della prof.ssa D. Cottica - Università Ca' Foscari di Venezia, Dipartimento di Scienze dell'Antichità e del Vicino Oriente).

Periodo IV. Sempre in età tardo antica la calcara venne demolita per dare spazio all'impianto di una rinnovata attività di produzione della canapa, articolata in un sistema di spallette

[765] La canapa, tra i diversi usi, era impiegata in antico per il confezionamento del cordame in dotazione alle imbarcazioni (MARCHESINI, MARVELLI 2016). Analisi archeobotaniche su pollini conservati tra le spallette hanno inoltre confermato l'attività svolta nel settore (COTTICA *et alii* 2017, pp. 90-93).

[766] Cfr. Cap. II, § 2.3



Fig. VI.104 - Area di scavo in loc. Sandrigo. Infrastrutture idrauliche legate all'attività produttiva del periodo alto imperiale. Fondo in malta della vasca per tinture messa in luce durante la campagna di scavo 2018. Si osservano le tracce degli incassi per le pareti lignee della struttura (su gentile concessione della prof.ssa D. Cottica - Università Ca' Foscari di Venezia, Dipartimento di Scienze dell'Antichità e del Vicino Oriente).



Fig. VI.105 - Area di scavo in loc. Sandrigo. Fondo in malta della vasca per tinture messa in luce durante la campagna di scavo 2018. Si osservano le tracce degli incassi per le pareti lignee della struttura (foto SD).

e vaschette in argilla, tra loro parallele ma aventi un orientamento sostanzialmente est-ovest che si adattava al corso assunto dal *Natiso cum Turro* in questo periodo.

Periodo V. Con l'età alto medievale, l'area oggetto di analisi andò incontro ad un progressivo abbandono connesso con l'obliterazione delle strutture qui messe in luce.

7.3 - MATERIALI E TECNICHE EDILIZIE

Fatta eccezione per il muro di sponda orientale del porto fluviale, questo settore della città, per essendo collocato nell'immediato suburbio, si caratterizza per tecniche edilizie povere, tipiche dei contesti romani rurali.

Da quanto noto dalle relazioni di G. Brusin, il muro di sponda orientale aveva uno spessore compreso tra 0,80 e 1,33 m ed era realizzato su di un sistema di palificazioni lignee[767]. L'analisi autoptica della struttura ha permesso di descriverne meglio la tecnica edilizia: nella porzione messa in luce presso lo scavo dell'Università Cà Foscari, il muro spondale consiste in un doppio paramento in blocchetti e conci lapidei grossolanamente sbozzati[768] e nucleo in scapoli e schegge lapidee miste a sporadici frammenti fittili. Il legante è costituito da malta di calce con inclusi ghiaiosi. Le recenti indagini hanno messo in lue anche un tratto del sistema di scale digradanti che consentivano l'accesso al fiume.

Per quanto riguarda le infrastrutture rinvenute ad est del muro di sponda, le evidenze materiali sono particolarmente modeste.

Della vasca quadrangolare, da cui si dirama l'impianto di canalizzazione, si conserva solamente il fondo in malta, sul quale sono presenti gli incassi di quello che doveva essere il rivestimento della struttura, che si suppone essere ligneo (fig. VI.104). Il sistema di canalizzazioni è realizzato con materiali poveri e consiste in strutture aventi spallette in frammenti fittili e lapidei legati da malta e una copertura realizzata con un particolare conglomerato ad elevata partecipazione argillosa. Tavole lignee, di cui si conserva l'impronta in negativo, dovevano costituire il rivestimento interno dei condotti fungendo anche come blando supporto strutturale (fig. VI.105). Le spallette per la lavorazione della canapa dei periodi II e IV sono realizzate semplicemente mediante cordoli di argilla pressata mista a pochi ciottoli.

[767] BRUSIN 1939, cc. 75-76.

[768] Il litotipo impiegato è prevalentemente il calcare ma sono anche presenti conci in arenaria. Il tratto fondazionale qui individuato sembrerebbe pertanto ascrivibile nella tipologia F11 (paramento in blocchetti lapidei sbozzati disposti ordinatamente su filari orizzontali e nucleo in *opus caementicium*), piuttosto che nel tipo F4 così come descritto in PREVIATO 2015, tab. 14, p. 259 sulla base delle indicazioni fornite dal Brusin sulla tecnica costruttiva del tratto rinvenuto più a nord.

Infine, la calcara tardoantica del periodo III presenta una pianta circolare per un diametro di 4,0 m circa. Si è potuto osservare come il *fortax*[769] consista di una successione di tre cortine murarie concentriche che testimoniano quindi una prolungata attività d'uso con ristrutturazioni periodiche dell'impianto[770]. La cortina muraria originaria più esterna (fase I) è resa da una struttura piena di laterizi in frammenti, allettati su malta di terra molto depurata[771]. Un materiale ceramico derivato da alterazione per temperatura dell'argilla funge anche da rivestimento di coibentazione della camera di cottura[772]. Successivamente, probabilmente in vista di una nuova attività di cottura, la fornace venne ripristinata mediante la costruzione di un secondo anello interno (USM 3; USN 204), realizzato con la medesima tecnica del primo e posto direttamente in appoggio a quest'ultimo (fase II). Anche in tale fase lo stesso materiale ceramico appare adeso come rivestimento interno del *fortax*. Di un terzo ed ultimo intervento, forse connesso ad un parziale restauro della cortina di fase II, è un lacerto di muratura USM 208, realizzata a secco e senza alcun rivestimento di coibentazione, posto in appoggio alla porzione meridionale della muratura USM 3/204. Un *praefurnium*, probabilmente presente in una prima fase, venne successivamente obliterato mediante una tamponatura in laterizi frammentari (USM 203). Le spallette del *praefurnium* erano messe in opera con conci e blocchetti di pietra e sporadici frammenti fittili, legati con miscela legante ad elevato contributo terrigeno.

7.4 - CAMPIONAMENTO

Dall'area di scavo presso l'ex-fondo Sandrigo sono stati prelevati 14 campioni (tav. 11, tab. VI.49) riferibili a: a) Miscele leganti di allettamento di paramenti o nuclei di strutture murarie (WM); b) Miscele leganti con funzione di rivestimento di strutture murarie (WMR); c) Miscele leganti a stesura orizzontale messe in opera con funzione strutturale o impiegate come supporti preparatori pavimentali (PREP); d) Miscele leganti di allettamento di strutture idrauliche (CM). Dal muro di sponda orientale del porto fluviale (USM 22) sono stati prelevati due campioni di miscela legante riferibili, il primo (PFE_WM_1), alla porzione superiore del nucleo in *opus caementicium* della struttura (fig. VI.106, a) e, il secondo (PFE_WM_2), prelevato a quota inferiore, dai giunti leganti del paramento murario. Quattro campioni sono ascrivibili ai sottoservizi connessi all'attività di tintura: il primo (PFE_CM_1) proviene dalla copertura della canaletta (USM 304) localizzata a sud della vasca quadrangolare (fig. VI.106, f); il secondo (PFE_CM_2) è stato prelevato invece da una presunta copertura di condotto idraulico rinvenuta – delocalizzata – nei pressi della vasca quadrangolare. Gli ultimi due campioni (PFE_PREP_1 e PFE_PREP_2) provengono infine dal fondo di tale vasca (USM 207) (fig. VI.106, e). Dalla calcara tardoantica sono stati prelevati 8 campioni. Due sono riconducibili alle malte di terra di allettamento dei laterizi della struttura circolare di prima (PFE_WM_10) e seconda fase (PFE_WM_5, fig. VI.106, c) del *fortax* (rispettivamente USM 205 e USM 3); ai rivestimenti di coibentazione sono ascrivibili tre campioni, di cui due da quello di prima fase (PFE_WMR_6, 7) e uno da quello di seconda fase (PFE_WMR_9). Due campioni provengono dalle spallette (USM 101 e 103), rispettivamente sud (PFE_WM_3, fig. VI.106, b) e nord (PFE_WM_4), del *praefurnium*, mentre l'ultimo (PFE_WM_8) è stato prelevato dalla tamponatura di chiusura del *praefurnium* stesso.

---

769 Dalla lettura del passo catoniano (CAT. *De agr*. XLIV, 38, 1-4) con *fortax* si intende tradizionalmente "una muratura che, nelle fornaci di epoca romana, correva lungo la circonferenza interna della camera di combustione, interrotta solo in corrispondenza del *praefurnium*, utilizzata come base di imposta per la falsa volta di pietre da sottoporre a cottura" (TRAINI 2013, p. 36).

770 COTTICA 2010, p. 12.

771 COTTICA *et alii* 2017, p. 88.

772 La pratica di applicare rivestimenti in argilla a fini coibentanti, alterata dal processo termico in un materiale simil ceramico, appare comune in età romana (DIX 1982, p. 333). Si veda, a titolo esemplificato, il caso rappresentato dalle calcare di epoca romana e medievale in territorio capenate (Roma), dove in diversi casi è stato riscontrato l'utilizzo di tale strato di rivestimento (SAVI SCARPONI 2013, *passim*). Un altro caso simile è riconoscibile in una calcara romana di sala Braganza (PR) (CATARSI, ANGHINETTI 2007). Tuttavia, non sono noti in letteratura studi di carattere archeometrico sulle caratteristiche fisico-mineralogiche di questo particolare tipo di materiali ceramici.

Campione	US/USM	Funzione strutturale			Tipologia	Periodo	Cronologia
WM Samples							
PFE_WM_1	USM 22	strutturale	nucleo in *opus caementicium*	fondazione	F11	I	I-II d.C.
PFE_WM_2	USM 22	strutturale	nucleo in *opus caementicium*	fondazione	F11	I	I-II d.C.
PFE_WM_3	USM 103	allettamento	paramento murario	alzato		III (fase ?)	IV-V d.C.
PFE_WM_4	USM 101	allettamento	paramento murario	alzato		III (fase ?)	IV-V d.C.
PFE_WM_5	USM 3	allettamento	paramento murario	alzato		III (fase II)	IV-V d.C.
PFE_WM_8	USM 203	allettamento	paramento murario	alzato		III (fase ?)	IV-V d.C.
PFE_WM_10	USM 205	allettamento	paramento murario	alzato		III (fase I)	IV-V d.C.
WMR samples							
PFE_WMR_6	USM 205	rivestimento	paramento murario	alzato		III (fase I)	IV-V sec. d.C.
PFE_WMR_7	USM 205	rivestimento	paramento murario	alzato		III (fase I)	IV-V sec. d.C.
PFE_WMR_9	USM 204	rivestimento	paramento murario	alzato		III (fase II)	IV-V sec. d.C.
PREP Samples							
PFE_PREP_1	USM 207	strutturale	piano/preparazione pavimentale			I	metà I d.C. - metà II d.C.
PFE_PREP_2	USM 207	strutturale	piano/preparazione pavimentale			I	metà I d.C. - metà II d.C.
CM Samples							
PFE_CM_1	USM 206	strutturale	struttura idraulica	copertura (?)		I	metà I d.C. - metà II d.C.
PFE_CM_2	USM 304	strutturale	struttura idraulica	copertura		I	metà I d.C. - metà II d.C.

Tab. VI.49 - Elenco dei campioni analizzati dal sito produttivo artigianale in loc. ex-Sandrigo, con relative strutture di provenienza e inquadramento cronologico.

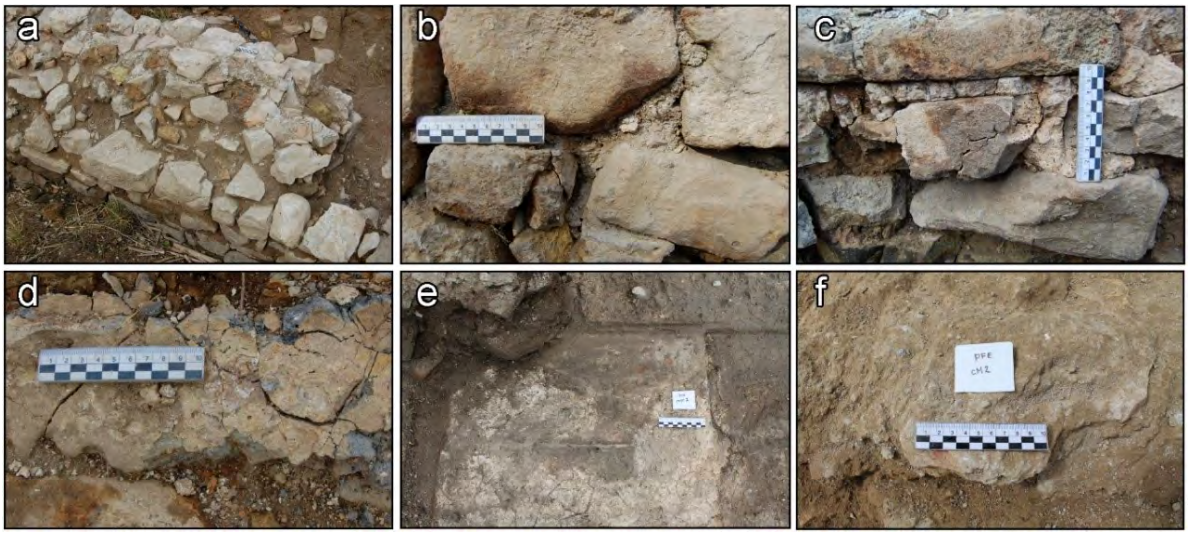


Fig. VI.106 – Aquileia, area produttiva in loc. fondi ex-Sandrigo. Campionamento. a) Fondazione del muro di sponda orientale del porto fluviale di Aquileia (USM 22); b) Stesura di allettamento della spalletta muraria meridionale del *praefurnium* della calcara tardoantica (USM 101); c) Stesura di allettamento della muratura interna di rifacimento della camera di combustione della calcara tardoantica (*fortax*) (USM 3); d) Stesura di rivestimento in argilla sinterizzata della camera di combustione di prima fase della calcara tardoantica (PFE_WMR_6); e) Campionamento del fondo in malta della vasca per tinture di età alto imperiale; f) Campionamento della copertura in conglomerato al elevata frazione terrigena del sistema di sottoservizi connessi con l'attività produttiva di età alto imperiale (USM 304).

Campione	OM	XRPD - *bulk*	XRPD - *binder*	SEM-EDS
WM samples				
PFE_WM_1	x			x
PFE_WM_2	x	x		x
PFE_WM_3	x	x		
PFE_WM_4	x			
PFE_WM_5	x	x		
PFE_WM_8	x			
PFE_WM_10	x	x		
WMR samples				
PFE_WMR_6	x	x		
PFE_WMR_7	x	x		
PFE_WMR_9	x	x		
PREP Samples				
PFE_PREP_1	x			
PFE_PREP_2	x			
CM Samples				
BRU_CM_1	x			
BRU_CM_2	x			

Prima di procedere alle analisi archeometriche, i campioni sono stati tagliati tramite troncatrice a lama diamantata (fig. VI.107) e ne è stato effettuato un preliminare studio macroscopico delle caratteristiche salienti (riportato nella descrizione petrografica).

Tab. VI.50 – Elenco analisi archeometriche effettuate sui campioni prelevati dall'area artigianale in loc. Fondo ex-Sandrigo.

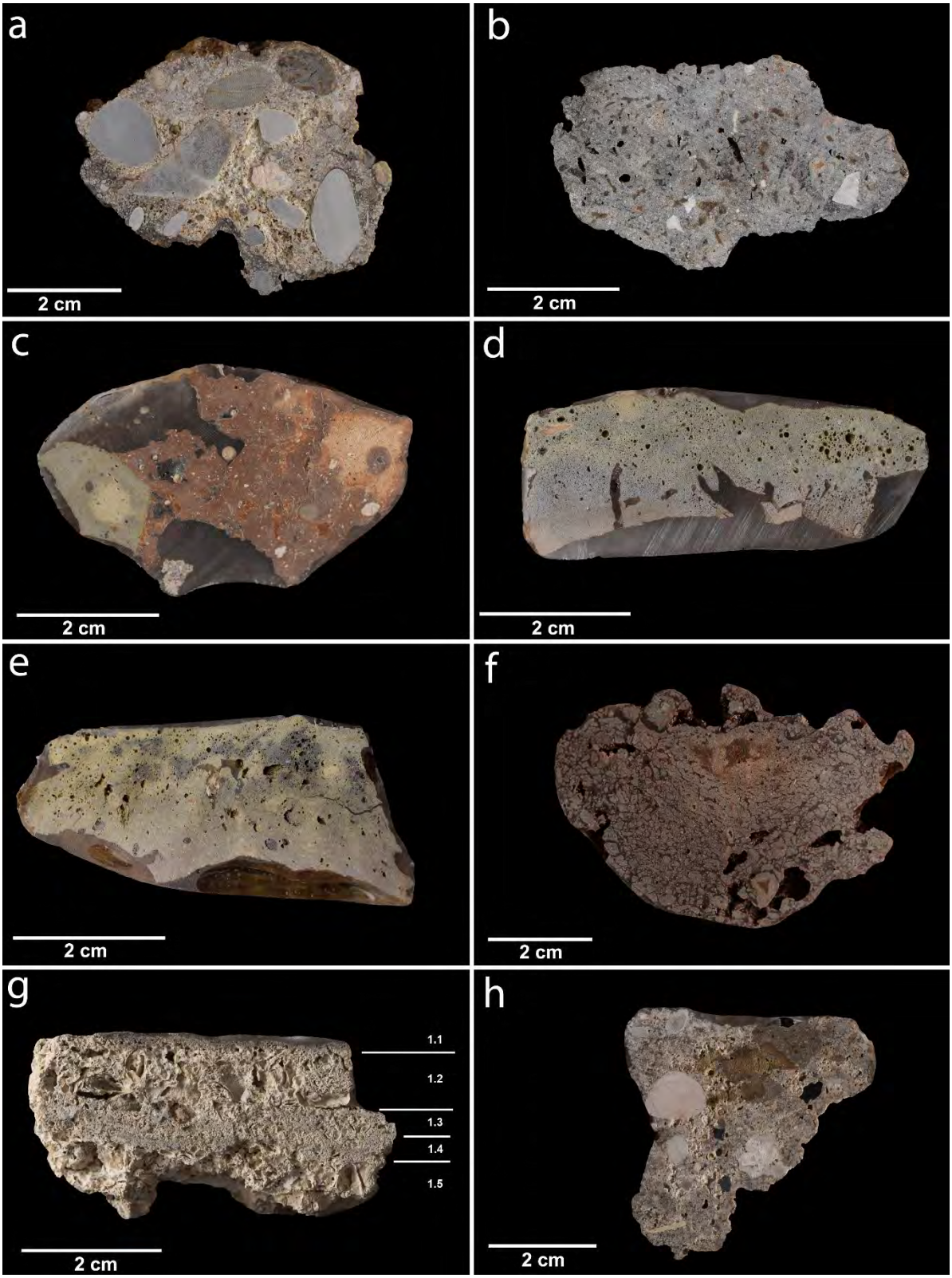


Fig. VI.107- Tagli petrografici, in seguito a consolidamento in resina epossidica, di una selezione di campioni di interesse prelevati dall'area produttivo-artigianale in loc. Fondo ex-Sandrigo. a) PFE_WM_2; b) BRU_WM_3; c) PFE_WM_5; d) PFE_WMR_7; e) PFE_WMR_9; f) PFE_WM_10; g) PFE_PREP_2; h) PFE_CM_2.

7.5 - RISULTATI DELLE ANALISI ARCHEOMETRICHE

Su tutti i campioni richiamati è stato effettuato studio in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata su sezioni sottili (OM). Per l'analisi dei campioni prelevati dalla calcara tardoantica sono state effettuate indagini XRPD-*bulk* col fine ultimo di analizzare, in particolar modo, le fasi mineralogiche di neoformazione per temperatura dei materiali ceramici. Infine, le indagini SEM-EDS si sono concentrate esclusivamente nell'analisi dei campioni prelevati dalla struttura spondale (tab. VI.50).

7.5.1 - *Analisi in microscopia ottica (OM)*

Tutti i campioni presi in esame sono stati analizzati tramite indagine in microscopia ottica su sezioni sottili e descritti secondo la metodologia definita[773] (tab. VI.51). Non sono state effettuate indagini statistiche sui dati desunti dalle analisi petrografiche condotte sui campioni prelevati da strutture dell'area in oggetto in quanto i campioni si presentano, tra di loro, particolarmente differenti sotto il profilo composizionale e risultano pertanto difficilmente confrontabili.

Gruppo 1 - campioni PFE_WM_1, 2

Entrambi i campioni del Gr 1 provengono dalla struttura spondale del periodo I. Sono malte di calce ad alta frazione ghiaiosa, del tutto aeree. Macroscopicamente si presentano mediamente tenaci e hanno aspetto conglomeratico grossolano (fig. VI.107, a). Il legante è carbonatico a tessitura micritica; le porosità, diffuse (circa 30% volume), sono prevalentemente del tipo *vughs*. L'aggregato si presenta moderatamente selezionato, a distribuzione granulometrica bimodale e distribuzione areale moderatamente omogenea, indice di una adeguata miscelazione del composto prima della messa in opera. La frazione grossolana è rappresentata da prevalente ghiaia media e grossa carbonatica, mentre per la frazione fine (sabbia medio-fina) vi è ancora prevalente componente carbonatica, con tracce secondarie di selce, quarzo e arenarie. Minima è la presenza di feldspati e miche (fig. VI.108, a).

Gruppo 2 - campioni PFE_CM_1, 2, PFE_WM_3, 4

I campioni di questo gruppo provengono da strutture e fasi differenti. Già tramite analisi macroscopica dei campioni si è potuto constatarne una certa eterogeneità sotto il profilo composizionali, in quanto, pur essendo tutti degli impasti limo-argillosi misti ad una componente di calce, le proporzioni tra questi elementi non sono per nulla omogenee (fig. VI.107, b, h).

Nel campione PFE_CM_1 è dominante la componente terrigena argillo-limosa: la frazione più fina presenta smagrante a quarzi microcristallini, mentre la componente limosa si caratterizza per prevalenti clasti carbonatici, con secondaria selce e quarzo. Miscelata al legante carbonatico è invece una frazione d'aggregato rappresentata da dominante sabbia media carbonatica con secondarie aliquote di selce e quarzo. In percentuali ridotte vi sono inoltre sporadici clasti fittili.

Del tutto simili a PFE_CM_1 sono i campioni PFE_WM_3 e PFE_WM_4. Il primo ha una colorazione di massa grigio giallastra (*reddish-yellow*, 7.5YR 7/6) e si presenta nel complesso piuttosto compatto. Microscopicamente, la matrice si compone di un impasto di argilla e calce, miscelate non uniformemente. La frazione terrigena ha sempre tessitura argillosa, a forte partecipazione carbonatica. Il legante calcico appare invece micritico a bassi colori di interferenza (fig. VI.108, b). Da rilevare sono sporadici clasti di malte di reimpiego. La porosità, ridotta, è rappresentata da vuoti di tipo *vughs* e *channels*. Carboni naturali, probabilmente già presenti nel deposito argilloso usato nell'impasto, sono frequenti in matrice.

Non dissimile è PFE_WM_4. In questo caso la matrice argillosa sembra preponderante rispetto alla componente legante carbonatica, attestata comunque dalla presenza di grumi non miscelati di calce. I clasti più grossolani in questo campione sono rappresentati da frammenti di

[773] Cfr. Cap. IV, §3.1.

cristalli anedrali di calcite riferibili probabilmente a marmi bianchi (fig. VI.109, a). Più latente è l'occorrenza di carboni nel campione. Da rilevare invece è la presenza di un grossolano frammento di riuso di un materiale argilloso completamente sinterizzato (fig. VI.109, b), che risulta del tutto compatibile con la matrice di alcuni dei campioni provenienti dai rivestimenti di coibentazione della calcara[774].

Si distingue maggiormente il campione PFE_CM_2 (fig. VI.108, h), che risulta essere una malta di calce a legante carbonatico, che impiega come aggregato, oltre sabbia media prevalentemente carbonatica, anche clasti di ghiaia grossa carbonatica. In questo caso, la frazione limo-argillosa rappresenta una componente di gran lunga più ridotta rispetto a quanto osservato nei casi precedentemente discussi. L'aggregato ha distribuzione areale non uniforme e classazione medio-bassa. La porosità è prevalentemente rappresentata da vuoti di tipo *vughs*.

In tutti i campioni del Gr 2 il rapporto L/A è difficilmente computabile tramite analisi d'immagine per via dell'elevata occorrenza di frazione terrigena, e viene pertanto stimato a circa 1:1.5/1:2.

Gruppo 3 - campioni PFE_WM_5, 6, 7, 8, 9, 10

Tutti i campioni del gruppo 3 sono stati prelevati dalla struttura della calcara e possono essere definiti come malte di terra. Tuttavia, si presentano, già macroscopicamente, differenti tra di loro, in quanto risultano spesso fortemente alterati in seguito a fenomeni di sinterizzazione da temperatura.

Nello specifico, si rivela una completa assonanza composizionale dei campioni PFE_WM_10 e PFE_WM_8. Sono costituiti da malta di terra semplice (fig. VI.107, f), molto friabili, depurati e caratterizzati da un colore rosso-bruno (*reddish-yellow,* 5YR-7/8). La matrice è argillosa, con visibili microclasti carbonatico-quarzosi e selci sub-angolose, sporadiche miche ed ematite, in grumi o filamenti (fig. VI.108, f). Sono talvolta presenti clasti più grossolani (millimetrici) di calcare o quarzo. La porosità è rappresentata da evidenti vuoti allungati di tipo *planar voids* e *channels* derivati dal ritiro in fase di presa. Fenomeni di scottatura per temperatura non sono evidenti (fig. VI.109, c).

Nei campioni PFE_WMR_6, 7 e 9 la componente argillosa originaria si presenta pressoché totalmente alterata dall'elevata temperatura a cui sono stati sottoposti i rivestimenti di coibentazione (fig. VI.107, d-e). In microscopia ottica i campioni si presentano fortemente sinterizzati; la colorazione, anche all'interno dello stesso campione, può variare (*fire clouding*) da tonalità giallo-verdastra nei campioni PFE_WMR_7, 9 (*light-yelowish brown* 2.5Y 6/4) o grigio-bluastra (*olive gray* 5Y 6/2) nel campione PFE_WMR_6, a dimostrazione della non perfetta ventilazione della struttura, con porzioni in ambiente debolmente ossidante alternate ad aree a sistema riducente[775]. La presenza, in tutti i campioni, di caratteristiche porosità circolari è anch'essa indice di eventi legati alla sinterizzazione della componente argillosa (fig. VI.108, e). Ben visibili in tutti i campioni sono i fantasmi relitti di clasti di ghiaia carbonatica in via di dissoluzione per temperatura, mentre i microclasti silicatici si presentano minimamente o per nulla alterati se non nel campione PFE_WMR_6. Quest'ultimo si caratterizza per il colore grigio-bluastro a testimonianza accentuati fenomeni di alterazione da temperatura, in ambiente particolarmente riducente[776]. Il campione si presenta come una massa ceramica uniforme, altamente sinterizzata, con occorrenza diffusa di vuoti di dimensione sub-millimetrica e fantasmi/relitti di aggregati grossolani, carbonatici e silicatici, in via di pressoché totale dissolvimento. Non sono infatti più riconoscibili i clasti silicatici di quarzo, spesso presenti nelle argille non alterate (fig. VI.108, d).

[774] Cfr. *infra*.

[775] SMITH 2008, p. 76.

[776] Probabilmente queste porzioni della parete erano lontane dal *praefurnium* dedicato al passaggio dell'aria. (NODARI *et alii* 2004, MARITAN *et alii* 2005, MARITAN *et alii* 2006a, pp. 6, 13). Si veda in genere come i rivestimenti argillosi sinterizzati di colorazione nerastra siano tipici delle porzioni inferiori delle fornaci in ambiente di riducente (camera di combustione), mentre abbiano un aspetto molto più rossastro ed ossidato, nella porzione superiore, dove era collocato il carico, con maggior passaggio d'aria (camera di cottura). Cfr. a riguardo: (cfr. SAVI SCARPONI 2013, fig. 4, p. 3).

Campione		Livelli	Spessore	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp. mineralogica	Calcinaroli (%)	Rapporto DIA	%Legante	*Vughs v.*	*Vescicles v.*	*Planar v.*	*Chhannel v.*	%Vuoti	AGG Dim max. (mm)	AGG. dim media gross. (mm)	AGG. dim media fino (mm)	Classazione	Distr. Granulom	Distr. Areale	Sfericità	Arrotondamento	%Aggregato	Orientazione	Bordi di reazione	Clasti carbonatici	Selce	Quarzo	Calcite Spatica	Arenaria	Frazione terrigena	Feldspati	Clasti vulcanici	Gusci di Molluschi	Frammenti Fittili	Polvere fittile	Malte di riciclo	Carbone	Fibre vegetali	Prodotti di neoformazione	Posizione
					Desc. macr.					*Legante*														*Aggregato*															*Additivi*			
PFE_WM_1		n.d.	n.d.	5	MC	C	2	1:1.5	30	2	3	4	-	18	8,69	0,88	0,43	3	2	3	4	4	52	-	-	6	4	3	-	1	1	-	-	-	1	-	-	2	-	-	
PFE_WM_2		n.d.	n.d.	5	MC	C	7	1:4	18	2	-	4	-	8	17,5	1,02	0,41	2	2	4	4	4	74	-	-	8	4	1	-	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PFE_WM_3		n.d.	7.5YR 7/6	/	/	A/C	7	n.d.	n.d.	/	/	/	/	/	/	/	/	n.d.	/	/	/	/	n.d.	-	-	3	3	3	-	3	7	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	
PFE_WM_4		n.d.	7.5YR 7/6	/	/	A/C	7	n.d.	n.d.	/	/	/	/	/	/	/	/	n.d.	/	/	/	/	n.d.	-	-	3	3	3	2	3	7	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	
PFE_WM_5		n.d.	5YR 7/7	/	/	A		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n.d.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
PFE_WMR_6		n.d.	5Y 6/2	/	/	A*	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n.d.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
PFE_WMR_7		n.d.	2.5Y 6/4	/	/	A*	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	n.d.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
PFE_WM_8		n.d.	5YR 7/8	/	/	A	-	n.d.	n.d.	/	/	/	/	/	/	/	/	n.d.	/	/	/	/	n.d.	-	-	3	1	1	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PFE_WMR_9		n.d.	2.5Y 6/4	/	/	A*	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
PFE_WM_10		n.d.	5YR 7/8	/	/	A	-	n.d.	n.d.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3	1	2	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PFE_PREP_1	**1.1**	n.d.	n.d.	/	/	A	-	n.d.	n.d.	3	1	-	-	15	/	n.d.	6	1	6	4	5	n.d	-	-	-	3	1	1	-	-	5	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	
	1.2	n.d.	n.d.	/	/	C	20	2:1	37	4	-	5	5	41	/	n.d.	6	1	2	4	5	16	-	-	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1.3	n.d.	n.d.	/	/	A	-	n.d.	n.d.	4	-	-	-	22	/	n.d.	6	1	6	4	5	n.d	-	-	2	1	1	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1.4	n.d.	n.d.	/	/	C	20	2:1	n.d.	4	4	5	5	33	/	n.d.	6	1	2	4	5	18	-	-	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1.5	n.d.	n.d.	/	/	A	-	n.d.	n.d.	3	-	1	-	16	/	n.d.	-	-	-	-	-	n.d	-	-	2	1	1	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1.6	n.d.	n.d.	/	/	A	-	n.d.	n.d.	4	-	-	-	18	/	n.d.	-	-	-	-	-	n.d	-	-	2	1	1	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PFE_PREP_2	**2.1**	n.d.	n.d.	/	/	A	-	n.d.	n.d.	2	-	3	-	15	/	n.d.	6	1	6	4	5	n.d	-	-	2	1	1	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	
	2.2	n.d.	n.d.	/	/	C	20	2:1	38	3	3	5	4	42	/	n.d.	6	1	2	4	5	14	-	-	3	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	
	2.3	n.d.	n.d.	/	/	A	-	n.d.	n.d.	4	-	-	-	22	/	n.d.	6	1	6	4	5	n.d	-	-	2	1	1	-	-	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2.4	n.d.	n.d.	/	/	C	20	2:1	n.d.	3	2	4	3	33	/	n.d.	6	1	2	4	5	18	-	-	3	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2.5	n.d.	n.d.	/	/	A	-	n.d.	n.d.	3	-	-	-	16	/	n.d.	-	-	-	-	-	n.d	-	-	2	1	1	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	
	2.6	n.d.	n.d.	/	/	A	-	n.d.	n.d.	3	-	-	1	18	/	n.d.	-	-	-	-	-	n.d	-	-	2	1	1	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PFE_CM_1		n.d.	7.5YR 7/6	/	/	A/C	2	n.d.	n.d.	2	/	/	1	12	/	n.d.	5	1	3	4	4	n.d	/	/	4	2	2	-	1	7	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	
PFE_CM_2		n.d.	7.5YR 7/6	/	/	A/C	7	n.d.	n.d.	1	2	/	1	14	/	n.d.	5	1	3	4	4	n.d	/	/	6	3	4	2	1	4	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	

Tab. VI.51 - Tavola riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di miscele leganti dall'area di scavo in loc. fondo ex-Sandrigo.

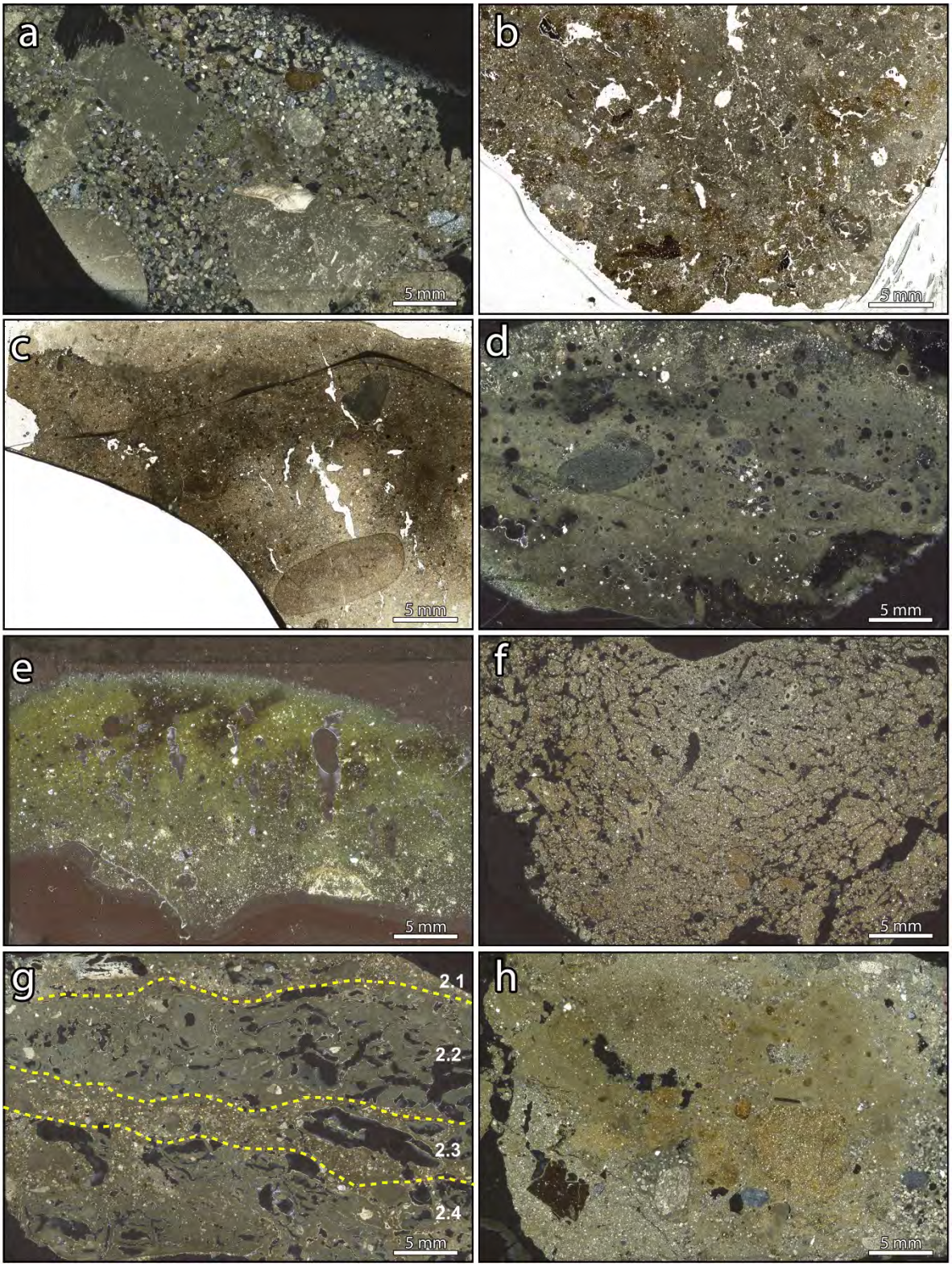


Fig. VI.108 - Acquisizioni in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM-TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN); a) PFE_WM_1 (XN); b) PFE_WM_3 (PN); c) PFE_WM_5 (PN); d) PFE_WMR_6 (XN); e) PFE_WMR_9 (XN); f) PFE_WM_10 (XN); g) PFE_PREP_2; h) PFE_CM_2.

Di contro, nei campioni PFE_WMR_7 e, soprattutto, PFE_WMR_9 i processi di sinterizzazione della componente argillosa, seppur largamente diffusi, non sembrano estesi come nel campione PFE_WMR_6 (fig. VI.109, e). Sono ancora riconoscibili i clasti di quarzo sub-angolari, nonché relitti di clasti carbonatici parzialmente alterati.

Il campione PFE_WM_5 si pone invece come intermedio tra i campioni non alterati da temperatura e quelli sinterizzati (fig. VI.107, c), con evidenti i vacuoli circolari nelle porzioni vetrificate, ma nel complesso è ancora ben riconoscibile l'originaria tessitura argillosa (fig. VI.108, c). Si osservano comunque frequentemente clasti carbonatici in via di incipiente dissoluzione nella matrice del campione (Fig. VI.109, d).

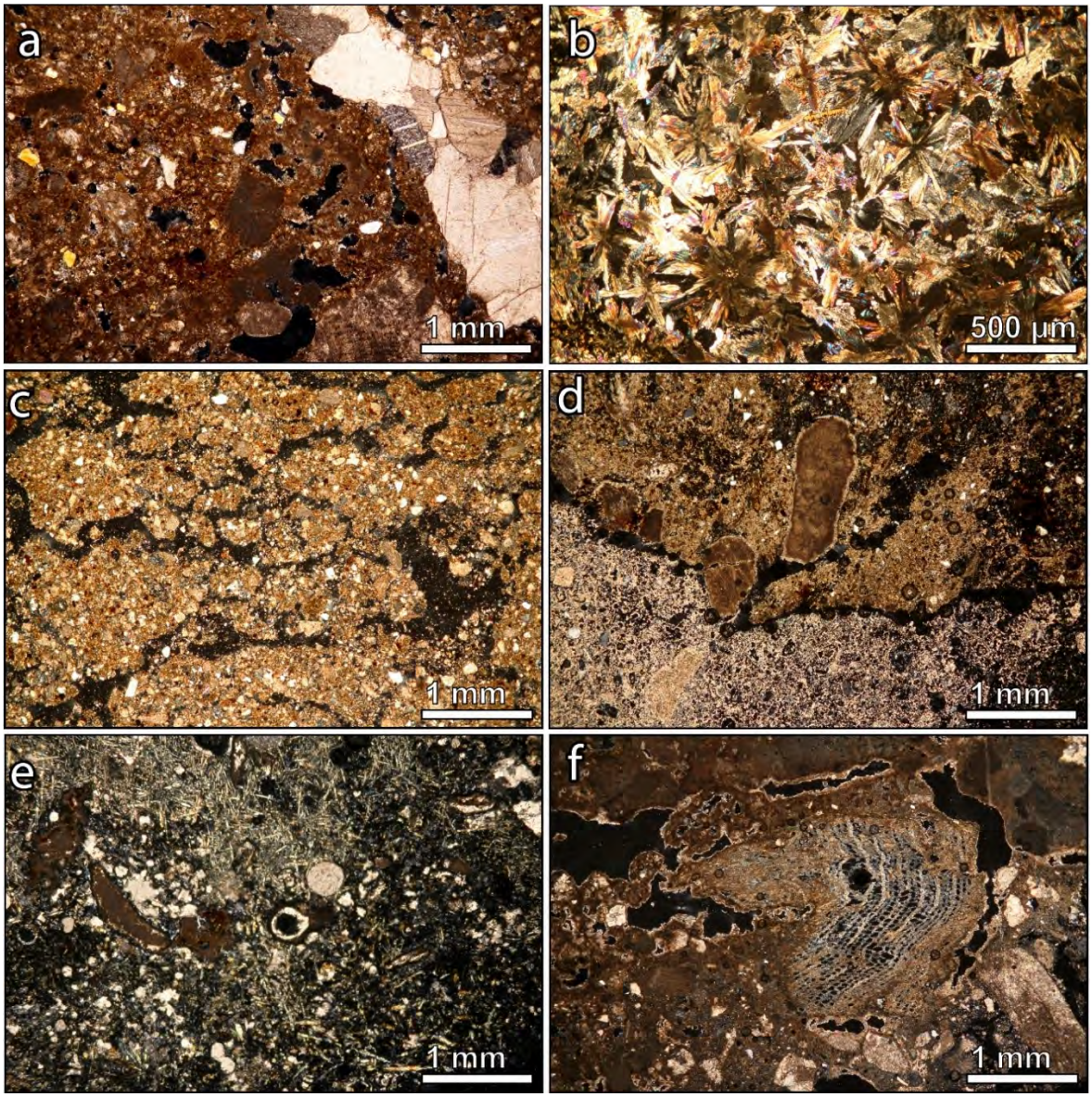


Fig. VI.109 - Acquisizioni di dettaglio in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM-TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN). a) PFE_WM_4 (XN). Dettaglio di un clasto di marmo (in alto a dx) incluso all'interno della matrice del campione; b) PFE_WM_4. Immagini di dettaglio ad alto ingrandimento della struttura interna di un clasto di argilla sinterizzata per processo termico. Si può osservare la diffusa geminazione di minerali di diopside antropogenica; c) PFE_WM_10 (XN). Dettaglio della tessitura argillo-siltosa del campione. Si possono distinguere nella matrice microclasti silicatici (quarzo) e carbonatici (prevalentemente calcari); d) PFE_WM_5. Si osserva come alcune aree del campione presentino chiare fasi di sinterizzazione per processi termici (in basso) alternate ad altre dove la matrice argillosa originaria appare più sana (in alto). Parziali fenomeni di dissoluzione dei carbonati per effetto termico sono chiaramente riconoscibili, mentre la componente silicatica (quarzo) non presenta fenomeni di alterazione evidenti; e) PFE_WMR_6; si osserva nel dettaglio la struttura totalmente sinterizzata del campione per effetto termico. I carbonati risultano totalmente alterati così come parte della componente silicatica più fine. Si osserva la presenza diffusa di cristalli di neoformazione di diopside ed akermanite per effetto termico; f) PFE_PREP_2. Si osserva l'inclusione occasionale di un elemento vegetale (latifoglie, probabilmente quercia) nella malta del campione.

Campioni non associati

I campioni PFE_PREP_1 e 2 risultano tra loro identici ma sono particolarmente dissimili da tutti gli altri analizzati in questa sezione. In seguito a taglio in sezione dei campioni si può apprezzare una struttura lamellare stratificata in più stesure di malta di spessore contenuto (fig. VI.107, g). I due livelli più rappresentativi sono in puro grassello di calce, dello spessore di 6-7 mm. È presente una modestissima componente d'aggregato rappresentato da sabbia fine prevalentemente carbonatica. La porosità è molto diffusa, a causa del ritiro in fase di presa della componente legante e della pressoché totale assenza di aggregato. I pori sono infatti prevalentemente di tipo *channels* e *planar voids*. Alternate a queste due stesure sono altri tre strati di malta di terra mista a poca calce, stesi in spessori di circa 1-2 mm, ad andamento vagamente sub-planare (fig. VI.108, g)[777].

Nessuna delle superfici delle varie stesure presenta quei profili rettilinei tipici di lisciature di finitura, se non quella più esterna dei campioni. Non sembra quindi che alcuno degli strati analizzati sia pertinente a restauri, ma tutte le stesure appaiono più verosimilmente riconducibili ad un medesimo intervento.

In alcuni livelli del campione sono presenti particolari inclusi di natura organico-vegetale. Analisi di dettaglio di questi elementi hanno permesso di ascriverli alla specie delle *Fagacee*, ossia alla famiglia delle querce (fig. VI.109, f)[778].

7.5.2 - *Analisi XRPD*

Le indagini XRPD-*bulk* sono state estremamente importanti per definire la composizione mineralogica di una selezione di campioni rappresentativi all'interno del dataset preso in esame (tab. VI.52).

Campione	Calcite	Dolomite	Plagioclasio	Diopside	Akermanite	Microclino	Analcime	Hjematite	Clinocloro	Quarzo	Miche	Amorfo
PFE_WM_2	50,5	16,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	18,4	0,0	12,3
PFE_WM_3	34,3	13,9	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	13,2	5,3	29,8
PFE_WM_5	19,8	0,0	7,5	15,6	0,0	4,7	0,0	0,6	0,0	13,7	0,0	38,1
PFE_WMR_6	6,1	0,0	10,8	46,0	11,9	5,7	5,1	0,1	0,0	0,4	0,0	14,0
PFE_WMR_7	3,2	41,8	24,2	0,0	0,0	6,4	7,8	0,1	0,0	4,2	0,0	12,1
PFE_WMR_9	3,8	0,0	27,4	35,2	0,0	8,2	2,0	0,5	0,0	6,3	0,0	16,6
PFE_WM_10	25,1	8,7	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	25,5	8,7	26,6

Tab. VI.52 - Risultati delle analisi mineralogiche (XRPD-*bulk*) sui campioni massivi prelevati dalle cinte murarie aquileiesi.

Il campione PFE_WM_2 presenta il profilo mineralogico tradizionale delle malte di calce documentate in questo studio[779]. Gli elevati tenori di calcite che caratterizzano questo campione rispetto a tutti gli altri analizzati da questo contesto sono da associare non solo alla componente di aggregato ghiaio-sabbioso ma pure alla carbonatazione della calce legante, mentre la dolomite rappresenta una frazione secondaria della sabbia carbonatica. L'assenza di brucite esclude infatti fenomeni di calcinazione di dolomie[780], come inoltre comprovato anche tramite analisi

[777] Non è stata inoltre trovata traccia di lisciatura superficiale annessa a *lime skin* caratteristiche di superfici di finitura (cfr. a riguardo di un'analisi di questo tipo sui rivestimenti pluristratificati delle cisterne punico-romane del sito di Nora presso Cagliari SECCO *et alii* c.s.).

[778] Si ringrazia per l'analisi in microscopia ottica delle inclusioni vegetali il dott. M. Marchesini del Laboratorio di Palinologia e Archeoambientale del Centro Agricoltura Ambiente dell'Università degli Studi di Ferrara, per la consulenza fornitami nell'analisi delle inclusioni vegetali nei campioni in oggetto.

[779] Cfr. Cap. VI, *passim*.

[780] BLÄUER-BÖHM, JÄGERS 1997.

SEM-EDS[781]. In misura minore è presente sempre quarzo (derivato da quarziti, selci e arenarie) e feldspati (plagioclasio), da ricondurre sempre all'aggregato sabbio-ghiaioso. Data l'assenza di minerali argillosi (clinocloro e miche) nel campione, la pur contenuta frazione amorfa più che all'occorrenza di tracce fini microcristalline di origine terrigena potrebbe essere piuttosto ascritta alla moderata formazione di fasi M-S-H[782].

I campioni PFE_WM_3 e PFE_WM_10 sono abbastanza simili e sono chiaramente riferibili ad argille ad elevata carica carbonatica, come comprovato dall'elevata occorrenza di calcite associata a minerali argillosi (clinocloro e miche) e fase amorfa, quest'ultima ascrivibile alla componente più fine della frazione terrigena; le fasi di quarzo e plagioclasio possono essere ricondotte ai diffusi microliti di quarzo, feldspati e selce chiaramente visibile anche tramite indagine petrografica. Si osserva un significativo incremento di calcite nel campione PFE_WM_3 rispetto a PFE_WM_10 che potrebbe testimoniare la presenza di una componente di calce aggiunta al legante argilloso, come già supposto in seguito ad indagine petrografica[783].

Di particolare interesse sono i risultati delle indagini mineralogiche su alcuni dei campioni del Gr 3 in quanto hanno permesso di definire, sulla base della presenza o meno di fasi mineralogiche derivate da alterazione di argille carbonatiche, di trarre delle stime riguardo la temperatura a cui sono stati sottoposti i rivestimenti di coibentazione della calcara tardoantica. Grazie all'indagine XRPD è infatti stato possibile distinguere non soltanto i campioni PFE_WM_5 e PFE_WMR_6, 7 e 9 da quelli descritti precedentemente, ma è stato possibile anche evidenziare alcune significative differenze composizionali tra loro stessi, sulla base dei tenori percentuali in presenza di alcune fasi mineralogiche di interesse. Gli elevati tenori di diopside, fase ricorrente in tutti i campioni appena menzionati, sono da ricondurre all'alterazione di argille carbonatiche sottoposte a temperature superiori a 850 °C. La calcite, componente non-plastica caratterizzante nei campioni terrigeni non alterati, è ancora saldamente attestata in percentuali elevate nel campione PFE_WM_5, mentre i tenori di diopside non sono particolarmente elevati. Di contro, la calcite è invece presente in concentrazioni ridotte nei campioni PFE_WMR_6, 7 e 9, in quanto, come noto, tende a destrutturarsi se sottoposta a temperature superiori agli 830 °C, determinando la genesi di altre fasi mineralogiche (diopside, gehlenite, akermanite)[784]. Si osserva infatti come in questi campioni al progressivo aumento di diopside, corrisponda una sempre più ridotta occorrenza di calcite (tab. VI.52). Come visto già in seguito ad indagine petrografica, la progressiva diminuzione di quarzo sembrerebbe dimostrare come anche la componente silicatica in argille carbonatiche inizi ad alterarsi una volta sottoposta a temperature superiori ai 900 °C[785]. Si distingue in assoluto dai precedenti PFE_WMR_6, che già in seguito ad indagine petrografica appariva come il campione maggiormente sinterizzato. Infatti, oltre che per i tenori più elevati in assoluto di diopside, connessi con una ridotta attestazione di calcite e quarzo, PFE_WMR_6 si caratterizza per la presenza di akermanite; quest'ultima è una fase prodotta da alterazione di argille carbonatico-magnesiache sottoposte a temperature comprese tra i 900-1000 °C[786]. La ridotta occorrenza di ematite induce a ritenere che la fornace funzionasse – perlomeno in alcune zone – in ambiente prevalentemente riducente[787].

Infine, anche l'occorrenza di analcime in tutti e quattro i campioni analizzati è tipico da alterazione per processi di cottura di argille zeolitizzate[788].

Il processo che descrive le diverse fasi di sinterizzazione delle argille e la formazione di fasi di neoformazione alternato alla destrutturazione progressiva di altre è esemplificato nella fig. VI.110.

---

[781] Cfr. §7.5.3.

[782] Sulla formazione di queste fasi cfr. Cap. III, §3.

[783] Cfr. §7.5.1.

[784] Su tali aspetti legati cfr. CULTRONE *et alii* 2005, MARITAN *et alii* 2005, in particolare pp. 41-42; MARITAN *et alii* 2006a, in particolare pp. 6-9.

[785] EL OUAHABI, DAOUDI, HATERT, FAGEL 2015.

[786] TRINDADE *et alii* 2009.

[787] MARITAN *et alii* 2006a.

[788] SCHWEDT *et alii* 2006.

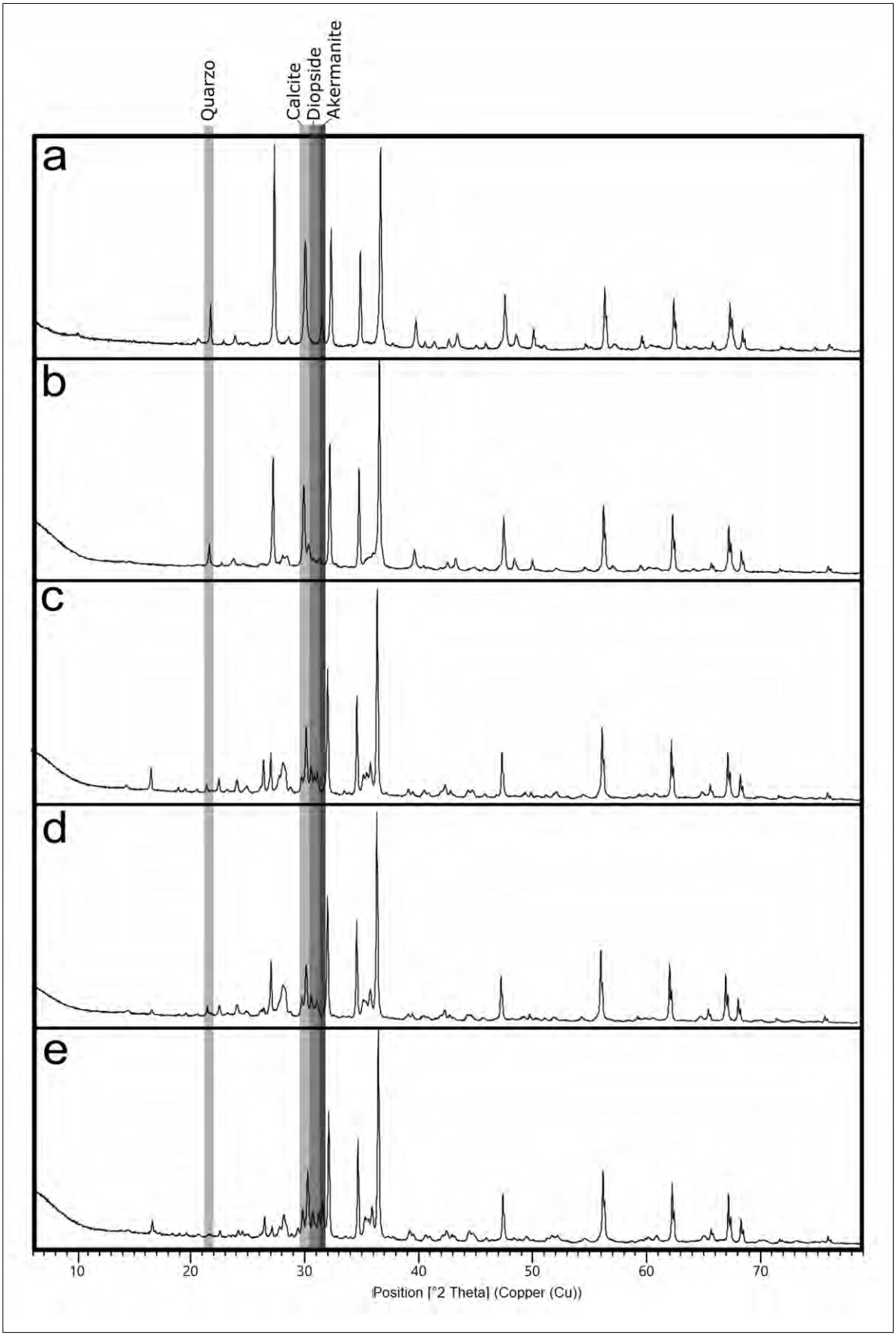


Fig. VI.110. Difrattogrammi di una selezione di campioni prelevati dalle malte strutturali e dai rivestimenti di coibentazione della calcara tardoantica. a) PFE_WM_10; b) PFE_WM_5; c) PFE_WMR_9; d) PFE_WMR_7; e) PFE_WMR_6.

7.5.3 - *Analisi SEM-EDS*

Le analisi SEM-EDS hanno mirato ad indagare i caratteri microstrutturali e microchimici dei leganti carbonatici dei campioni PFE_WM_1 e PFE_WM_2.

In entrambi i campioni, la natura del legante, indagata per mezzo di microanalisi EDS puntuali sui grumi di calce non miscelati, si caratterizza per tenori di ossido di calcio (CaO) estremamente elevati (93-98% wt. ca) che testimoniano processi di calcinazione di calcari puri (fig. VI.111, a-b).

In rari casi i deboli tenori di SiO_2 e Al_2O_3, presenti nelle matrici ed assenti nei grumi, devono essere ricondotti all'occorrenza di una debole componente di origine terrigena nella frazione d'aggregato intimamente miscelata al legante (fig. VI.111, c-d)[789]. La formazione di fasi M-S-H qualora presente, sembra essere minima[790].

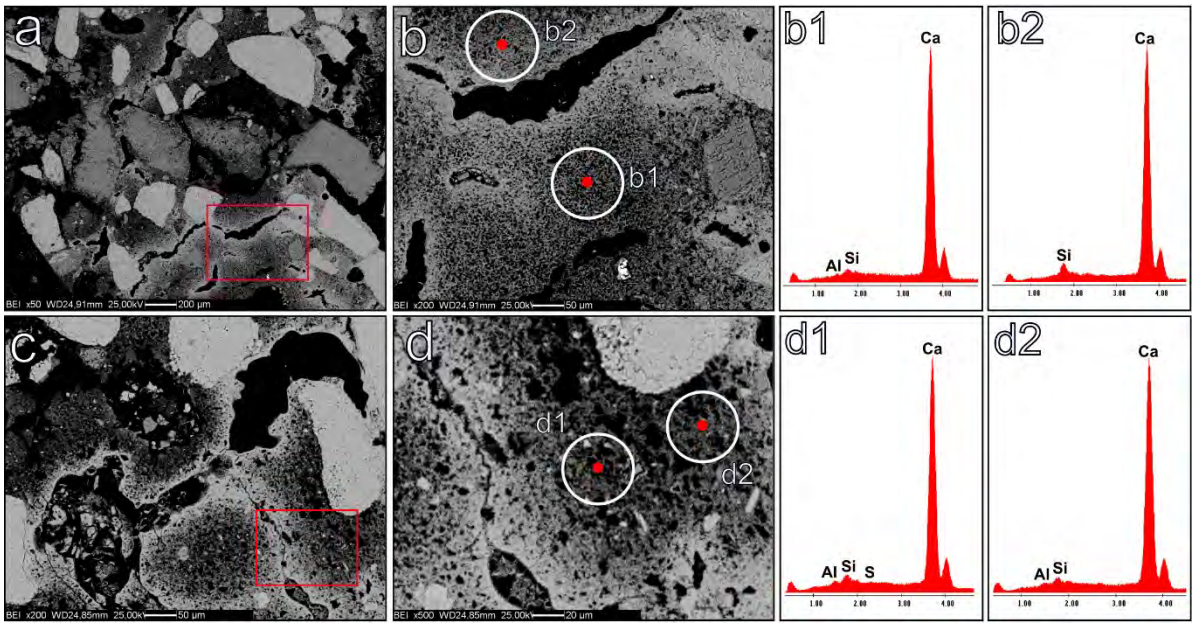


Fig. VI.111 - Microscopia elettronica a scansione (SEM) accoppiata a microsonda elettronica (EDS). Acquisizioni a elettroni retrodiffusi (BSE); a) PFE_WM_1; b) acquisizione BSE dell'area evidenziata nella figura a, con indicazione dei punti analisi; b1) microanalisi EDS di un accumulo di legante non miscelato; b2) microanalisi EDS di un accumulo di legante non miscelato; c) PFE_WM_2; d) ingrandimento dell'area evidenziata nella fig. c, con indicazione dei punti analisi; d1) microanalisi EDS della matrice legante; d2) microanalisi EDS della matrice legante.

7.6 - CONTESTUALIZZAZIONE ARCHEOLOGICA DEI DATI ANALITICI E ANALISI DELLE FASI DI CANTIERE

La messa in relazione dei risultati delle indagini analitiche condotte sui campioni di miscela legante con le strutture di afferenza consente di avanzare alcune considerazioni circa le pratiche e le tecniche adottate per la costruzione delle evidenze strutturali messe in luce nel corso degli scavi nell'area.

Periodo I. Per ciò che concerne il primo periodo, si è potuto constatare come i campioni PFE_WM_1 e 2, ascritti al Gr 1, pur essendo stati prelevati a punti e quote differenti del muro di sponda orientale del porto fluviale di Aquileia, non presentino tra loro alcuna differenza composizionale. Va inoltre messo in evidenza come, seppur la struttura fosse inserita in un contesto fortemente condizionato dal passaggio d'acqua, entrambi i campioni non restituiscono, in se-

789 CARÒ, RICCIARDI MAZZILLI, SAVINI 2008, p. 95; CRISCI *et alii* 2004, pp. 265-266.
790 Sulla natura delle fasi M-S-H cfr. Cap. III, §3.

guito ad analisi petrografica e chimica, alcuna evidenza della presenza di elementi dalle caratteristiche pozzolaniche. Anche i dati XRPD-*bulk* dimostrano la totale assenza di silicati di calcio idrati di natura pozzolanica. Essendo quindi queste miscele del tutto aeree, è necessario ipotizzare una forma di rivestimento non cementizio che potrebbe essere stato reso, come già visto per muro di sponda occidentale[791], applicando lastre e blocchi squadrati di pietra d'Istria sul nucleo murario esposto all'acqua.

Allo stesso periodo sono ascrivibili anche i campioni provenienti dalle strutture connesse all'attività di tintura dei tessuti.

Nel dettaglio, entrambi i campioni PFE_PREP_1 e PFE_PREP_2, provenienti dal fondo della vasca quadrangolare, si caratterizzano per la loro struttura altamente stratificata: a livelli in puro grassello di spessore sub-centimetrico se ne alternano altri in malta di terra di circa 0,1 cm di spessore. Non è del tutto chiaro se l'aspetto pluristratificato dei campioni si debba ad interventi di restauro o se queste stesure fossero state predisposte sin dall'origine in tale maniera, ma quest'ultima ipotesi sembra essere quella più verosimile. Anche la stretta omogeneità composizionale e tessiturale degli strati in puro grassello lascia intendere una unitarietà di applicazione. Gli altri campioni di piani pavimentali analizzati in questo studio non rappresentano validi termini di confronto per questa tecnica preparatoria[792]. Seppur la vasca sia stata posta in stretta relazione funzionale con l'attività di tinteggiatura, nei campioni PFE_PREP_1/2 non è stata riconosciuta alcuna di quelle qualità pozzolaniche che in genere caratterizzano i rivestimenti in malta di strutture poste in diretta relazione con liquidi funzionali al o derivati dal processo di tintura[793]. È quindi molto probabile che il piano in malta analizzato non fosse posto a diretto contatto con l'elemento liquido ma fungesse piuttosto da preparazione per un rivestimento ligneo, di cui si è conservata una traccia nelle schegge dell'assito ancora adese ai chiodi infissi sul fondo della struttura.

I campioni PFE_CM_1 e PFE_CM_2 sono invece miscele particolarmente eterogenee, costituite da un legante calcico miscelato assieme ad una componente argillosa in rapporti proporzionali incostanti, come già notato tramite indagine petrografica. Come per i campioni sopra discussi, anche in questo caso nessun indizio sembra evidenziarne qualità pozzolaniche. Seppur si sia già constatato come le miscele per strutture destinate allo scolo dell'acqua ad Aquileia solo di rado fossero messe in opera tramite l'uso di miscele pozzolaniche[794], la natura estremamente povera delle materie prime impiegate in PFE_CM_1 e PFE_CM_2 porterebbe ad escludere l'ipotesi che gli elementi strutturali da cui sono stati prelevati i campioni fossero posti a diretto contatto con i liquidi di scarico dal processo di tinteggiatura. Pertanto, come già evidenziato in fase di scavo, sembra probabile che un assito ligneo potesse rivestire internamente i condotti.

Periodo III. Particolarmente interessanti risultano i dati desunti dall'analisi delle miscele leganti prelevate dalla calcara tardoantica del periodo III, soprattutto per ciò che riguarda gli aspetti puramente tecnologici connessi al ciclo di lavorazione della calce. Prendendo in esame le fasi mineralogiche antropogeniche formatesi in seguito a processo termico, è stato possibile proporre delle stime verosimili sulle temperature raggiunte all'interno della camera di combustione (*fortax*)[795].

La presenza di diopside antropogenico nei campioni prelevati dai rivestimenti di coibentazione (PFE_WMR_6, 7, 9) dimostra come le temperature raggiunte all'interno della camera di

[791] BRUSIN 1934, p. 17; PREVIATO 2015, p. 101.

[792] Cfr. Cap. VI, *passim*.

[793] Nella fullonica di *Stephanus* a Pompei le vasche per la tinteggiatura erano rivestite da cocciopesto (GIUDICE *et alii* 2018, p. 331). Va comunque considerato come i casi pompeiani menzionati si distribuiscano in ambito urbano e siano attività produttive stabili e altamente perfezionate nel loro ciclo lavorativo. Questi esempi non sono quindi da confrontare strettamente con il caso aquileiese qui analizzato che è con certezza riferibile ad una attività meno strutturata, nel complesso più "povera" e – verosimilmente – dalla vita più breve.

[794] Cfr. Cap. VIII, §3.4.3.

[795] Cfr. §7.5.2.

combustione, sia nella fase di impianto (fase I) che in seguito al primo intervento di restauro (fase II), fossero nell'ordine degli 830-870 °C. Queste temperature possono considerarsi ottimali per la corretta calcinazione di rocce calcaree[796].

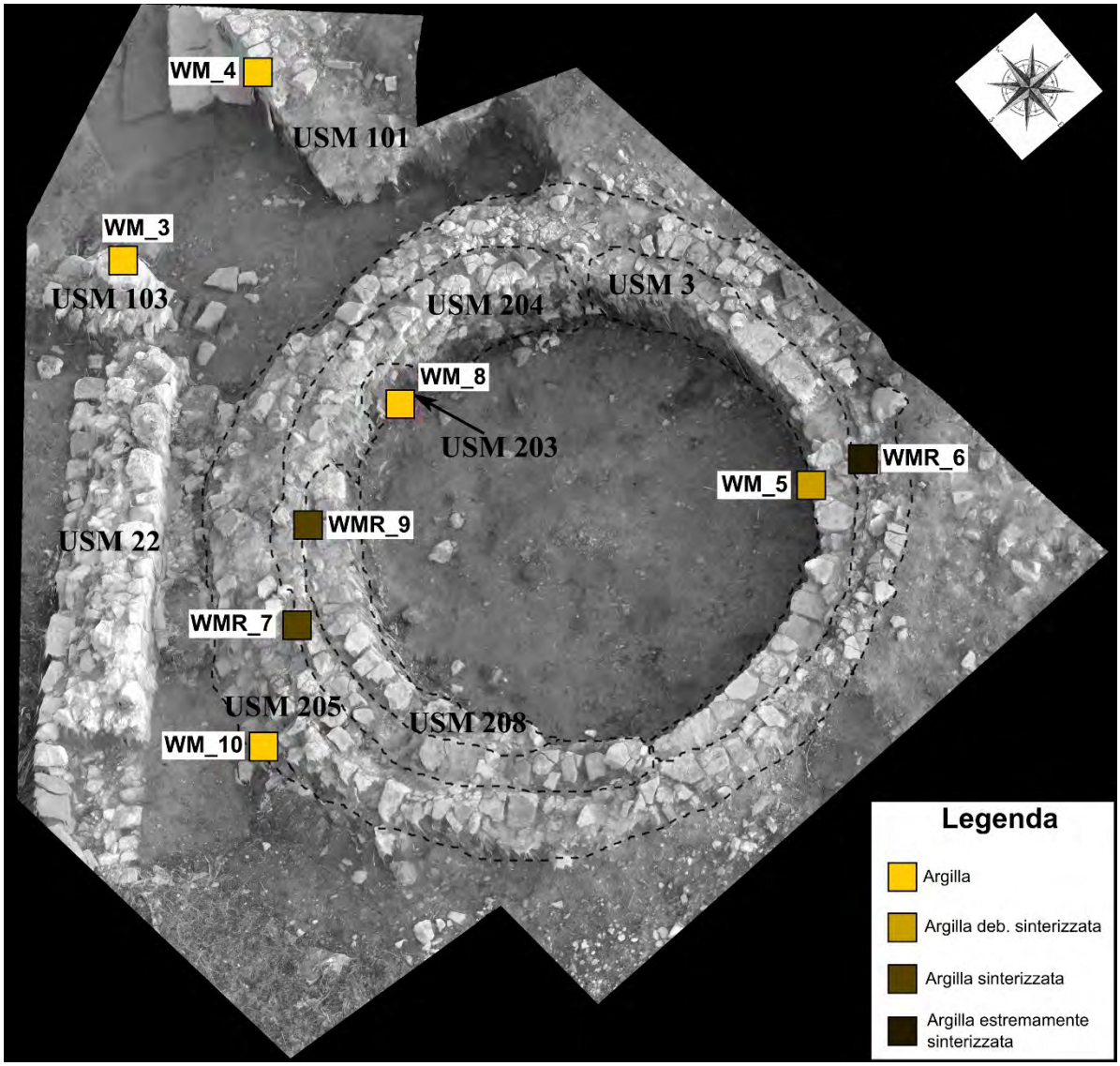


Fig. VI.112 – Disposizione spaziale dei campioni prelevati dalla calcara tardoantica. I diversi toni cromatici indicano il tasso di sinterizzazione (da nullo a molto elevato) delle argille per processo termico (rielaborazione dell'autore su ortofoto della struttura su gentile concessione della prof.ssa D. Cottica - Università Ca' Foscari di Venezia, Dipartimento di Scienze dell'Antichità e del Vicino Oriente).

La presenza di akermanite e la pressoché totale assenza di calcite nel campione PFE_WMR_6 (fase I), sembrerebbero inoltre testimoniare come in alcuni comparti della struttura si potessero raggiungere anche i 900-1000 °C, temperature estremamente elevate che possono inficiare notevolmente sulla qualità del prodotto, in quanto la calce viva stracotta è più difficilmente idratabile in fase di spegnimento[797]. L'assenza di akermanite nel campione PFE_WMR_7 (prelevato dalla porzione meridionale del rivestimento di coibentazione di fase I) rivela pertanto un controllo non ottimale del tiraggio della calcara ed una non omogenea distribuzione delle aree di calore all'interno della camera di combustione (fig. VI.112).

[796] TRAINI 2013, p. 37; PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, pp. 28, 33.

[797] Si formerebbe infatti una struttura macrocristallina che andrebbe ad inficiare così sulla corretta idratazione della calce viva una volta messe in acqua (TRAINI 2013, p. 37; PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 33).

La distribuzione delle fasi mineralogiche di PFE_WM_5 conferma come nella parte più interna del corpo murario del *fortax* la temperatura raggiunta non dovesse superare gli 830-850 °C, data la presenza di carbonati ancora poco alterati e la ridotta occorrenza di diopside nel campione. Le coibentazioni in argilla della calcara dovevano quindi fungere da isolante termico in maniera assai efficace.

L'analisi di PFE_WM_10 dimostra infine come la parte esterna della camera di combustione fosse ottimamente isolata dal calore, dato che non si è evidenziato alcun fenomeno di sinterizzazione. La tessitura del campione è infatti quella caratteristica di argille non scottate.

La somiglianza composizionale tra i campioni PFE_WM_10 e PFE_WM_8 sembra testimoniare come, se si dà per assodato che la chiusura del *praefurnium* tramite la tamponatura USM 203 sia avvenuta in un momento successivo rispetto alla fase di impianto della struttura, il fatto che il campione PFE_WM_8 non presenti alcuna traccia di fenomeni di sinterizzazione, pur essendo stato prelevato così come PFE_WM_5 dalla porzione interna della tamponatura muraria, supporterebbe l'ipotesi della messa in opera di USM 203 nella fase terminale di vita della calcara.

Rispetto ai due campioni appena descritti, risultano invece sicuramente differenti le miscele leganti prelevate dai giunti di allettamento delle due strutture murarie USM 103 e 101 costituenti le spallette del *praefurnium* della calcara (rispettivamente PFE_WM_3 e PFE_WM_4). Gli impasti consistono infatti in un legante argilloso mescolato a calce ed aggregato sabbioso. La presenza di un clasto di reimpiego da una porzione di un rivestimento in argilla sinterizzata all'interno della matrice del campione PFE_WM_3 sembrerebbe provare l'ipotesi che la costruzione delle spallette del *praefurnium* possa essere avvenuta in un momento successivo all'impianto originario della calcara.

CAPITOLO VII
ANALISI DI CAMPIONI DI MISCELE LEGANTI DA CONTESTI SECONDARI E DI RIPORTO

Come noto, lo stato estremamente lacunoso in cui vertono gli edifici aquileiesi, a causa degli ingentissimi spogli di età antica e moderna, non ha permesso, in moltissimi casi, la conservazione degli alzati murari delle fabbriche architettoniche antiche. Un'ampia porzione di campioni di miscele leganti presi in esame non sono stati quindi prelevati direttamente da strutture *in situ* (strutture murarie, pavimentazioni ecc.), ma sono stati rinvenuti in giacitura secondaria in occasione di scavi in anni recenti e passati in diversi contesti aquileiesi. Tra questi, la principale classe di materiali cementizi qui trattata riguarda gli intonaci parietali (fig. VII.1). Ciononostante, sono questi degli elementi architettonici che devono necessariamente tenersi in considerazione in questo studio non tanto per il loro indiscusso portato artistico-decorativo in relazione alla cultura pittorica aquileiese, ma soprattutto in quanto costituiti pressoché esclusivamente da stratificazioni di miscele leganti di diversa natura. Il loro studio e confronto con malte e calcestruzzi impiegati in altri ambiti edilizi risulta perciò fondamentale per una completa conoscenza della materia in esame in relazione al comparto aquileiese.

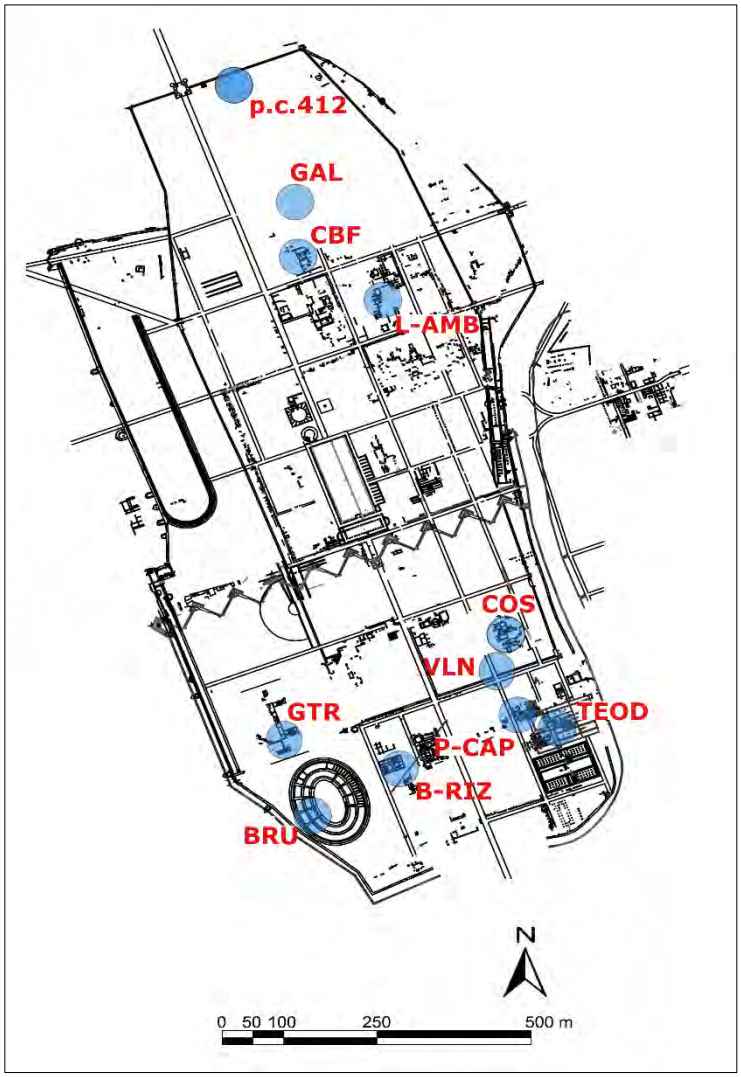


Fig. VII.1 – Distribuzione dei contesti da cui provengono i campioni rinvenuti in giacitura secondaria qui analizzati, da nord a sud: p.c.412 = Abitazione presso la particella catastale 412; GAL = Edificio templare presso il Fondo Gallet; CBF = *Insula* della Casa delle Bestie ferite; L-AMB = *Domus* di Licurgo e Ambrosia; COS = *Domus* di Tito Macro; VLN = complesso plurifase presso la Stalla Violin; GTR = Grandi Terme Costantiniane; P-CAP = *Domus* di Piazza Capitolo; B-RIZ = *Domus* presso l'ex Beneficio Rizzi; TEOD = Complesso teodoriano; BRU = Anfiteatro. Modificata da BERTACCHI 2003.

Tuttavia, proprio a causa di fattori sopra esposti, l'analisi di intonaci parietali non permette di condurre tutta quella serie di considerazioni di dettaglio, di tipo spaziale-applicativo e cantieristico-gestionale, che è stato invece possibile effettuare per i campioni prelevati da strutture *in situ* (distribuzione di maestranze nel cantiere, modalità di approvvigionamento e distribuzione dei materiali da costruzione, fase edilizia). Infatti, nel caso dei frammenti di intonaco parietale aquileiesi non si è riusciti quasi mai a risalire all'originaria collocazione nell'ambito dei sistemi decorativi di pareti e soffitti e alla dislocazione stessa delle pareti negli ambienti affrescati; In molti casi non è stato possibile neppure risalire agli edifici di provenienza.

Quindi, nel corso dell'analisi di questi materiali, lo studio ha assunto per forza di cose un taglio prevalentemente tecnico-cronologico: è stato ossia condotto analizzando le differenze nella composizione dei *tectoria* in base alle cronologie a cui sono stati ascritti i nuclei di intonaco, su base stilistica o stratigrafica. Sono stati perciò presi in esame frammenti di intonaco provenienti da nuclei già editi e per i quali è stato proposto un inquadramento cronologico quanto più preciso, sulla base di evidenze stilistiche o, laddove possibile, stratigrafiche (relazioni stratigrafiche, spianamenti di crolli o crolli primari).

In un numero limitato di casi la relazione tra i frammenti di intonaco è ricercata e discussa sulla base delle evidenze di rinvenimento e sull'analisi delle correlazioni composizionali tra frammenti all'interno dei medesimi contesti di provenienza.

Va infine tenuto in considerazione un grado di parziale incertezza per ciò che concerne l'inquadramento cronologico di quei nuclei datati eminentemente su base stilistica e non su base stratigrafica o mediante l'applicazione di metodologie di determinazione cronologica assoluta (^{14}C, dendrocronologia etc.). Premesso questo variabile margine di errore, il discorso, che seguirà chiaramente un taglio cronologico-produttivo, non potrà, per forza di cose, scendere nell'analisi di dettaglio circoscritta al secolo, ma sembra comunque sostenibile all'interno di fasi cronologiche più ampie (età tardo-repubblica, alto imperiale, media età imperiale, tarda antichità)[1].

[1] Per questo più ampio confronto tecnico-cronologico si rimanda ai capitoli di sintesi conclusiva (cfr. Cap. VIII, §3.7; Cap. IX *passim*).

1 - Intonaci parietali

1.1 - Storia delle ricerche sulla pittura parietale aquileiese

Le primissime menzioni sull'arte pittorica aquileiese risalgono ancora al 1864, anno in cui C. Baubela inserì nella pianta archeologica della città di Aquileia da lui redatta una sezione dedicata all'*Ichnographia Aquileiae Romanae et Patriarchalis*, dove sono annoverati eleganti pavimenti musivi e pareti decorate di edifici romani scavati in quegli anni. Circa un trentennio dopo, nel 1893, il lavoro del Baubela confluì nello *Fundkarte von Aquileia* di H. Maionica. Non essendo chiaramente indicata in pianta la collocazione precisa degli ambienti mosaicati e dipinti, si è persa memoria della loro originaria collocazione; è comunque molto probabile che si trattasse di elementi decorativi conservatisi *in situ*, essendo, di contro, poco verosimile ipotizzare che all'epoca fosse riporta attenzione al recupero e censimento di frammenti pittorici o musivi in giacitura secondaria[2].

Negli anni successivi l'attenzione alla pittura parietale aquileiese venne sempre messa in secondo piano nelle indagini di colui che è considerato come il padre dell'archeologia aquileiese, G. Brusin il quale, nei primi trent'anni del Novecento, promosse e condusse scavi in tutta la città antica[3]. Lo studioso non sembrò, di contro, prestare particolare attenzione allo studio ed alla pubblicazione dei resti di frammenti di intonaco che venivano alla luce durante i suoi scavi. Rari sono infatti i contributi editi dal Brusin dove si forniscono informazioni puntuali, corredate da chiari riferimenti topografici, circa le modalità di rinvenimento di questi manufatti. L'attenzione si rivolgeva, pressoché esclusivamente, ai contesti con porzioni decorative conservatisi *in situ*, i cui lacerti pittorici si trovavano ancora in adesione agli zoccoli murari. Questi casi emblematici sono comunque estremamente limitati nello spazio e nel tempo: vi sono riferimenti a rinvenimenti di intonaci di I stile da abitazioni ubicate nella zona sud-occidentale della città, ad alcuni tramezzi murari intonacati delle abitazioni dell'ex Beneficio Rizzi[4], e, caso ben più significativo, agli ambienti decorati della Villa suburbana presso il Fondo Tuzet[5], dove lo stato di conservazione, nel complesso eccezionale per Aquileia, di strutture murarie e degli apparati decorativi spinse lo studioso a fornire una dettagliata pianta dell'edificio, dotata di una sezione interamente dedicata alla descrizione delle pitture parietali e delle decorazioni musive ivi rinvenute.

Negli anni successivi alle ricerche di G. Brusin, la pittura parietale di Aquileia venne toccata ancora solo marginalmente negli studi di L. Bertacchi e non si registrano contributi di una certa rilevanza e progressi nello studio su questa tematica fino almeno agli anni '80. È in questo periodo che prima la pubblicazione di J. M. Strazzulla sulle pitture del fondo Tuzet. basata sulla rilettura di alcuni dati di scavo editi dal Brusin[6] e, successivamente, un contributo di I. Bragantini edito nel 1989[7], fondano la base sulla conoscenza dell'arte pittorica aquileiese. Nel suo studio la Bragantini pubblica una considerevole mole di nuclei pittorici inediti, lamentando la situazione in cui versa la ricerca sull'arte pittorica ad Aquileia, caratterizzata da una significativa carenza documentaria dovuta a svariati fattori, tra i quali al primo posto vi è la conservazione minima delle strutture a cui si accompagna la scarsa attenzione rivolta a questi temi nelle relazioni precedentemente edite.

Ciononostante, ponendo a confronto gli esempi aquileiesi con altri contesti nord italici e extra-italici meglio conosciuti (Magdalensberg), l'autrice riconosce una pronta omologazione ad Aquileia dei modelli decorativi "romano-campani".

---

[2] Sulla storia degli studi sulla cultura pittorica aquileiese cfr. Oriolo 2012a, Oriolo 2012b.
[3] Sugli studi di G. Brusin ad Aquileia cfr. Bonetto 2012.
[4] Brusin 1955, p. 343.
[5] Brusin 1929.
[6] Strazzulla 1982-1983.
[7] Bragantini 1989.

Dagli anni ’90 del secolo scorso cominciò ad essere riconosciuta quindi l’importanza della cultura pittorica aquileiese all’interno degli studi sulla pittura parietale romana. Importante in tale panorama è il catalogo della mostra *Aquileia Romana. Vita pubblica e privata*, dove, oltre a essere presentati al pubblico dei nuclei di affreschi di abitazioni romane scavate pochi anni prima sotto il Battistero di Aquileia (fig. VII.2)[8], trovano anche sede – per la prima volta – alcune note di dettaglio incentrate sui risultati di indagini analitiche (OM, XRD) operate su alcuni frammenti di intonaco dipinto[9], a dimostrazione di un cambiamento di sensibilità anche verso le modalità di studio di questa classe di manufatti antichi.

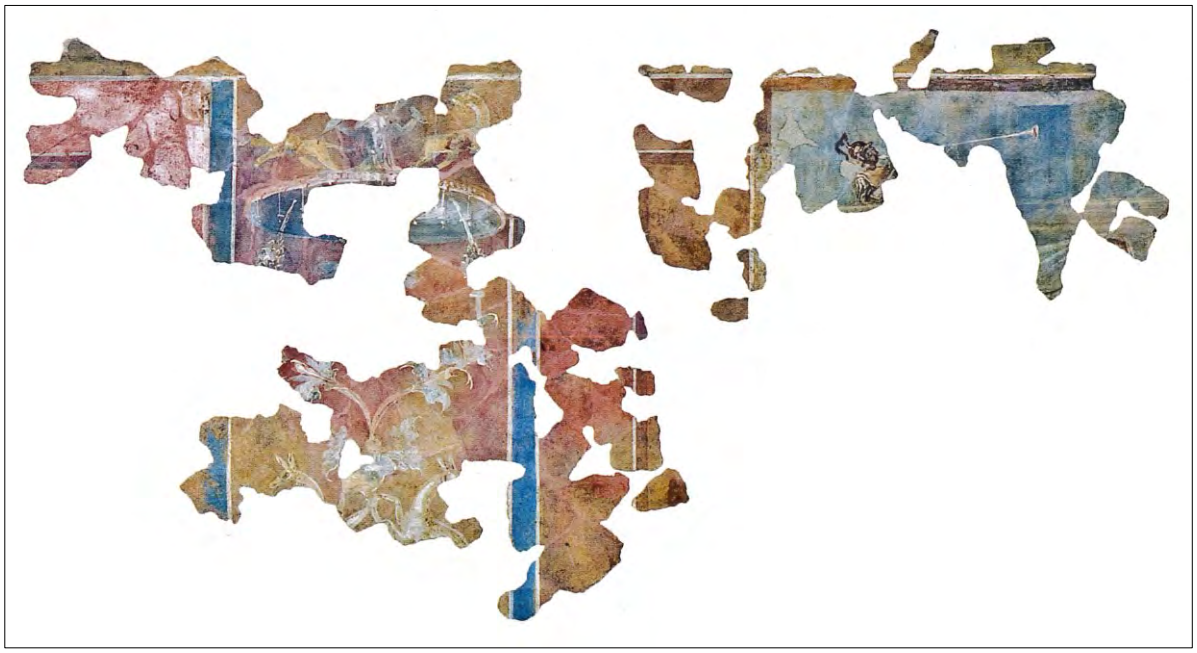


Fig. VII.2 – Aquileia. Casa sotto il Battistero. Parete con sistema a pannelli e interpannelli (da ORIOLO, SALVADORI 2009, p. 224, fig. 4).

È in questi anni che viene avviato lo studio e la pubblicazione di frammenti di intonaco dipinto recuperati nel corso delle attività di scavo. Caso emblematico in tale senso è la pubblicazione delle indagini archeologiche del settore ad est del Foro, che annovera un contributo dedicato esclusivamente all’analisi di frammenti di intonaco dipinto[10].

Dalla fine degli anni ’90 e nei primi anni del nuovo millennio la cultura pittorica aquileiese cominciò ad essere oggetto di analisi in lavori di più ampio respiro e venne posta a confronto con quanto noto per l’Italia settentrionale e l’area campano-laziale[11]. Iniziarono a veder la luce nuove sintesi sull’argomento, forti di una nuova impostazione metodologica, cui va ad aggiungersi un’accresciuta base documentaria derivante da nuove acquisizioni, oltre che da lavori di riesame e rilettura dell’enorme massa di materiale conservata nei depositi del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia. È su questi presupposti che si fonda un nuovo tentativo di delineare un quadro organico dell’evoluzione della cultura pittorica aquileiese in una pubblicazione a firma di F. Oriolo e M. Salvadori nel 2005[12]. L’attenzione si sofferma anche sulle sperimentazioni locali, che sembrano essere nate in seno all’area nord-italica, quali in c.d. “sistema a pannelli e interpannelli”, modello diffusosi soprattutto dal I sec. d.C. che non trova confronto con coeve

[8] ORIOLO 1991a.
[9] PALLECCHI 1991; TURCO 1991A; TURCO 1991b. cfr. Cap. IV, §2.
[10] ORIOLO 1991b.
[11] ORIOLO, SALVADORI 1997; ORIOLO, SALVADORI 2001.
[12] ORIOLO, SALVADORI 2005.

attestazioni in area centro-italica e che sembra aver avuto come elemento creativo e propulsivo proprio le maestranze cisalpine[13].

Ad oggi, il lavoro di sintesi più aggiornato è quello di F. Oriolo edito nel 2012, dove, anche attraverso la continua disanima e ricomposizione di frammenti pittorici recuperati negli scavi e tramite la rilettura dei dati di archivio, è stato possibile, in diversi casi, riassociare all'originario contesto di provenienza diversi nuclei, potendo così operare un nuovo, più critico, quadro di sintesi sulla cultura pittorica parietale aquileiese dagli esordi all'età medio e tardo imperiale[14]. Negli ultimissimi anni si stanno moltiplicando gli studi di ricomposizione di nuclei di vecchi scavi[15]. A questo corpo si devono aggiungere i lavori di analisi sui materiali recuperati nel corso degli scavi condotti di recente[16].

L'incremento di ricercatori e di ricerche in merito alla "cultura pittorica frammentaria" ha determinato la consapevolezza, negli studiosi, sulla necessità di una stesura di un protocollo di analisi che sia in grado di delineare dei criteri che permettano di valorizzare al massimo i dati desumibili da questa classe di materiali. L'*iter* di studio prevede due step fondamentali che consistono, in primo luogo, nell'identificazione di gruppi omogenei di frammenti e, successivamente, nell'eventuale "messa in sistema" dei singoli frammenti all'interno di decorazioni parietali ricostruite sulla base di elementi chiave. Tali sono le premesse che hanno determinato l'avvio di un progetto, definito TECT (*tectorium*), nato dalla sinergia di un gruppo di ricerca formato da studiosi delle Università di Padova e Bologna e concepito con l'idea di creare una banca dati in cui schedare sistematicamente tutte le attestazioni pittoriche documentate in Italia settentrionale, così da disporre di un database ordinato e costantemente aggiornato delle attestazioni archeologiche della cultura pittorica cisalpina[17].

1.2 - CONTESTI DI PROVENIENZA E CAMPIONAMENTO

Sulla base di quanto precedentemente esposto, sono stati presi in esame alcuni campioni di intonaco estrapolati da una selezione nuclei, prevalentemente editi, per i quali è stato possibile risalire a cronologia di produzione e, in taluni casi, al contesto di provenienza; quest'utlimo elemento risulta però indicativo esclusivamente dell'area di rinvenimento e non dell'effettivo contesto in cui originariamente i rivestimenti pittorici trovavano sede. Si potrà constatare come, a fronte di diversi nuclei inquadrati tra I-IV stile, che possono vantare su una più ampia serie di confronti in letteratura, molto più lacunosa appare la situazione per quanto concerne le fasi medio imperiali e tardo antiche, per le quali il confronto stilistico è generalmente più arduo. In alcuni casi è stato possibile ricondurre con discreta sicurezza alcuni nuclei ad un determinato periodo storico sulla base di relazioni stratigrafiche, in taluni casi anche abbastanza strette (crolli primari).

Rarissimi sono i casi infine in cui i campioni di intonaco sono stati prelevati direttamente da setti murari conservatisi ancora *in situ*[18].

Vengono di seguito presi in rassegna i nuclei di intonaci in base al contesto di rinvenimento (tab. VII.1). La presentazione procederà in ordine topografico (da nord a sud), iniziando dai contesti a destinazione privata per procedere poi con quelli pubblici.

---

[13] ORIOLO, SALVADORI 2005, p. 452.

[14] ORIOLO 2012a.

[15] Si veda ad esempio, l'analisi degli intonaci recuperati negli scavi presso il c.d. Tempio del fondo Gallet (PROVENZALE 2005) o dagli scavi nel Complesso Teodoriano (DIDONÉ 2017b; NOVELLO, SALVADORI, TIUSSI, VILLA 2013; PROVENZALE, TIUSSI, VILLA 2006;). Cfr. inoltre *infra*.

[16] Sull'edizione degli intonaci recuperati dagli scavi recenti si veda *infra*; si devono aggiungere gli intonaci recuperati dagli scavi dall'*insula* a nord-est del Foro e della *Domus* dei Putti Danzanti qui non presi in esame cfr. da ultimi MURGIA 2017 e bibliografia *ivi* riportata.

[17] Sul progetto cfr. TECT 1.

[18] Nella totalità dei campioni qui analizzati (71), solo 7 sono stati prelevati direttamente da setti murari conservatisi *in situ*. Per completezza vengono qui riportati anche questi casi, la cui discussione in altra sede sarebbe altresì insostenibile alla luce del limitato valore informativo in termini statistici.

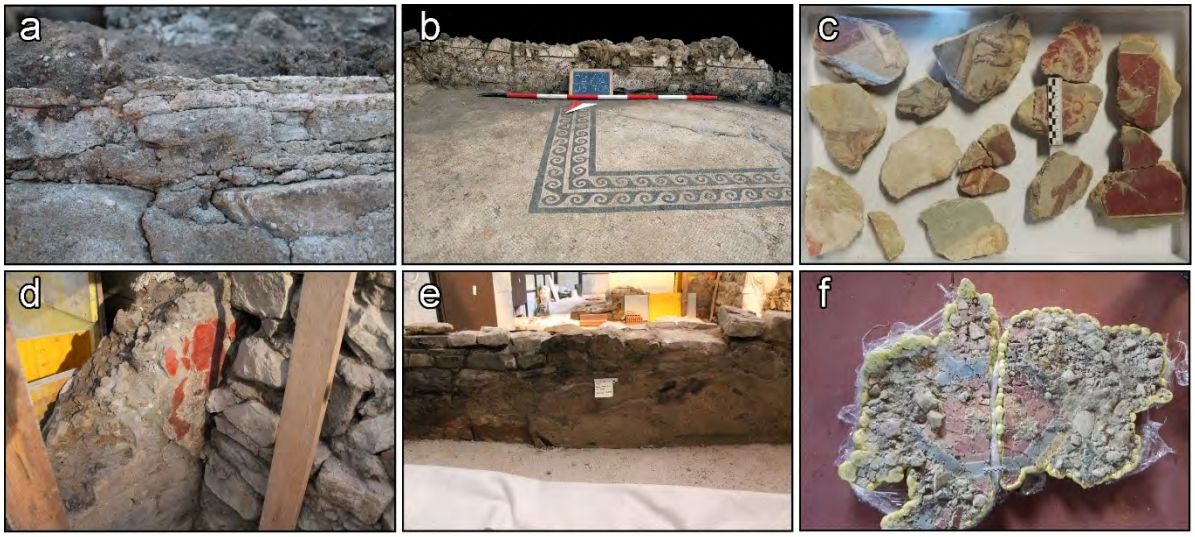


Fig. VII.3 - Aquileia. Campionamento intonaci. a) CBF_INT_18 (sopra), CBF_INT_17 (sotto); b) CBF_INT_12; c) p.c.412_INT_2; d) VLN_INT_2; e) VLN_INT_1; f) TEOD_INT_1.

Domus *presso la p.c. 412*

Dagli scavi nel settore nord della città di Aquileia, nella p.c. 412, sono stati rinvenuti i resti di una *domus* edificata sulla rasatura di un tratto settentrionale delle più antiche mura urbiche repubblicane (M1). L'edificio, costruito nel corso del I sec. d.C. venne probabilmente abbandonato al momento della ristrutturazione della cinta in età medio imperiale[19]. La cronologia di costruzione dell'abitazione è basata su aspetti stilistici dei mosaici e dei nuclei pittorici qui rinvenuti[20]. I due campioni prelevati sono afferenti, il primo (p.c.412_INT_1, fig. VII.6, h), ad un nucleo di una decorazione con tralci di vite su fondo giallo, decorazione molto diffusa nel IV stile per la porzione superiore di pareti[21]; il secondo (p.c.412_INT_2) è relativo ad un nucleo con tralci di vite pigmei e lottatori, motivo che si inserisce in un filone decorativo di IV stile, ben affermato dalla seconda metà del I sec. d.C. e che anticipa soluzioni di pieno II d.C. (fig. VII.3, c)[22].

Insula della Casa *delle Bestie ferite*

Con *Insula* della Casa delle Bestie ferite si intende un quartiere abitativo plurifase, pertinente a più abitazioni collocate nella porzione settentrionale del centro aquileiese antico[23]. Da quest'area provengono diversi nuclei di intonaco parietale (Tav. 7), cronologicamente collocabili tra la seconda metà del II sec. a.C. e l'età tardo antica.

Diversi sono i campioni rappresentativi di nuclei di II e IV stile rinvenuti quasi esclusivamente in giacitura secondaria entro riporti terrosi funzionali ad attività di rialzo di piani pavimentali[24]. Un solo campione (CBF_INT_9, fig. VII.6, b) è riferibile ad un nucleo di frammenti di

[19] Sulle cinte murarie aquileiesi cfr. più in dettaglio, Cap. VI, §1.

[20] CLEMENTI 2017a.

[21] ORIOLO 2012a, 197 e fig. 15, p. 407.

[22] ORIOLO 2012a, 198-202, e fig. 16, p. 407.

[23] Sull'*Insula* della Casa dele Bestie ferite cfr. più in dettaglio, Cap. VI, §5.

[24] Si tratta dei campioni CBF_INT_1, 2, 3 (US 1370, fig. VII.6, a) pertinenti al medesimo nucleo di IV stile (SALVADORI *et alii* 2016, p. 251 e figg. 11, 12a, 12b, p. 252), a cui si deve aggiungere il campione CBF_INT_4, del tutto uguale ai precedenti rinvenuto in un'area adiacente (US 2268) durante la campagna archeologica 2016. Il campione CBF_INT_11 è invece relativo ad un sistema naturalistico-illusionistico di "pittura a giardino" tipico di alcune soluzioni di II-inizio III stile (NOVELLO, SALVADORI 2012, p. 230 e fig. 8 p. 414). Infine, altri due campioni di nuclei di IV stile (CBF_INT_14; CBF_INT_16, cfr. SEBASTIANI 2018, pp. 187-188 e 193, rispettivamente unità decorative 1 e 6) e di un nucleo probabilmente di II stile (CBF_INT_15, fig. VII.6, d, cfr. SEBASTIANI 2018, pp. 191-192, unità decorativa 5) sono stati rinvenuti in giacitura secondaria in riporti di preparazione pavimentale durante la campagna di scavi 2015 nella c.d. "Casa occidentale", cfr. Cap. VI, §5.2.2.

un sistema architettonico-illusionistico di I stile[25]. Due campioni (CBF_INT_5, 17) provengono da lacerti di decorazione parietale recentemente conservatisi *in situ* fino a livello dello zoccolo e ancora adesi alle strutture murarie che, su base stratigrafica, è stato possibile datare, con leggero scarto cronologico, tra la fine del I sec. a.C. e la prima metà del I sec. d.C. (fig. VII.3, a). Entrambi si conservano al di sotto a una fase di rifacimento, di cui una è sicuramente riferibile ad età medio-imperiale (campione CBF_INT_19), in quanto l'intera struttura muraria su cui era applicata venne smantellata e obliterata da livelli di riporto tardo antichi; per la seconda partitura decorativa è per ora solo possibile fissare un *terminus post quem* alla metà del I sec. d.C., seppur sia probabilmente collocabile anch'essa in età medio imperiale (CBF_INT_18). Si segnala inoltre il campione CBF_INT_20, rinvenuto in un possibile deposito di fondazione legato alla costruzione di una struttura abitativa, che ha inoltre restituito reperti ceramici ben inquadrabili in produzioni di inizio I sec. d.C. [26].

Per quanto riguarda le fasi medio-imperiali, sono stati presi in esame due nuclei di intonaco rinvenuti in giacitura secondaria entro strati di riporto e pertinenti, il primo, ad un sistema a pannelli ed interpannelli databile a II sec. d.C. (da cui proviene il campione CBF_INT_7, fig. VII.9, b)[27]; a questo venne a sovrapporsi una seconda partitura decorativa a pannelli a finto marmo, la cui realizzazione è da collocarsi probabilmente tra fine II e gli inizi del III sec. d.C. (da cui proviene il campione CBF_INT_8)[28]. Inquadrabile in questa fase è uno zoccolo murario rinvenuto ancora in situ con intonaco parietale ancora adeso; questo era decorato da spruzzature viola su fondo bianco[29], dal quale proviene il campione CBF_INT_12 (fig. VII.9, d).

Per alcuni campioni qui analizzati infine è difficile proporre, su base stilistica, un inquadramento cronologico affidabile[30].

Edificio templare presso il fondo Gallet

Dall'area del fondo Gallet proviene un nucleo di intonaci rinvenuto in strati di riporto e non pertinente alla decorazione originaria dell'edificio qui messo in luce, interpretato come tempio[31], ma sembrano piuttosto riferibile a decorazioni smantellate da vicini contesti privati[32]. Il nucleo in questione, da cui proviene il campione GAL_INT_1 (fig. VII.9, f), è relativo alla porzione parietale dello zoccolo e si affianca, su base stilistica, alle decorazioni a finti marmi per il quale viene proposta una datazione al II-III sec. d.C.[33].

Domus *di Licurgo e Ambrosia*

La *Domus* di Licurgo e Ambrosia è un edificio scavato solamente in parte e di cui non si conosce la planimetria complessiva (fig. VII.4). Si sono riconosciute tre fasi costruttive: la prima, comprensiva di sottofasi, si articola tra I sec. d.C. e l'inizio di quello successivo. La seconda, da attribuire al pieno II sec. d.C., ed una terza compresa tra la seconda metà del II e il III sec. d.C.[34] Alla fase III corrisponde la realizzazione della più importante aula dell'edificio (fig. VII.4, 12) da interpretare come triclinio, decorata con pavimento musivo raffigurante Licurgo che uccide Ambrosia, che è stato datato, su base stilistica, tra il II e il III sec. d.C.[35]. Il nucleo di intonaci principale è pertinente verosimilmente al soffitto dell'ambiente tricliniare in questione[36], da cui è

[25] SALVADORI *et alii* 2016, p. 248 e fig. 8, p. 250.

[26] Gli ultimi casi segnalati provengono da settori dello scavo inediti e recentemente indagati.

[27] cfr. da ultimo SALVADORI *et alii* 2016, pp. 252-253 e fig. 13, p. 254 e bibliografia *ivi* riportata.

[28] cfr. da ultimo SALVADORI *et alii* 2016, pp. 253-254 e fig. 15 e bibliografia *ivi* riportata.

[29] cfr. da ultimo SALVADORI *et alii* 2016, p. 253 e fig. 14, p. 255 e bibliografia *ivi* riportata.

[30] Si tratta del campione CBF_INT_13 riferibile ad uno zoccolo parietale decorato con spruzzature gialle su fondo rosso (cfr. SEBASTIANI 2018, p. 191, quarta unità decorativa); e il campione CBF_INT_6, rinvenuto in strati di riporto e per il quale non è stato possibile proporre alcuna attribuzione stilistica.

[31] PREVIATO 2015, p. 150.

[32] PROVENZALE 2005, p. 473.

[33] *ibidem*, pp. 477-483.

[34] CLEMENTI 2017b.

[35] cfr. da ultimo DIDONÉ 2017a.

[36] ORIOLO 2015, pp. 48-49 e fig. 4, p. 50.

stato prelevato il campione L-AMB_INT_1 (fig. VII.9, c). Sono stati inoltre analizzati anche due frammenti riconducibili a pareti (L-AMB_INT_2 e 3), non identici per fattura al primo e per i quali l'inquadramento stilistico non è sicuro; non è quindi da escludere che possono essere altresì riferibili a fasi decorative precedenti o successive rispetto alla fase III.

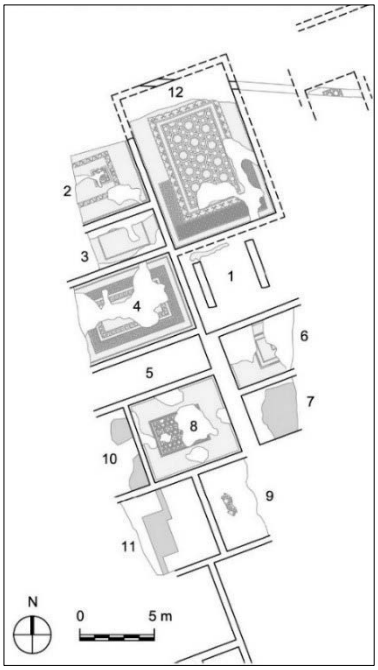


Fig. VII.4 – Aquileia. Planimetria della *Domus* di Licurgo e Ambrosia (da CLEMENTI 2017b, fig. a p. 99).

Domus *presso il fondo ex-Beneficio Rizzi*

Quest'area della città era occupata da un quartiere abitativo la cui esatta articolazione planimetrico-spaziale non è ancora stata chiarita (fig. VII.5). Alla prima fase edilizia (Fase I), databile alla metà del I sec. d.C., risalgono alcune strutture murarie in laterizi obliterate da pavimentazioni di età successiva. In una seconda fase (Fase II), datata su base stilistica dei pavimenti tra età augustea e I sec. d.C., la *domus* subì un profondo riassetto planimetrico condotto attraverso la realizzazione di un peristilio porticato su tre lati su cui si aprivano diversi vani. Ad una terza fase (Fase III), inquadrata (su base stilistica) in età adrianea, risalgono ulteriori rifacimenti pavimentali di alcuni vali, mentre ad una quarta ed ultima fase, di età tardo antica (Fase IV), vengono attribuite alcune strutture murarie che si impostano direttamente sulle pavimentazioni di età più antica (fase IV)[37].Entrambi i campioni provengono da un tramezzo murario affrescato realizzato in Fase III. Il motivo decorativo originario è realizzato con una decorazione pittorica ad architetture illusionistico-prospettiche da cui proviene il campione B-RIZ_INT_1 (fig. VII.9, a)[38]. Ad una fase di rifacimento delle decorazioni pittoriche, effettuata per mezzo di picchettature sul supporto del precedente motivo decorativo, è riferibile il campione B-RIZ_INT_2 pertinente ad un nucleo pittorico decorato con motivi a grappoli d'uva, tralci di vite e la figura di un Pan, che si può inquadrare, su base stilistica, entro la metà del III sec. d.C.[39].

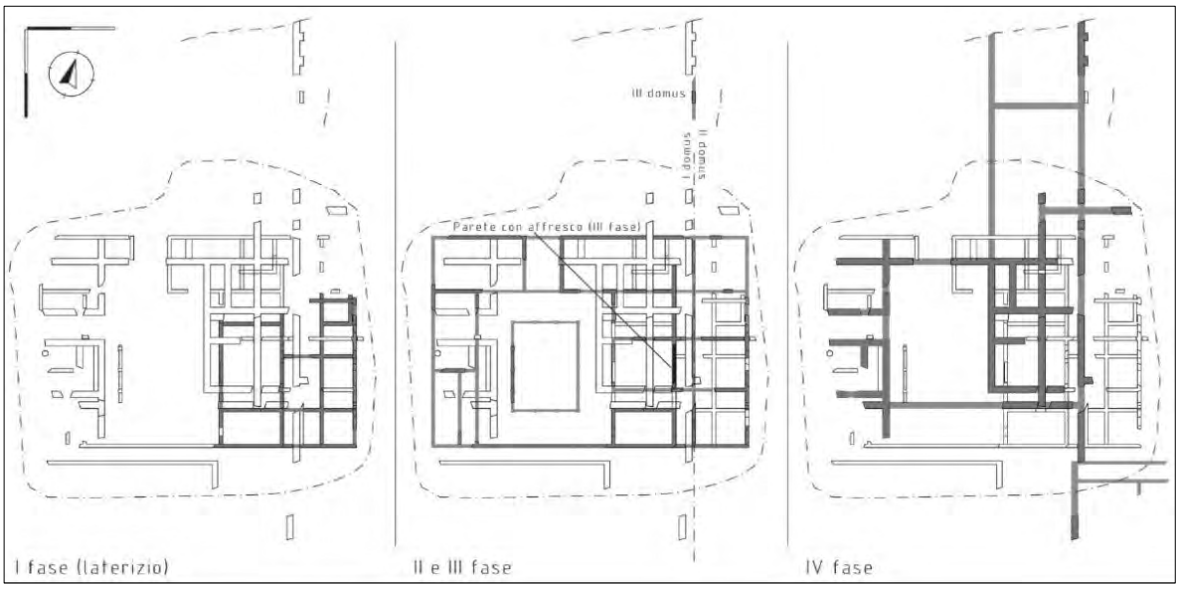


Fig. VII.5 - Aquileia. Planimetrie delle diverse fasi edilizie della *domus* centrale del fondo ex Beneficio Rizzi (da GALLOCCHIO, PENSABENE 2012, p. 72, fig. 5).

[37] PREVIATO 2015, pp. 172-174; GALLOCCHIO, PENSABENE 2012.
[38] ORIOLO, SALVADORI 2009, pp. 226-227; in particolare ORIOLO, SALVADORI 2005, pp. 453-455 e fig. 4a.
[39] ORIOLO, SALVADORI 2009, p. 227 e fig. 8; ORIOLO, SALVADORI 2005, p. 455 e fig. 4b.

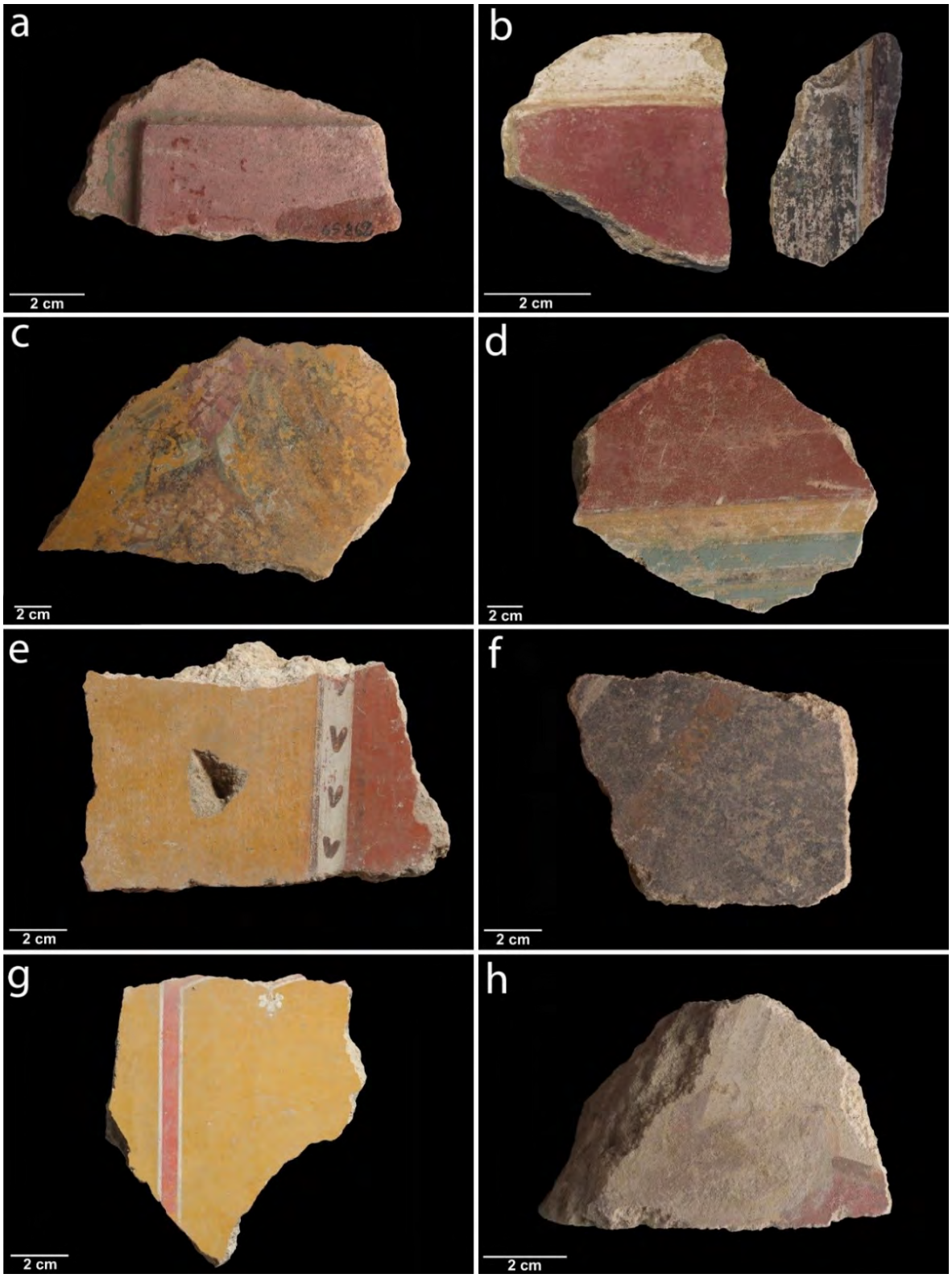


Fig. VII.6 - Selezione di campioni di intonaco rappresentativi (I stile -IV stile). a) BERT_INT_1; b) CBF_INT_9; c) COS_INT_5; d) CBF_INT_15; e) COS_INT_1; f) S-CAS_INT_1; g) CBF_INT_1; h) p.c.412_INT_2.

Domus di Tito Macro

La *Domus* di Tito Macro è un contesto abitativo plurifase, il cui primo impianto, databile agli inizi del I sec. a.C. e conformato secondo il modello di casa ad atrio, vide una seconda fase,

da collocarsi entro la metà del I sec. d.C., che comportò l'estensione planimetrica con una nuova porzione della casa gravitante attorno ad un giardino circondato da un corridoio a criptoportico. Successivamente nuovi interventi edilizi, ultimatesi entro la metà del IV sec. a.C., non andarono a modificare sostanzialmente l'impianto dell'abitazione[40]. I campioni COS_INT_1-4 (fig. 1, c) sono relativi a sistemi di III stile e provengono tutti da un livello di riporto molto eterogeneo ricco di macerie edilizie, che obliterava una serie di strutture collocate a sud rispetto alla *Domus* di Tito Macro[41]. Diversamente, il campione COS_INT_5, rinvenuto anch'esso in giacitura secondaria, è relativo ad un sistema di tipo architettonico-illusionistico di II stile[42].

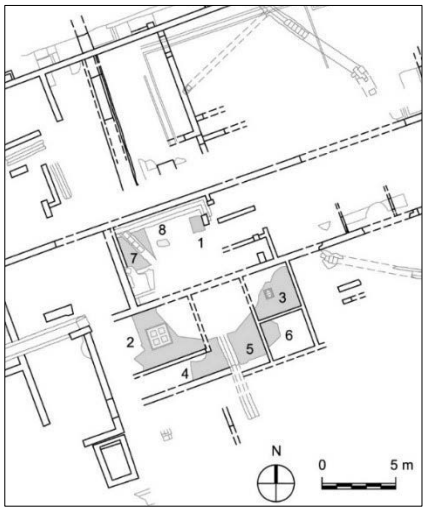


Fig. VII.7 - Aquileia. Planimetria della *Domus* sotto piazza Capitolo (CLEMENTI 2017f, fig. a p. 444).

Domus sotto Piazza Capitolo

Risale al 1970 l'individuazione di una unità abitativa in corrispondenza del settore settentrionale dell'odierna Piazza Capitolo (fig. VII.7). Alla dimora si accedeva da ovest, attraverso uno stretto corridoio, che immetteva in una corte porticata, su cui si aprivano alcuni vani tra i quali il tablino delle dimensioni di 10 x 8 m. L'abitazione, la cui costruzione si fa risalire al periodo compreso tra la fine dell'età repubblicana e l'età augustea, rimase in uso fino alla metà del III secolo, o addirittura entro l'inizio del IV sec. d.C. secondo l'ipotesi di L. Bertacchi, ossia fino al momento in cui vennero impiantati il quadriportico e l'episcopio post teodoriani**[43]**. A queste fasi medio-tardoimperiali della vita dell'abitazione sono riconducibili i frammenti P-CAP_INT_1 e 2 (fig. VII.9, e)[44].

Domus nell'area dell'ex stalla Violin

Dal contesto plurifase indagato nell'area della c.d. "Stalla Violin" sono stati prelevati campioni di intonaco, in parte da strutture preservatesi *in situ*, riferibili alla fase di impianto di abitazioni datate tra metà I sec. d.C e II sec. d.C. [45]; il primo (VLN_INT_1) proviene dal rivestimento intonacato di un setto murario ubicato nella porzione più settentrionale dell'area di indagine. Il secondo (VLN_INT_2) è stato prelevato dalla decorazione dell'ambiente situato immediatamente a nord rispetto a quello dipinto con motivo a pannelli ed interpannelli conservatosi ben oltre la base dello zoccolo (fig. VII.3, d).

Oltre a questi sono stati analizzati altri tre campioni da due distinti nuclei pertinenti verosimilmente ad una parete (VLN_INT_3) e ad un soffitto (VLN_INT_4 e 4B). Seppur rinvenuti in giacitura secondaria, si ipotizza possano essere riferibili all'originaria partitura decorativa dell'aula absidata di IV sec d.C., di cui una porzione della decorazione parietale del catino è stata rinvenuta, in stato di crollo primario, direttamente al di sopra della superficie musiva dell'ambiente**[46]**.

Area dell'anfiteatro

I lacerti di intonaco recuperati dagli scavi dell'Università di Verona presso l'anfiteatro urbano provengono quasi esclusivamente da strati rinvenuti al di sotto dell'arena e pertinenti ai resti di abitazioni spianate al momento di costruzione dell'edificio[47]. L'attività di ricomposizione

[40] Sulla *Domus* di Tito Macro cfr. Cap. VI, §6.

[41] Le analisi hanno permesso di confermare l'uguaglianza composizionale dei campioni COS_INT_1-4 dei quali solo il primo è relativo ad un nucleo edito (SALVADORI *et alii* 2016, p. 251 e fig. 10).

[42] *Ibidem*, 248, 251 e fig. 9, p. 250.

[43] Cfr. da ultimi CLEMENTI 2017f; PREVIATO 2015, pp. 166-167.

[44] F. Oriolo, comm. pers.

[45] Sulla c.d. "Stalla Violin" cfr. Cap. VI, §7.

[46] NOVELLO, TIUSSI 2013, p. 185 e n. cat. 138, p. 276.

[47] Sull'anfiteatro cfr. Cap. VI, §3; su una preliminare analisi dei frammenti cfr. DILARIA, SBROLLI 2018.

dei frammenti in placche, non ha fornito dati risolutivi in termini di attribuzioni stilistiche, ma ha consentito, in taluni casi, di ricondurre al medesimo insieme lacerti dipinti pertinenti a unità stratigrafiche che erano invece state distinte in fase di scavo. Sono così stati identificati, sulla base di osservazione macroscopica della tecnica esecutiva e delle caratteristiche del *tectorium* otto gruppi. Per ciascuno di essi è stato quindi prelevato un campione da sottoporre ad analisi archeometrica (BRU_INT_1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8).

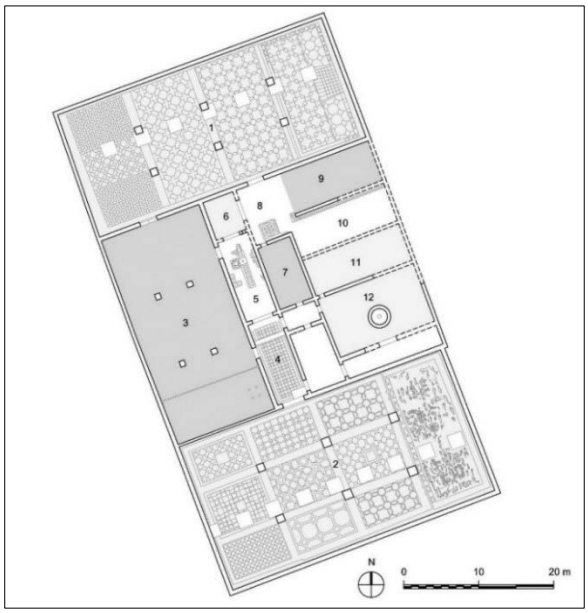


Fig. VII.8 – Aquileia. Planimetria della basilica teodoriana (da CLEMENTI 2017c, fig. a p. 412).

Complesso teodoriano

La realizzazione dell'edificio si ascrive tradizionalmente al Vescovo Teodoro, sulla base di una iscrizione rinvenuta nell'edificio, che ne circoscrive la costruzione durante gli ultimi anni di vita (314-319 d.C.) o immediatamente dopo la morte[48]. Il nucleo teodoriano, a cui si accedeva da est, era strutturato come due grandi aule rettangolari (aula 1: dim. 17,20 x 37,40; aula 2: 20,40 x 37,20), decorate con pregiati pavimenti musivi e connesse tra di loro da una terza aula (aula 3: 13,70 x 29,0 m) pavimentata in cocciopesto (fig. VII.8).

L'edificio andò incontro a diversi rifacimenti, che ebbero esito in allargamenti e ricostruzioni delle due aule principali. Un primo intervento, ascrivibile al vescovo Fortunazio (339-362 d.C.), determinò il potenziamento dell'aula nord trasformandola in una basilica a tre navate con antistante quadriportico; successivamente col vescovo Cromazio (388-408 d.C.) venne potenziata l'aula sud, a cui venne inoltre aggiunto un battistero direttamente collegato con la facciata dell'edificio[49].

I frammenti di intonaco analizzati provengono da tre distinte unità stratigrafiche facenti parte di un deposito recentemente indagato (2016) nei pressi dell'angolo nord-occidentale dell'Aula teodoriana nord (aula 1) all'interno della c.d. Cripta degli Scavi. Il deposito è risultato costituito da livelli di macerie edilizie, di cui alcuni caratterizzati da un'alta percentuale di frammenti di intonaco dipinto (fig. VII.3, f), esito della demolizione del complesso edificato agli inizi del IV sec. d.C. Questi erano dunque pertinenti alla decorazione delle pareti, ornate da un sistema a finti marmi (TEOD_INT_2), e del soffitto (TEOD_INT_1, fig. VII.9, 9 e TEOD_INT_3).

"Grandi Terme"

Le cosiddette "Grandi Terme" sono un edificio termale realizzato probabilmente entro la metà del IV sec. d.C. dai successori di Costantino nella zona sud-occidentale della città di Aquileia[50]. Tutti gli intonaci in esame, che provengono dal settore meridionale (Settore F) delle *Thermae Felices Constantinianae*, derivano probabilmente dallo smantellamento di pareti affrescate pertinenti a fasi di restauro di inizi V sec. d.C.[51]. Nello specifico, i campioni GTR_INT_1 (fig. VII.9, h), 2, 3, 4A, 5 e 8 provengono da due livelli di riporto (US 590 e 460), pertinenti a contesti di riempimento/bonifica probabilmente di VI sec. d.C. a sud del limite meridionale dell'edificio e pertinenti ad una fase di riuso degli spazi termali a fini abitativi; i campioni GTR_INT_6 e 6B provengono da livelli di crollo delle strutture murarie che sigillano la frequentazione altomedievale dell'ambiente A13, che, in origine, chiudeva a sud la zona riscaldata del complesso; infine il

[48] Cfr. da ultimo CLEMENTI 2017c; nello specifico v. inoltre NOVELLO, SALVADORI, TIUSSI, VILLA 2013.
[49] Cfr. da ultimo CLEMENTI 2017d, 2017e.
[50] Sulle c.d. "Grandi Terme" cfr. Cap. VI, §5.
[51] RUBINICH 2012, in particolare pp. 235-237.

campione di intonaco GTR_INT_7, steso direttamente su una tegola, è pertinente forse al soffitto o ad un rivestimento parietale[52].

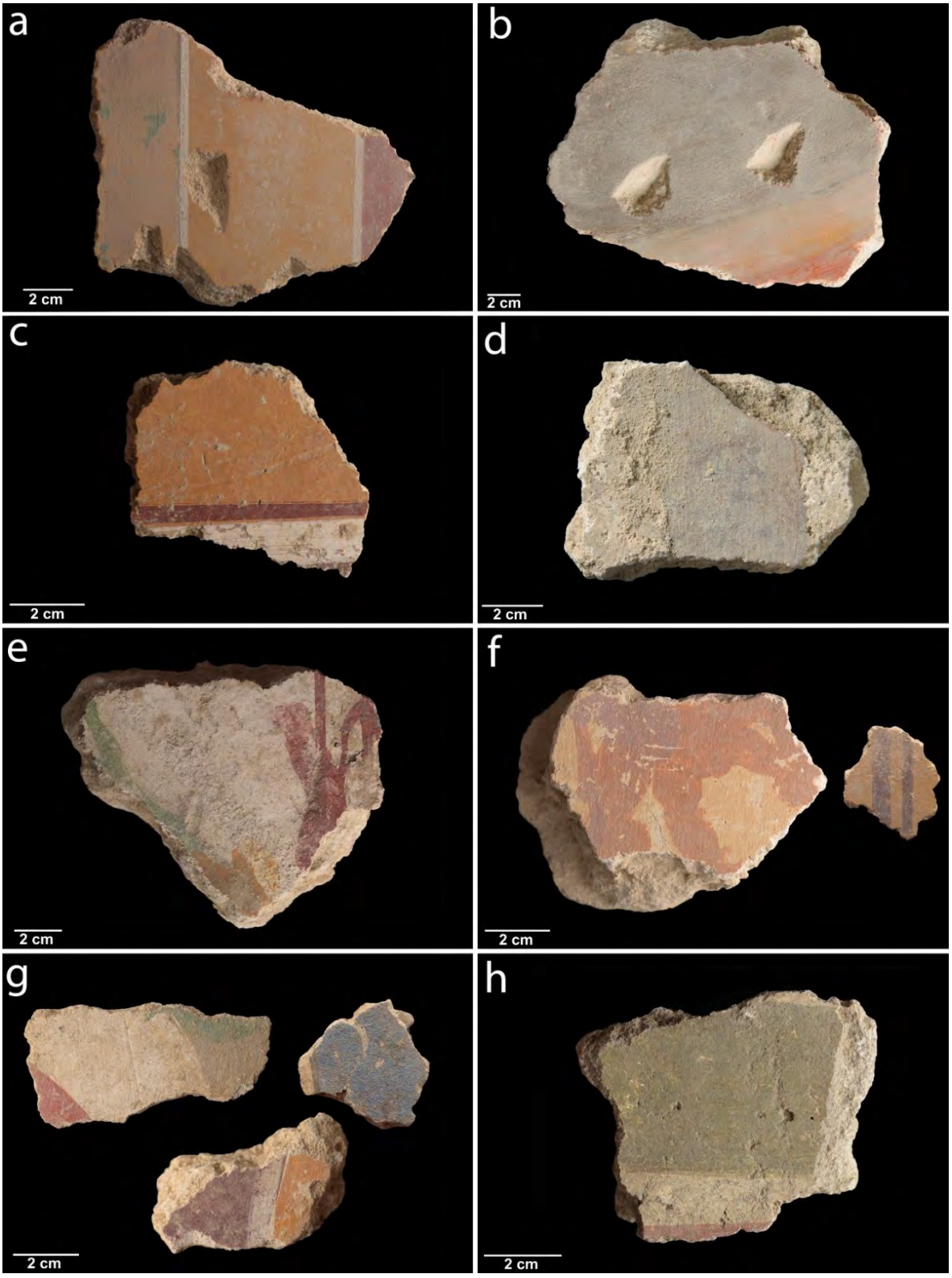


Fig. VII.9 - Selezione di campioni di intonaco rappresentativi (II sec. d.C. - V sec. d.C.). a) B-RIZ_INT_1; b) CBF_INT_7; c) L-AMB_INT_1; d) CBF_INT_12; e) P-CAP_INT_12; f) GAL_INT_1; g) TEOD_INT_1; h) GTR_INT_1.

[52] RUBINICH 2012, pp. 237 e 239.

Altri rinvenimenti sporadici

Diversi nuclei di intonaco, non riferibili ad un preciso contesto aquileiese, sono stati recuperati da strati in giacitura secondaria, in occasione degli scavi novecenteschi. Tra questi, vi sono dei frammenti di stile strutturale (I stile), da cui è stato analizzato un campione (PEL_INT_1, fig. VII.8), sicuramente riconducibili alle indagini in via Ugo Pellis[53].

Non è invece possibile indicare la provenienza del nucleo di frammenti pertinenti ad un soffitto decorato a cassettoni di III stile (campione S-CAS_INT_1)[54] e di altri frammenti di intonaco in I stile inediti (BERT_INT_1).

Nella tabella VII.1 vengono presentati i diversi campioni sulla base del contesto di rinvenimento.

N° campione	US	Contesto di rinvenimento	Porzione decorativa	Datazione		Criterio di datazione	Bibliografia
				stilistica	cronologica		
Contesti privati							
***Domus* presso la p.c. 412**							
PC412_INT_1		giac. second.	parete	IV Stile	45 d.C. - fine I d.C.	stilist.	ORIOLO 2012
PC412_INT_2		giac. second.	parete	IV Stile	45 d.C. - fine I d.C.	stilist.	ORIOLO 2012
***Domus* delle Bestie Ferite**							
CBF_INT_1	1370	giac. second.	parete	IV stile	45 d.C. - fine I d.C.	stilist.	SALVADORI *et alii* 2016
CBF_INT_2	1370	giac. second.	parete	IV stile	45 d.C. - fine I d.C.	stilist.	SALVADORI *et alii* 2016
CBF_INT_3	1370	giac. second.	parete	IV stile	45 d.C. - fine I d.C.	stilist.	SALVADORI *et alii* 2016
CBF_INT_4	2268	giac. second.	parete	IV stile	45 d.C. - fine I d.C.	stilist.	inedito
CBF_INT_5	2309	parete *in situ*	parete		fine I a.C. - inizio I d.C.	stratig.	inedito
CBF_INT_6	898	giac. second.	parete		età romana	stratig./stilist.	inedito
CBF_INT_7	139	giac. second.	parete		II d.C. (età adrian./anton.)	stratig./stilist.	SALVADORI *et alii* 2016
CBF_INT_8	139	giac. second.	parete/soffitto		fine II d.C. - inizio III d.C.	stratig.	SALVADORI *et alii* 2016
CBF_INT_9	702	giac. second.	parete	I stile	II a.C.	stratig.	SALVADORI *et alii* 2016
CBF_INT_10	2243	giac. second.	parete		medio imper. - pre IV d.C.	stilist.	inedito
CBF_INT_11	664	giac. second.	parete	II-III stile	(entro prima metà I d.C.)	stilist.	NOVELLO, SALVADORI 2012
CBF_INT_12	705	parete *in situ*	parete/zoccolo		II - III d.C.	stratig.	SALVADORI *et alii* 2016
CBF_INT_13	1940, 1950, 1998	giac. second.	parete/zoccolo		età romana	stratig.	SEBASTIANI 2018
CBF_INT_14	1940, 1950, 1998	giac. second.	soffitto	IV stile	45 d.C. - fine I d.C.	stilist.	SEBASTIANI 2018
CBF_INT_15	1940, 1950, 1998	giac. second.	parete	II stile (?)	100/80 a.C. - 30/20 a.C	stilist.	SEBASTIANI 2018
CBF_INT_16	1940, 1950, 1998	giac. second.	parete	IV stile	45 d.C. - fine I d.C.	stilist.	SEBASTIANI 2018
CBF_INT_17	2331	parete *in situ*	parete		fine I a.C. - inizio I d.C.	stratig.	inedito
CBF_INT_18	2405	parete *in situ*	parete		(età romana)	stratig.	inedito
CBF_INT_19	2309	parete *in situ*	parete		(età romana)	stratig.	inedito
CBF_INT_20	2517	giac. second.	parete		post 180 a.C. – inizi I d.C.	stratig.	inedito
Tempio presso il Fondo Gallet (abitazioni adiacenti)							
GALL_INT_1		giac. second.	parete		II-III d.C.	stilist.	PROVENZALE 2005
***Domus* di Licurgo e Ambrosia**							
L-AMB_INT_1		giac. second.	soffitto		II-III d.C.	stilist./stratig.	ORIOLO 2015
L-AMB_INT_2		giac. second.	parete		? (età romana)	stilist./stratig.	inedito
L-AMB_INT_3		giac. second.	parete		? (età romana)	stilist./stratig.	inedito
***Domus* presso il Fondo ex Beneficio Rizzi**							
B-RIZ_INT_1		giac. second.	parete		II d.C.	stilist.	ORIOLO, SALVADORI 2009; ORIOLO, SALVADORI 2005
B-RIZ_INT_2		giac. second.	parete		Inizio – metà III d.C.	stilist.	ORIOLO, SALVADORI 2009; ORIOLO, SALVADORI 2005
***Domus* di Tito Macro**							
COS_INT_1	3158	giac. second.	parete	III stile	20 a.C - 45 d.C.	stilist.	SALVADORI *et alii* 2016
COS_INT_2	3105=3158, 3114, 3115	giac. second.	parete	III stile	20 a.C - 45 d.C.	stilist.	inedito
COS_INT_3	3105=3158, 3114, 3115	giac. second.	parete	III stile	20 a.C - 45 d.C.	stilist.	inedito
COS_INT_4	3105=3158, 3114, 3115	giac. second.	parete	III stile	20 a.C - 45 d.C.	stilist.	inedito
COS_INT_5	714	giac. second.	parete	II stile	100/80 a.C. - 30/20 a.C	stilist.	SALVADORI *et alii* 2016
***Domus* nell'area dell'ex stalla Violin**							
VLN_INT_1		parete *in situ*	zoccolo		seconda metà I d.C.	stratig.	inedito
VLN_INT_2		parete *in situ*	zoccolo		seconda metà I d.C.	stilist./stratig.	inedito
VLN_INT_3	48	giac. second.	parete		IV d.C.	stratig.	inedito
VLN_INT_4	48	giac. second.	soffitto		IV d.C.	stratig.	inedito
VLN_INT_4B	48	giac. second.	soffitto		IV d.C.	stratig.	inedito
***Domus* sotto Piazza Capitolo**							
P-CAP_INT_1		giac. second.	parete		metà III d.C. - metà IV d.C.	stratig.	inedito
P-CAP_INT_2		giac. second.	craticcio (soffitto?)		metà III d.C. - metà IV d.C.	stratig.	inedito
Area dell'anfiteatro							
BRU_INT_1	103	giac. second.	parete		pre 41-54 d.C.	stratig.	DILARIA, SBROLLI 2018
BRU_INT_2	2	giac. second.	parete		pre 41-54 d.C.	stratig.	DILARIA, SBROLLI 2018
BRU_INT_3	104	giac. second.	parete		pre 41-54 d.C.	stratig.	DILARIA, SBROLLI 2018

[53] ORIOLO 2012, 194-195 e fig. 2, p. 404.

[54] ORIOLO, SALVADORI 2009, p. 222-223 e figg. 2-3; ORIOLO 2012, 195-196 e fig. 6, p. 405.

N° campione	US	Contesto di rinvenimento	Porzione decorativa	Datazione		Criterio di datazione	Bibliografia
				stilistica	cronologica		
BRU_INT_4	230	giac. second.	parete		pre 41-54 d.C.	stratig.	DILARIA, SBROLLI 2018
BRU_INT_5	96	giac. second.	parete		pre 41-54 d.C.	stratig.	DILARIA, SBROLLI 2018
BRU_INT_6	96	giac. second.	parete		pre 41-54 d.C.	stratig.	DILARIA, SBROLLI 2018
BRU_INT_7	230	giac. second.	parete		pre 41-54 d.C.	stratig.	DILARIA, SBROLLI 2018
BRU_INT_8	230	giac. second.	parete		pre 41-54 d.C.	stratig.	DILARIA, SBROLLI 2018
Contesti pubblici							
Complesso teodoriano							
TEOD_INT_1	14	crollo	soffitto		inizi IV d.C.	stratig./stilist.	inedito
TEOD_INT_2	22	crollo	parete		inizi IV d.C.	stratig./stilist.	inedito
TEOD_INT_3	31	crollo	soffitto		Inizi IV d.C.	stratig./stilist.	inedito
Grandi Terme							
GTR_INT_1	460	giac. second.	parete		inizi V d.C.	stratig.	RUBINICH 2012
GTR_INT_2	460	giac. second.	parete		inizi V d.C.	stratig.	RUBINICH 2012
GTR_INT_3	460	giac. second.	parete		inizi V d.C.	stratig.	RUBINICH 2012
GTR_INT_4A	509	giac. second.	parete		inizi V d.C.	stratig.	RUBINICH 2012
GTR_INT_5	509	giac. second.	parete		inizi V d.C.	stratig.	RUBINICH 2012
GTR_INT_6A	849	giac. second.	parete		inizi V d.C.	stratig.	RUBINICH 2012
GTR_INT_6B	849	giac. second.	parete		inizi V d.C.	stratig.	RUBINICH 2012
GTR_INT_7	840	giac. second.	parete/soffitto (?)		inizi V d.C.	stratig.	Rubinich 2012
GTR_INT_8	460	giac. second.	parete		inizi V d.C.	stratig.	RUBINICH 2012
Altri rinvenimenti sporadici							
BERT_INT_1		giac. second.	parete	I stile	II a.C.	stilist.	inedito
PELL_INT_1		giac. second.	parete	I stile	II a.C.	stilist.	ORIOLO 2012
S-CAS_INT_1		giac. second.	soffitto	III stile	20 a.C - 45 d.C.	stilist.	ORIOLO, SALVADORI 2009

Tab. VII.1 – elenco sinottico dei campioni di intonaco presi in esame in questo studio.

L'attribuzione stilistica riportata nel tab. VII.1 fa capo a definizione e cronologia degli stili pompeiani riportata nell'*Enciclopedia dell'Arte Antica* (tab. VII.2.)[55].

Stile	Descrizione
I stile	Decorazioni murali ad imitazione di incrostazioni marmoree ispirate a composizioni ad ortostati e fasce, specchiature, cornici, ecc. Erano realizzate con intonaco aggettante a rilievo.
II stile	Pittura illusionistica con architetture di grande effetto scenico ad imitazione di grandi corti porticate e cortili.
III stile	Esili architetture ed elementi decorativi con finalità ornamentali. Caratteristiche non portanti dell'architettura.
IV stile	Ritorno all'inserimento di architetture fantastiche e di grande effetto scenico. Architetture improbabili, bidimensionali e puramente decorative. Richiamo ad elementi e formule decorative già sperimentate in precedenza nel I, II e III stile.

Tab. VII.2 – Prospetto illustrativo degli stili pompeiani, secondo quanto riportato in *EAA* V, I.

Prima di procedere alle analisi archeometriche, i campioni sono stati tagliati tramite troncatrice a corona diamantata e ne è stato effettuato un preliminare studio macroscopico delle caratteristiche salienti (riportato nella descrizione petrografica dei composti).

Il taglio petrografico in sezione dei campioni (figg. VII.10; VII.11) ha permesso di definire numero e tipologia[56] di strati in malta impiegati nella preparazione degli intonaci (*tectorium*).

Gli strati sono stati quindi classificati secondo le tre tipologie di livelli preparatori che sono tradizionalmente impiegati nella stesura di intonaci[57]:

a) *Rinzaffo*: malta preparatoria, adesa alla struttura muraria, a granulometria e tessitura generalmente grossolana;

b) *Arriccio*: malta preparatoria a granulometria più fina e tessitura più omogenea del rinzaffo direttamente sottoposta all'intonachino;

c) *Intonachino*: malta, generalmente caratterizzata dalla colorazione di massa biancastra e a granulometria fine, che funge da ultimo strato preparatorio a supporto della decorazione pittorica.

[55] *EAA*, V, I.

[56] La terminologia adottata nella caratterizzazione tipologica delle malte segue, in linea di massima, quanto riportato in GINOUVÈS, MARTIN 1985, pp. 48-52.

[57] GINOUVÈS, MARTIN 1985, pp. 137-138; NIMMO 2001.

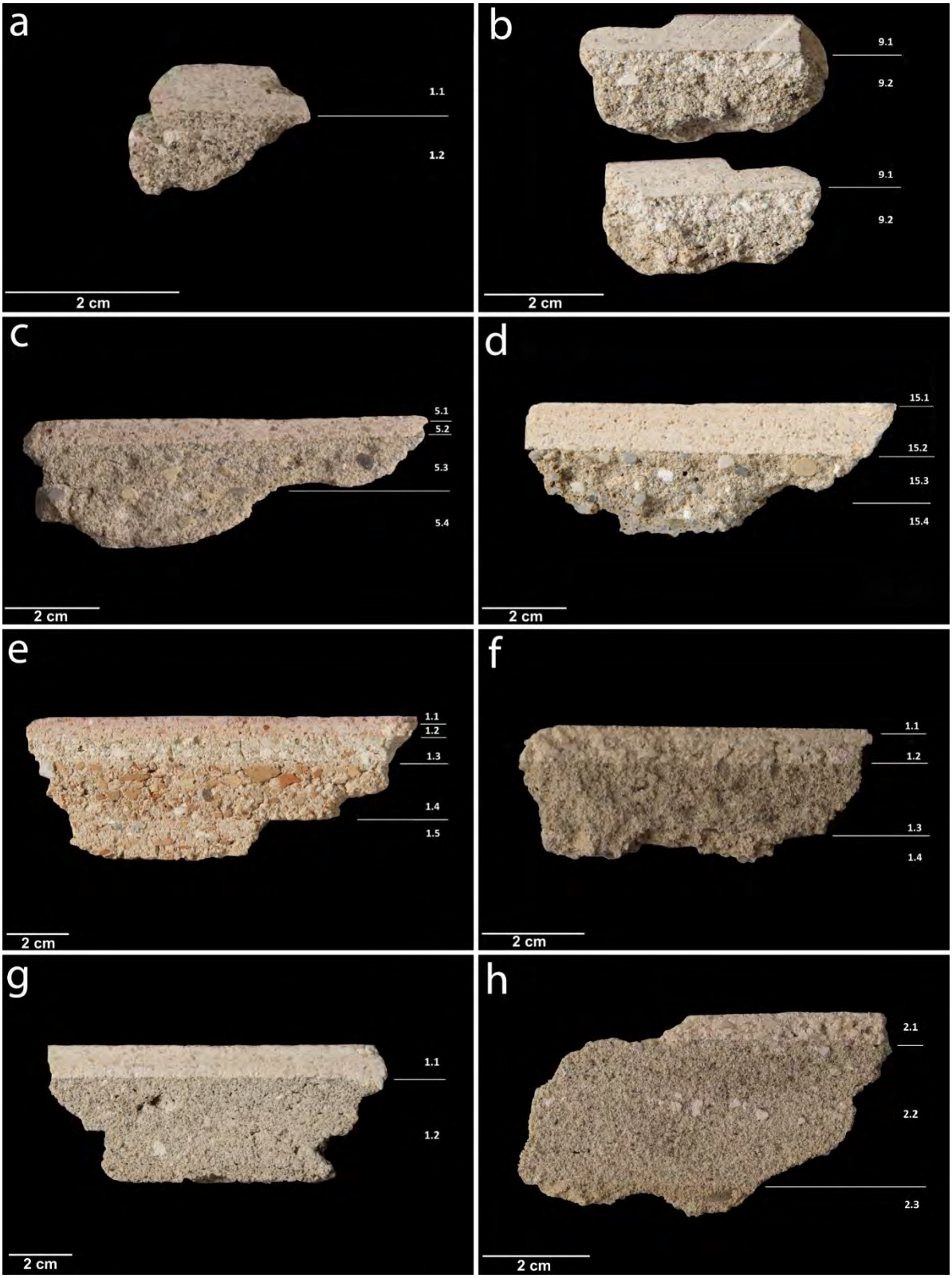


Fig. VII.10 - Selezione di campioni di intonaco rappresentativi (I stile -IV stile). Acquisizione delle sezioni in seguito a taglio petrografico con troncantrice a lama diamantata. I valori puntati indicano i diversi strati. a) BERT_INT_1; b) CBF_INT_9; c) COS_INT_5; d) CBF_INT_15; e) COS_INT_1; f) S-CAS_INT_1; g) CBF_INT_1; h) p.c.412_INT_2.

Nel caso degli intonaci in esame è stato possibile distinguere chiaramente i livelli di intonachino dai sottostanti livelli di arriccio e rinzaffo. Tuttavia, questi ultimi verranno considerati

assieme a fronte del fatto che non si riscontrano, dalla sola analisi macroscopica, chiari parametri che permettano di distinguere queste due fasi preparatorie all'intonachino.

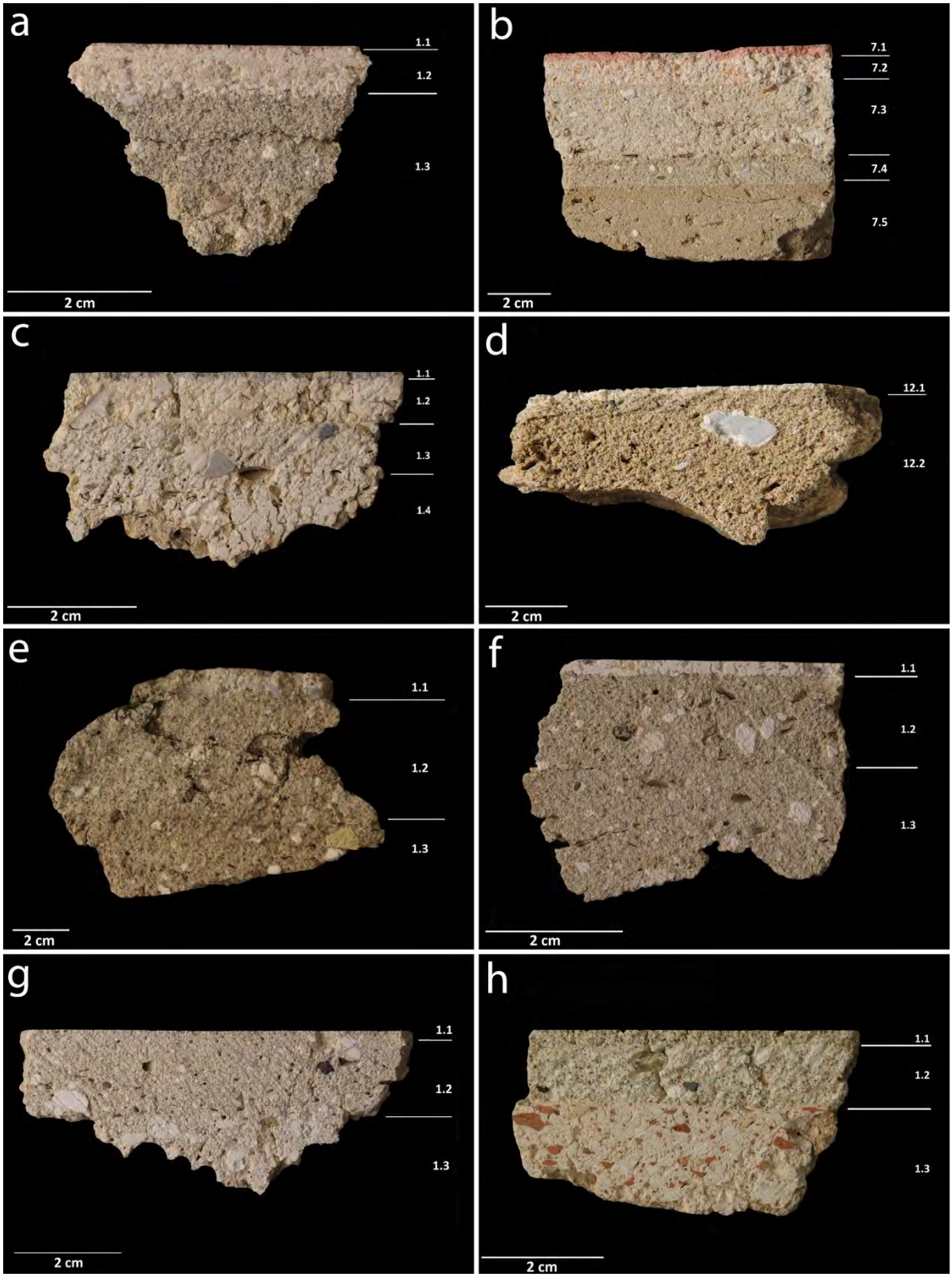


Fig. VII.11 - Selezione di campioni di intonaco rappresentativi (età medio-imperiale e tardo antica). Acquisizione delle sezioni in seguito a taglio petrografico con troncantrice a lama diamantata. I valori puntati indicano i diversi strati. Selezione di campioni di intonaco rappresentativi (II sec. d.C. - V sec. d.C.). a) B-RIZ_INT_1; b) CBF_INT_7; c) L-AMB_INT_1; d) CBF_INT_12; e) P-CAP_INT_12; f) GAL_INT_1; g) TEOD_INT_1; h) GTR_INT_1.

Inoltre, va anche evidenziato come, nella maggior parte dei casi, non possiamo sapere se la sequenza di strati preparatori degli intonaci analizzati sia completa o meno: la giacitura in contesto secondario può aver infatti determinato, in molti casi, il distacco dei più profondi livelli di preparazione e il riconoscimento e recupero di intonaci in fase di scavo è di fatto limitato sempre ai frammenti che conservano ancora adesa la patina pittorica.

Presentandosi quasi sempre stratificati, i diversi livelli nei campioni sono stati enumerati con un valore progressivo, posto di seguito al numero del frammento specifico (ad es. CBF_INT_1.1, CBF_INT_1.2 ecc.), procedendo dall'esterno, dove si conserva la patina pittorica, verso l'interno.

1.3 - RISULTATI DELLE ANALISI ARCHEOMETRICHE[58]

Una volta distinti i livelli preparatori, per ogni strato preparatorio del *tectorium* identificato nei diversi campioni, sono state effettuate analisi in microscopia ottica a luce trasmessa polarizzata (OM-TL). Su una selezione di campioni, rappresentativi dei gruppi individuati in seguito ad analisi OM, sono state inoltre condotte indagini mineralogiche tramite analisi in diffrazione ai raggi X (XRPD-*bulk*) delle polveri, nonché analisi chimiche e microstrutturali (SEM-EDS) finalizzate all'indagine della composizione chimica dei leganti e all'osservazione puntuale delle aree di reazione pozzolanica, qualora presenti (tab. VII.3).

A livello di esaustività si inseriscono anche i risultati delle indagini di una limitata selezione di patine pittoriche[59]. Attraverso analisi in microscopia ottica a luce riflessa (OM-RL) accoppiata a indagini in microscopia ottica confocale è stata operata una lettura microstratigrafica della superficie pittorica dei campioni, al fine di identificare l'ordine di stesura degli strati pittorici e di chiarirne le modalità di applicazione (*fresco*, lime paint, *secco*). Tramite indagini XRPD si è riconosciuta la composizione mineralogica dei pigmenti campionati, accoppiate a indagini puntuali Raman.

Campione	*tectorium*			pigmenti		
	TL-OM + RL-OM	XRPD	SEM-EDS	RL-OM + CL-OM	XRPD	Raman
Contesti privati						
***Domus* presso la p.c. 412**						
PC412_INT_1	X		X	X		
PC412_INT_2	X			X		
***Domus* delle Bestie Ferite**						
CBF_INT_1	X	1.2		X		
CBF_INT_2	X		X	X	X	X
CBF_INT_3	X			X	X	
CBF_INT_4	X			X	X	
CBF_INT_5	X					
CBF_INT_6	X			X		
CBF_INT_7	X	7.2, 7.5		X	X	X
CBF_INT_8	X			X		
CBF_INT_9	X	9.2		X		X
CBF_INT_10	X			X		
CBF_INT_11	X			X	X	X
CBF_INT_12	X	12.3		X		
CBF_INT_13	X			X		
CBF_INT_14	X			X	X	
CBF_INT_15	X	15.2		X	X	
CBF_INT_16	X	16.2		X		

[58] I risultati preliminari delle indagini sono stati pubblicati in alcuni contributi recentemente editi o in corso di stampa (cfr. DILARIA *et alii* c.s.; SEBASTIANI *et alii* 2019; DILARIA, SBROLLI 2018).

[59] Le indagini sono state effettuate dal dott. L. Sebastiani, coadiuvato, per l'analisi in microscopia ottica a luce trasmessa e riflessa da chi scrive e dal dott. M. Secco (dip. dei Beni Culturali - Università degli studi di Padova; Circe - Centro Interdipartimentale per lo Studio dei Materiali Cementizi) e dal prof. G. Artioli (Dip. di Geoscienze - Università degli studi di Padova; Circe - Centro Interdipartimentale per lo Studio dei Materiali Cementizi). Lo scrivente ha preso direttamente in esame gli aspetti applicativi e microstratigrafici delle patine pittoriche dei frammenti di intonaco recuperati nel corso degli scavi dell'anfiteatro aquileiese (cfr. DILARIA, SBROLLI 2018). Circa una più dettagliata analisi dei pigmenti aquieiesi cfr. DILARIA *et alii* c.s.; SEBASTIANI *et alii* 2019, pp. 42-43; DILARIA, SBROLLI 2018, pp. 154-156.

Campione	*tectorium*			pigmenti		
	TL-OM + RL-OM	XRPD	SEM-EDS	RL-OM + CL-OM	XRPD	Raman
CBF_INT_17	X			X		
CBF_INT_18	X			X		
CBF_INT_19	X		X	X	X	X
CBF_INT_20	X			X		
Fondo Gallet						
GALL_INT_1	X	1.2		X	X	
***Domus* di Licurgo e Ambrosia**						
L-AMB_INT_1	X	1.2		X		
L-AMB_INT_2	X			X	X	
L-AMB_INT_3	X			X		
Fondo eX Beneficio Rizzi						
B-RIZ_INT_1	X			X	X	
B-RIZ_INT_2	X			X	X	
***Domus* di Tito Macro**						
COS_INT_1	X		X	X	X	X
COS_INT_2	X			X	X	
COS_INT_3	X			X		
COS_INT_4	X			X	X	
COS_INT_5	X	5.2		X		
***Domus* nell'area dell'eX stalla Violin**						
VLN_INT_1	X					
VLN_INT_2	X	2.2 e 2.3		X		
VLN_INT_3	X			X		
VLN_INT_4	X			X		
VLN_INT_4B	X		X	X	X	
***Domus* sotto Piazza Capitolo**						
P-CAP_INT_1	X		X	X		
P-CAP_INT_2	X	2.2 e 2.4		X	X	
Anfiteatro (abitazioni precedenti)						
BRU_INT_1	X			X		
BRU_INT_2	X			X		
BRU_INT_3	X			X		
BRU_INT_4	X			X		
BRU_INT_5	X			X		
BRU_INT_6	X			X		
BRU_INT_7	X			X		
BRU_INT_8	X			X		
Complesso teodoriano						
TEOD_INT_1	X		X	X	X	
TEOD_INT_2	X	2.2		X	X	
TEOD_INT_3	X			X	X	
Grandi Terme						
GTR_INT_1	X		X	X		
GTR_INT_2	X			X		
GTR_INT_3	X			X		
GTR_INT_4A	X		X	X	X	
GTR_INT_5	X	5.2		X		
GTR_INT_6A	X			X		
GTR_INT_6B	X			X		
GTR_INT_7	X			X	X	
GTR_INT_8	X	8.2		X		
Altri rinvenimenti sporadici						
BERT_INT_1	X	1.2	X	X		
PEL_INT_1	X	1.2	X	X	X	
S-CAS_INT_1	X			X		

Tab. VII.3 - Elenco analisi archeometriche effettuate sui campioni di intonaco in esame dell'anfiteatro aquileiese, sia per ciò che concerne gli strati del *tectorium* che per le patine pittoriche.

1.3.1 - *Analisi petrografiche in microscopia ottica (OM)* (tectorium)

Tutti i campioni in esame sono stati analizzati secondo tramite analisi petrografica in microscopia a luce trasmessa (OM-TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN) e in seguito descritti (tab. VII.4).

Tramite l'analisi con metodo statistico multivariato (PCA) operata su due separate classi di livelli preparatori, ossia i livelli di intonachino e quelli di arriccio/rinzaffo, è stato possibile visualizzare la distribuzione spaziale dei campioni in esame in dipendenza di una serie di parametri di interesse al fine di descriverne assonanze e caratteristiche salienti.

Per quanto concerne le miscele di intonachino (fig. VII.12, a), si è osservato come non sia semplice enucleare gruppi di campioni strettamente clusterizzati. Ciò risulta comprensibile se si considera il fatto che, diversamente da quanto riscontrato per gli altri contesti dove più campioni erano pertinenti alle stesse fasi edilizie – da intendere come interventi edilizi condotti da gruppi di operai o artigiani con a disposizione un determinato set di materie prime – o talvolta addirittura a medesime strutture[60], i campioni di intonaco sono rappresentativi di diversi nuclei rinvenuti, come già detto, in giacitura secondaria e che quindi non è possibile associare a né a specifici interventi edilizi, né all'operato di medesime maestranze (se non in un limitato numero di casi). Dall'analisi PCA si riesce comunque a cogliere una distribuzione degli strati di intonachino[61], dalla sx alla dx della figura VII.12a, che si può porre in relazione, abbastanza chiaramente, con le cronologie ai cui sono stati ascritti i differenti nuclei.

Anche i dati desunti dalle indagini petrografiche condotte sugli strati di arriccio/rinzaffo (che verranno qui tratta assieme come livelli più profondi del *tectorium* in base alle considerazioni esposte precedentemente) sono stati sottoposti ad analisi PCA (fig. VII.15). Sono state quindi individuate innanzitutto due famiglie di campioni (Gr 6, Gr7), che nel complesso si distinguono dagli altri per l'occorrenza di frazione fittile (cocciopesto[62]). Tutte le altre miscele, che possono essere genericamente classificate come malte di calce[63] (Gr5), sono state a loro volta oggetto di indagine PCA al fine di distinguerne al loro interno clusterizzazioni secondarie valevoli di essere messe in risalto (fig. VII.17). Come sopra esposto, anche in questo caso è stato arduo enucleare chiaramente dei campioni ma nel complesso si è potuto evidenziare delle linee di tendenza rispetto alle caratteristiche composizionali nei campioni del Gr 5 che, anche in questo caso, sembrano porsi in relazione con la cronologia di produzione dei nuclei pittorici di afferenza.

Si descrivono i gruppi identificati in seguito ad indagini petrografiche (cfr. tab. VII.4).

Gruppo 1 - campioni CBF_INT_6.1; 7.1; 8.1; 9.1;10.1; 11.1/2; 14.1; 15.1/2; 16.1; 17.1; 19.1; 20.1; VLN_2.1; S-CAS_INT_1.1; COS_INT_5.1/2; BRU_INT_1.1; 3.1; 4.1; 5.1; 6.1 ; L-AMB_INT_2.1; B-RIZ_INT_1.1/2 ; BERT_INT_1.1/2; PEL_INT_1.1 ; pc412_INT_2

Macroscopicamente, i campioni del Gr 1 si caratterizzano per un livello di intonachino steso in uno o al massimo due strati (cfr. tab VII.5), per uno spessore che varia da 3,1 e 14,9 mm, con una media attestata su 6,0-11,0 mm ca. Il colore di massa è bianco (*white*, 2.5Y 8/1) e la consistenza è in genere tenace (fig. VII.13, a-h; VII.14, a-b). Alcuni campioni presentano il livello di intonachino di colore rosato (*pinkish white*, 2.5YR 8/2) in quanto caratterizzato dalla presenza di pigmento (ocra rossa?) miscelato all'impasto, al fine di ottenere l'effetti della c.d. "malta pigmentata"[64] (CBF_INT_7.1: 11.2; 14.3; BRU_INT_1.1/2, fig. VII.1, f).

Sotto il profilo microscopico, il legante si presenta micritico, carbonatico, a tessitura molto omogenea. La porosità è moderata (3-10% vol. ca) con micro-vuoti di tipo *vughs* o *channels*. In alcuni campioni (VLN_INT_2.1; CBF_INT_8.1; 16.1; 17.1; 19.1) la frazione legante si presenta leggermente maggiore con valori compresi tra 10 e 15% vol. ca con prevalenti fessurazioni di tipo solo in *channels/planar voids* derivate da fenomeni di ritiro in fase di presa. L'aggregato è composto pressoché esclusivamente da singoli grani perfettamente euedrali di calcite spatica di vena, il cui tasso di frammentazione e angolosità testimonia una prolungata macinazione meccanica (fig. VII.13, a-c). La classazione dell'aggregato è ridotta, con distribuzione granulometrica unimodale e una distribuzione areale dei clasti di calcite spatica molto buona. Dimensionalmente, l'aggregato ha diametro variabile tra 0,02 mm a 1,2 mm, con frazione grossolana mediamente compresa tra i 0,7 e 3,0 mm e frazione fina caratterizzata dalla diffusa presenza di polvere di calcite altamente macinata (⌀ 0,15-0,30 mm).

[60] Cfr. Cap. VI, introduzione.

[61] Per consentire una lettura più chiara dei dati, l'analisi è stata operata sui campioni di intonachino considerati nel loro complesso e non in relazione ai singoli strati. Lo spessore e le caratteristiche petrografico-dimensionali fanno quindi riferimento alla totalità della stratigrafia preparatoria superficiale.

[62] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

[63] GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

[64] PIOVESAN, MAZZOLI, MARITAN, CORNALE 2012, in part. pp. 724, 729.

Campione	Livello	Spessore (mm)	Coesione	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp. mineralogica	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante %	Vughs v.	Vescicles v.	Planar v.	Channels v.	Vuoti %	AGG Max (mm)	AGG. gross. (mm)	AGG fino (mm)	Classazione	Distr. Granul.	Dist. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Clasti carbonatici	Selce	Quarzo	calcite spatica	marmo	Arenaria	Frazione terrigena	Gusci di Molluschi	Frammenti fittili	Polvere fittile	Pigmento	Malte di riciclo	Carbone	Fibre Vegetali
Desc. Macroscopica							*Legante*					*Vuoti*												*Aggregato*													*Additivi*	
***Domus* presso la p.c.412**																																						
P.C.412_INT_1	1.1	2,14	4	5YR 8/4	5	3	1	4	1.5:1	57	-	-	-	3	7	2,08	1,13	0,09	3	1	3	2	2	36	-	-	-	4	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
	1.2	10,24	4	10YR 7/3	4	3	1	7,5	1:1.5	36	4	4	-	-	17	0,73	0,45	0,21	4	1	4	5	4	47	6	3	4	-	-	2	2	1	-	-	-	-	-	-
	1.3	21,68	3	2.5Y 7/4	4	3	1	5	1:1.5	32	4	4	-	-	16	0,72	0,43	0,19	5	1	4	5	4	52	7	3	4	-	-	2	2	1	-	-	-	-	1	-
P.C.412_INT_2	2.1	4,61	4	7.5YR 8/1	5	3	1	2	1:2	33	-	-	2	-	4	6,22	1,73	0,18	3	1	3	1	2	63	1	-	1	7	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	2.2	12,12	4	10YR 7/4	4	3	1	5	1:2	27	4	3	2	-	18	1,70	0,75	0,38	4	1	4	4	5	55	7	4	3	-	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-
	2.3	7,09*	4	2.5Y 7/4	4	3	1	10	1:2	25	4	3	2	-	19	1,65	0,72	0,40	4	1	4	4	5	56	7	4	2	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	1
***Domus* delle Bestie ferite**																																						
CBF_INT_1	1.1	2,10	4	10YR 8/2	3	1	-	-	1:1	51	1	-	-	1	1	2,22	1,07	0,11	5	1	5	1	1	48	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.2	5,92	5	10YR 8/2	3	1	-	-	1:1.5	38	1	-	-	-	2	2,94	1,18	0,29	2	1	6	1	1	60	-	-	-	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.3	25,10	4	7.5YR 7/1	3	1	1	5	1:1.5	37	3	-	-	-	11	1,19	0,6	0,38	4	1	5	4	3	52	6	4	3	3	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-
CBF_INT_2	2.1	1,09	4	10YR 8/2	3	1	-	-	1.5:1	56	1	-	-	1	1	2,22	1,07	0,11	5	1	5	1	1	43	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.2	6,81	5	10YR 8/2	3	1	-	-	1:1:5	37	1	-	-	-	2	2,70	1,21	0,31	2	1	6	1	1	61	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.3	20,11*	4	7.5YR 7/1	3	1	1	2,5	1:2	29	4	-	-	-	17	2,40	1,2	0,37	4	1	5	4	3	54	6	4	2	3	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
CBF_INT_3	3.1	0,98	4	10YR 8/2	3	1	-	-	1:1	54	1	-	-	1	2	2,22	1,07	0,11	5	1	5	1	1	44	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.2	6,91	5	10YR 8/2	3	1	-	-	1:1.5	38	1	-	-	-	2	3,10	1,19	0,30	2	1	6	1	1	60	-	-	-	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.3	9,1*	4	7.5YR 7/1	3	1	1	2	1:1.5	36	4	-	-	-	14	1,01	0,8	0,41	4	1	5	4	3	50	6	4	2	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
CBF_INT_4	4.1	2,02	4	10YR 8/2	3	1	-	-	1.5:1	57	1	-	-	1	1	2,22	1,07	0,11	5	1	5	1	1	42	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.2	6,13	5	10YR 8/2	3	1	-	-	1:1.5	36	1	-	-	-	3	2,81	1,2	0,28	2	1	6	1	1	61	-	-	-	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.3	16,1*	4	7.5YR 7/1	3	1	1	2,5	1:1.5	39	4	-	-	-	13	2,32	1,33	0,39	4	1	5	4	3	48	7	4	2	3	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-
CBF_INT_6	6.1	11,30	5	10YR 8/2	3	1	1	2	1:1.5	39	-	-	1	-	4	3,20	2,4	0,15	2	1	5	2	1	57	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6.2	15,60	3	10YR 7/2	3	1	1	10	1:1.5	39	3	-	-	-	10	4,29	1,7	0,42	4	1	4	4	3	51	6	3	2	3	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
CBF_INT_7	7.1	3,61	5	10R 7/6	3	1	-	-	1:1	44	1	-	1	-	7	1,82	1,1	0,15	2	1	5	2	1	49	-	-	1	6	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
	7.2	7,81	4	7.5YR 8/1	3	1	1	2	1:2.5	30	-	-	1	-	2	3,53	2,31	0,30	2	1	4	2	1	68	2	-	1	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7.3	22,58	3	10YR 8/3	3	1	1	10	1:1	42	2	-	2	-	10	3,05	1,55	0,19	4	1	4	4	5	48	6	1	3	4	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	7.4	11,04	2	10YR 7/3	3	1	1	2	1:1	38	3	-	-	2	15	1,82	0,96	0,15	5	1	4	4	5	47	5	3	4	2	1	3	-	-	-	-	-	-	-	2
	7.5	25,46	1	10YR 6/4	3	1	1	5	1:1	36	3	-	-	3	18	2,50	0,52	0,09	5	1	4	5	5	46	5	3	4	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3
CBF_INT_8	8.1	14,92	4	10YR 8/2	3	1	1	2	1:1.5	35	-	-	3	3	13	4,26	2,97	0,22	2	1	3	2	2	52	1	-	1	7	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	8.2	15,02	3	10YR 7/2	3	1	1	7,5	1:1	42	4	-	3	-	16	1,60	0,82	0,23	5	1	4	4	5	42	6	3	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	4
CBF_INT_9	9.1	6,98	5	10YR 8/1	3	1	-	-	1:1.5	42	-	1	-	-	2	1,35	0,9	0,17	4	1	6	1	1	56	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9.2	13,12	5	10YR 8/2	3	1	1	20	1:1	51	2	-	-	-	5	2,67	1,01	0,45	3	1	3	4	5	44	6	4	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_INT_10	10.1	5,31	3	10YR 8/2	3	1	1	2	1:2.5	42	-	-	2	2	5	3,09	2,15	0,32	2	1	3	1	2	53	3	1	1	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	10.2	11,29*	2	2.5YR 8/2	3	1	1	7,5	1:2	31	4	2	-	-	12	1,82	0,98	0,26	3	1	4	5	4	57	6	3	3	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1
CBF_INT_11	11.1	2,12	4	10YR 8/2	3	1	-	-	1:1	50	1	-	-	1	2	2,22	1,07	0,11	5	1	5	1	1	48	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.2	9,02	4	2.5YR 8/2	3	1	1	2	1:2	36	1	-	-	-	2	3,59	2,43	0,39	2	1	5	1	1	62	-	-	2	7	2	-	2	-	-	-	1	-	-	-
	11.3	8,78	3	2.5YR 8/3	3	1	1	5	1:1.5	37	3	-	-	-	7	3,80	2,34	0,44	3	1	4	4	5	56	7	4	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
CBF_INT_12	12.1	1,40	3	10YR 8/1	3	1	1	2	1:1	51	-	-	2	2	5	1,54	1,21	0,35	3	1	3	2	2	44	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12.2	22,12	3	2.5YR 8/4	3	1	1	-	1:2	40	3	2	-	-	13	1,01	0,61	0,34	6	1	4	5	5	53	5	3	2	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	4
CBF_INT_13	13.1	1,32	3	2.5YR 8/4	3	1	1	2	1:1	46	-	-	-	2	6	1,54	1,01	0,19	3	1	3	2	2	48	2	-	1	5	-	-	1	-	-	-	3	-	-	-
	13.2	22,42	3	10YR 8/4	3	1	1	7,5	1:1	41	3	2	-	-	10	1,86	0,68	0,36	6	1	4	5	5	49	6	2	3	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	2
CBF_INT_14	14.1	1,02	4	10YR 8/4	3	1	-	1	1.5:1	59	-	-	-	1	3	1,02	0,66	0,12	5	1	4	2	2	38	-	-	-	5	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-

Tab. VII.4 - Tavola riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di intonaco da diverse aree aquileiesi (*continua*).

Campione	Livello	Spessore (mm)	Coesione	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp.mineralogica	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante %	Vughs v.	Vescicles v.	Planar v.	Channels v.	Vuoti %	AGG Max (mm)	AGG. gross. (mm)	AGG fino (mm)	Classazione	Distr. Granul.	Dist. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Clasti carbonatici	Selce	Quarzo	calcite spatica	marmo	Arenaria	Frazione terrigena	Gusci di Molluschi	Frammenti fittili	Polvere fittile	Pigmento	Malte di riciclo	Carbone	Fibre Vegetali
	Desc. Macroscopica				*Legante*						*Vuoti*										*Aggregato*																	*Additivi*	
CBF_INT_15	14.2	7,92	3	7.5YR 8/2	3	1	-	-	1:1.5	39	-	-	3	1	9	3,71	2,37	0,38	2	1	3	2	2	52	1	-	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	14.3	3,7*	4	10YR 7/4	3	1	1	7,5	1:1	50	3	2	1	-	7	0,76	0,55	0,18	6	1	5	5	4	43	5	3	4	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	1
	15.1	2,86	5	10YR 8/1	3	1	-	-	2:1	60	2	-	-	-	5	0,55	0,37	0,16	5	1	4	2	2	35	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15.2	10,08	5	7.5YR 8/2	3	1	1	2	1:2.5	25	3	1	-	-	9	2,40	1,6	0,30	4	1	5	3	2	66	-	-	1	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15.3	13,53	4	10YR 8/3	3	1	1	2	1:2.5	27	3	2	-	-	11	4,77	2,62	0,42	3	2	3	4	5	62	6	4	2	-	-	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-
	15.4	7,43*	4	10YR 8/4	3	1	1	2	1:2	30	3	2	-	-	13	3,46	2,11	0,40	3	2	3	4	5	57	6	4	2	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_INT_16	16.1	3,40	3	10YR 8/1	3	1,5	-	-	1:1	43	-	2	3	-	11	2,40	1,87	0,29	3	1	4	2	1	46	1	-	1	6	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	16.2	16,77	3	10YR 8/3	3	1,5	-	1	1:1.5	33	4	3	-	-	18	4,78	2,05	0,34	3	1	4	4	4	49	6	3	3	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	16.3	18,57	3	10YR 8/4	3	1,5	1	10	2.5:1	61	2	3	2	1	12	2,07	5,05	0,29	3	2	2	3	3	27	4	1	2	4	-	2	3	-	2	-	-	-	-	1	1
CBF_INT_17	17.1	8,20			3	1	-	2	1:1	46	-	-	2	2	11	3,11	1,9	0,15	3	1	4	1	1	43	2	-	1	6	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17.2	19,01			3	1	-	10	1:1	61	3	2	-	-	10	4,39	1,31	0,32	4	1	4	4	5	49	6	4	2	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_INT_18	18.1	2,33	2	2.5Y 8/1	3	1	-	-	1:1	43	1	-	-	-	6	1,93	0,72	0,24	5	1	4	3	3	51	1	-	-	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	18.2	6,04	2	2.5Y 8/6	3	1	1	7,5	1:1	45	2	2	-	1	12	1,78	0,77	0,28	4	1	3	4	4	43	5	3	3	1	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	2
	18.3	2,86	2	2.5Y 8/6	3	1	1	2	1:1	45	2	2	1	-	13	0,76	0,43	0,18	4	1	3	4	4	42	5	3	3	1	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	2
CBF_INT_19	19.1	4,21		2.5Y 8/1	3	1		5	1:1	46	-	-	3	3	15	1,74	3,45	0,42	3	1	3	1	2	39	1	-	-	5	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	19.2	3,11		2.5Y 8/6	3	1		5	1:1	46	3	2	-	-	12	2,26	0,81	0,21	6	1	4	5	5	42	6	2	4	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	19.3	8,59		2.5Y 6/2	3	1		2	1:1.5	34	3	3	-	-	15	2,10	0,78	0,32	6	1	4	5	4	51	6	3	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	19.4	5,24		2.5Y 6/2	3	1		2	1:1.5	33	3	3	-	-	16	2,31	0,79	0,32	6	1	4	5	4	51	6	3	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CBF_INT_20	20.1	12,54	5	2.5Y 8/1	3	1	1	7,5	1:2	33	3	-	-	-	7	2,74	2,02	0,29	3	1	5	2	1	60	-	-	-	7	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	20.2	9,27	5	2.5Y 6/2	3	1	1	2	1:2	27	3	2	-	-	16	3,39	1,74	0,45	3	1	5	5	5	57	6	4	2	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	20.3	3,24	4	2.5Y 6/2	3	1	1	2	1:2	27	3	3	-	-	18	2,88	1,54	0,44	3	1	5	5	5	55	6	4	2	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Edificio templare presso il fondo Gallet																																						
GAL_INT_1	1.1	2,55	4	5YR 8/1	4	3	1	5	2:1	62	-	-	-	2	4	3,23	1,57	0,18	3	1	2	3	3	34	3	2	2	3	-	1	2	-	1	-	-	-	-	-	-
	1.2	15,93	4	10YR 8/3	3	3	1	17	1:1	51	3	2	-	-	8	2,68	0,73	0,13	5	1	3	5	5	41	5	2	4	-	-	2	2	1	-	-	-	2	-	1
	1.3	9,88	4	10YR 8/3	3	3	1	12	1:5:1	51	3	2	-	-	9	2,50	0,66	0,13	5	1	3	5	5	40	5	2	4	-	-	2	2	-	1	-	-	2	-	-
***Domus* di Licurgo e Ambrosia**																																						
L-AMB_INT_1	1.1	1,12	4	5Y 6/1	4	3	1	-	1:5:1	51	-	-	1	2	5	1,00	0,31	0,09	4	1	3	3	2	37	-	-	-	4	1	-	1	-	-	-	4	-	-	-
	1.2	6,25	4	5YR 8/1	4	3	1	2	1:1	43	1	-	1	4	14	3,42	1,82	0,12	4	1	3	3	2	41	-	-	-	5	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	1.3	9,47	4	5Y 8/1	2	3	1	10	2:1	60	3	2	-	2	12	0,94	0,55	0,17	4	1	3	4	4	30	5	2	2	1	-	1	1	1	-	-	-	3	-	-
	1.4	8,10	44	5Y 7/1	2	3	1	20	3:1	63	3	2	2	3	17	1,81	0,62	0,18	5	1	2	4	4	20	4	1	1	1	-	2	1	1	-	-	-	3	-	-
L-AMB_INT_2	2.1	4,21	4	5YR 8/4	4	3	1	-	1:1.5	35	2	-	1	3	8	3,74	2,3	0,12	3	1	4	1	2	57	1	-	1	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.2	11,97*	4	10YR 7/3	3	3	1	17	1:1	39	4	3	-	-	14	1,56	0,83	0,23	4	1	4	4	4	47	6	3	3	1	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	3
L-AMB_INT_3	3.1	1,19	4	5YR 8/4	3	3	1	5	3.5:1	73	2	-	-	1	6	1,15	0,54	0,21	5	1	2	2	2	21	1	-	-	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.2	14,87*	4	10YR 7/3	4	3	1	10	1:1	51	3	1	-	1	7	1,97	0,68	0,18	4	1	3	4	4	42	6	3	4	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	2
***Domus* presso il fondo ex-Beneficio Rizzi**																																						
B-RIZ_INT_1	1.1	1,11	5	2.5YR 8/4	5	3	1	-	2:1	65	-	-	-	1	2	0,66	0,32	0,11	3	1	3	2	2	35	-	-	-	5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.2	6,98	5	5YR 8/1	5	3	1	-	1:2	37	-	-	1	-	3	3,43	1,76	0,13	4	1	5	2	2	57	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.3	14,53	4	7.5YR 7/2	3	3	1	7,5	1:2	33	3	-	2	-	12	1,31	0,71	0,32	5	1	4	4	4	50	7	2	2	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
B-RIZ_INT_2	2.1	0,98	4	10YR 8/1	5	3	1	-	1:1	42	3	-	-	3	11	2,62	1,92	0,28	3	1	3	2	2	47	1	-	1	5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.2	6,77	4	10YR 8/4	4	3	1	-	1:1.5	35	4	3	-	-	19	4,78	2,05	0,34	5	1	4	5	4	46	5	2	4	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.2	13,89	4	10YR 8/4	3	3	1	7,5	2:1	58	-	-	2	2	10	3,01	0,72	0,21	5	1	4	5	4	32	4	1	3	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. VII.4 - Tavola riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di intonaco da diverse aree aquileiesi (*continua*).

Campione	Livello	Spessore (mm)	Coesione	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp.mineralogica	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante %	Vughs v.	Vesicles v.	Planar v.	Channels v.	Vuoti %	AGG Max (mm)	AGG. gross. (mm)	AGG fino (mm)	Classazione	Distr. Granul.	Dist. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Clasti carbonatici	Selce	Quarzo	calcite spatica	marmo	Arenaria	Frazione terrigena	Gusci di Molluschi	Frammenti fittili	Polvere fittile	Pigmento	Malte di riciclo	Carbone	Fibre Vegetali
	Desc. Macroscopica				*Legante*						*Vuoti*													*Aggregato*														*Additivi*
***Domus* di Tito Macro**																																					
COS_INT_1	1.1	1,45	4	2.5YR 8/4	4	3	1	1	1:1.5	40	-	-	-	1	3	4,21	2,32	0,16	3	1	4	1	1	57	-	-	-	7	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-
	1.2	7,53	4	2.5YR 8/2	4	3	1	2	1:1.5	38	-	-	-	2	6	3,22	1,99	0,21	3	1	4	1	1	56	-	-	-	7	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	1.3	8,66	4	2.5Y 8/2	3	3	1	15	2:1	60	1	-	1	2	7	3,12	1,74	0,28	3	1	2	4	4	33	5	2	2	2	-	1	-	-	-	-	3	-	-
	1.4	20,25	4	10YR 8/3	5	3	1	5	1:2	32	-	-	2	3	10	7,10	3,52	0,23	2	2	3	2	2	58	3	1	1	1	-	-	1	-	6	-	-	1	-	-
	1.5	6,12*	2	10YR 8/2	5	3	1	5	1:2	42	-	-	1	3	8	3,24	1,29	0,19	3	2	2	2	2	50	3	1	1	1	-	-	1	1	5	1	-	1	-	-
COS_INT_2	2.1	1,71	4	10YR 8/1	4	3	1	5	1:1.5	38	-	-	-	1	2	4,21	2,32	0,12	3	1	4	1	1	60	-	-	-	7	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-
	2.2	6,32	4	2.5YR 8/4	4	3	1	-	1:1	45	-	-	-	2	5	3,22	1,98	0,15	3	1	5	1	1	50	-	-	-	7	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	2.3	10,70	4	2.5YR 8/2	4	3	1	18	2:1	61	1	-	1	2	7	2,06	1,73	0,39	4	1	3	4	4	32	5	2	2	2	-	1	-	-	-	-	3	-	-
	2.4	16,43	4	2.5Y 8/2	3	3	1	5	1:2	30	-	-	2	3	10	14,32	5,19	0,22	2	2	3	2	2	60	3	1	1	1	-	-	1	-	6	-	-	1	-	-
	2.5	8,68*	4	10YR 8/3	5	3	1	2	1:1.5	42	-	-	-	2	6	5,04	2,84	0,17	3	2	2	2	2	52	3	1	1	1	-	-	1	1	5	1	-	1	-	-
COS_INT_3	3.1	1,70	4	2.5YR 8/4	4	3	1	-	1:1	49	-	-	-	1	3	1,86	0,91	0,17	3	1	4	1	1	48	-	-	-	6	-	-	1	-	-	2	4	-	-	-
	3.2	7,03	4	2.5YR 8/2	4	3	1	-	1:1.5	39	-	-	-	3	5	3,33	2,25	0,21	3	1	4	2	1	56	-	-	-	7	1	-	1	-	-	2	-	-	-	-
	3.3	5,35	4	2.5Y 8/2	3	3	1	20	2:1	65	-	-	2	2	6	2,12	1,04	0,26	3	1	3	4	4	29	5	2	2	2	-	1	-	-	-	-	3	-	-
	3.4	11,75	3	10YR 8/3	5	3	1	5	1:2.5	28	-	-	-	3	9	9,82	6,18	0,20	2	2	3	2	2	63	3	1	1	1	-	-	1	-	6	-	-	1	-	-
COS_INT_4	4.1	1,52	4	2.5YR 8/4	4	3	1	-	1:1	46	-	-	1	3	6	2,93	1,81	0,14	3	1	4	1	1	48	-	-	-	6	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-
	4.2	6,88	4	2.5YR 8/2	4	3	1	-	1:1	43	-	-	-	3	7	3,82	1,82	0,20	3	1	4	1	1	50	-	-	-	7	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	4.3	7,22	4	2.5Y 8/2	3	3	1	20	2:1	57	1	-	2	3	11	2,57	1,11	0,32	4	1	2	4	4	32	5	2	2	2	-	1	-	-	-	-	-	3	-	-
	4.4	18,12	3	10YR 8/3	5	3	1	5	1:2	30	-	-	3	2	9	9,45	7,01	0,25	2	2	3	2	2	61	3	1	1	1	-	-	1	-	6	1	-	1	1	-
COS_INT_5	5.1	1,00	5	5YR 8/3	5	3	1	-	1.5:1	60	-	-	2	1	2	1,23	0,79	0,09	6	1	4	1	1	38	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.2	3,07	5	5YR 8/3	4	3	1	2	1:1.5	40	2	-	2		2	4,50	1,51	0,19	3	1	3	1	1	58	1	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.3	9,79	4	10YR 8/2	5	3	1	5	1:1	49	2	2	1	-	9	3,00	1,46	0,39	4	1	4	4	4	52	6	4	2	2	-	2	1	1	-	-	-	-	-	-
	5.4	10,34	4	10YR 8/2	5	3	1	7,5	1:1	39	4	2	1	-	14	2,80	1,43	0,39	4	1	3	4	4	47	6	4	3	2	-	2	1	1	-	-	-	-	-	-
***Domus* presso l'ex-Stalla Violin**																																					
VLN_INT_1	1.1	7,04						7,5	1:1.5	41	2	-	-	-	5	1,40	0,69	0,34	5	1	4	4	5	54	7	1	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	1.2	12,71						5	1:1.5	37	3	-	-	-	6	2,58	0,84	0,24	5	1	4	4	5	57	7	1	2	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
	1.3	16,46						5	1:1	43	3	2	-	-	5	3,21	1,04	0,21	4	1	4	4	5	52	7	2	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
VLN_INT_2	2.1	3,1						2	1:1	40	-	-	2	3	13	1,72	1,09	0,50	3	1	4	1	1	47	1	-	-	5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	2.2	15,29						15	1:1	45	3	-	-	2	9	0,70	0,4	0,24	5	1	5	4	5	46	6	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.3	12,12						2	1:1.5	38	2	-	-	2	8	0,80	0,45	0,25	5	1	5	4	5	54	7	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VLN_INT_3	3.1	1,96						5	3.5:1	63	-	-	3	3	19	1,49	0,57	0,19	5	1	3	3	3	18	1	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.2	19,75						18	1:1	50	3	2	-	-	7	1,39	0,47	0,16	6	1	5	5	5	43	5	3	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
VLN_INT_4	4.1	3,81						5	6,5:1	78	-	-	2	2	10	0,58	0,31	0,19	6	1	3	4	4	12	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.2	16,3						12	3,5:1	71	3	2	-	-	9	1,08	0,6	0,28	5	1	5	4	4	20	4	2	2	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1
	4.3	17,3						18	2:1	63	3	1	-	-	7	0,67	0,4	0,20	6	1	5	4	4	30	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
VLN_INT_5	5.1	3,44						5	9:1	82	-	-	1	3	9	0,53	0,37	0,18	6	1	3	4	4	9	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.2	13,81						35	3:1	67	2	-	1	3	9	1,12	0,49	0,27	5	1	5	4	4	24	4	2	2	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1
	5.3	9,58						25	3:1	69	2	-	-	2	7	0,82	0,38	0,18	6	1	5	4	4	24	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
***Domus* sotto Piazza Capitolo**																																					
P-CAP_INT_1	P-CAP_1.1	2,10	3	2.5Y 8/3	4	3	1	5	1:1.5	37	4	-	-	3	16	3,78	1,82	0,09	3	1	3	2	2	47	3	2	1	2	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	P-CAP 1.2	9,61	3	10YR 7/4	4	3	1	10	1:2	23	5	3	-	2	21	4,54	0,95	0,28	4	1	3	5	4	44	6	3	4	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-

Tab. VII.4 - Tavola riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di intonaco da diverse aree aquileiesi (*continua*).

Campione	Livello	Spessore (mm)	Coesione	Colore di Massa	Struttura	Tessitura	Comp.mineralogica	Calcinaroli (%)	Rapporto L/A	Legante %	Vughs v.	Vescicles v.	Planar v.	Channels v.	Vuoti %	AGG Max (mm)	AGG. gross. (mm)	AGG fino (mm)	Classazione	Distr. Granul.	Dist. Areale	Sfericità	Arrotondamento	Aggregato%	Clasti carbonatici	Selce	Quarzo	calcite spatica	marmo	Arenaria	Frazione terrigena	Gusci di Molluschi	Frammenti fittili	Polvere fittile	Pigmento	Malte di riciclo	Carbone	Fibre Vegetali
		Desc. Macroscopica				*Legante*					*Vuoti*										*Aggregato*																	*Additivi*	
P-CAP_INT_2	2.4	13,04	3	10YR 8/4	3	3	1	10	1:1	43	2	-	4	3	10	0,97	0,57	0,24	5	1	4	4	4	47	6	3	3	-	-	1	2	1	-	-	-	1	-	-
	1.3	8,91*	3	5YR 6/3	3	3	1	7,5	1:2	28	4	3	-	2	19	5,13	1,17	0,26	4	1	3	5	4	47	6	3	4	-	-	1	1	1	-	-	-	1	-	2
	2.1	3,28	3	2.5Y 8/3	4	3	1	-	1.5:1	50	-	-	3	3	15	1,40	0,68	0,13	3	1	3	2	2	35	4	2	1	2	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	2.2	19,49	3	10YR 7/2	4	3	1	15	2:1	60	2	-	-	3	7	0,86	0,48	0,26	5	1	4	4	4	33	5	3	3	-	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-
	2.3	4,93	3	2.5YR 7/4	2	3	1	10	1:1	48	2	-	5	3	11	1,04	0,59	0,27	5	1	2	4	4	41	6	3	3	-	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-
Anfiteatro (edifici precedenti)																																						
BRU_INT_1	1.1	1,22		n.d.	4	3	1	1	1:2	36	1	-	-	-	3	4,12	1,89	0,17	3	1	5	1	1	61	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
	1.2	5,57		n.d.	4	3	1	2	1:2	29	3	-	-	-	7	4,16	1,86	0,19	3	1	5	1	1	64	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
	1.3	17,83		n.d.	4	3	1	7,5	1:1	40	3	-	-	-	11	3,53	0,87	0,2	5	1	5	5	4	49	7	3	3	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
BRU_INT_2	2.1	1,42	4	2.5YR 8/4	4	3	1	1	1:1.5	41	"	-	-	1	3	4,12	2,44	0,17	3	1	4	1	1	56	-	-	-	7	-	-	1	-	-	-	-	4	-	-	-
	2.2	7,36	4	2.5YR 8/2	4	3	1	2	1:2	35	"	-	1	2	5	3,18	2,02	0,23	3	1	4	1	1	60	-	-	-	7	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.3	8,66	4	2.5Y 8/2	4	3	1	2	1:1.5	33	3	-	-	1	12	1,98	0,88	0,33	5	1	5	5	4	55	5	2	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.4	18,04	4	10YR 8/3	4	3	1	7,5	1:1.5	32	4	2	2	-	16	8,10	5,24	0,27	3	2	3	2	1	52	2	-	1	1	-	-	1	1	7	-	-	-	-	-	-
	2.5	8,12*	2	10YR 8/2	4	3	1	5	1:2	33	3	1	2	-	9	3,24	1,29	0,24	5	2	3	2	1	58	6	2	2	-	-	1	1	4	1	-	-	-	-	-	-
BRU_INT_3	3.1	11,02		n.d.	4	3	1	1	1:2	32	3	-	-	-	8	1,51	0,86	0,17	4	1	5	1	1	60	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.2	14,01		n.d.	4	3	1	-	1:2	28	4	3	-	-	19	3,83	2,59	0,22	6	1	5	5	4	53	6	5	2	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
BRU_INT_4	4.1	7,11		n.d.	4	3	1	2	1:2	35	"	2	-	-	4	3,6	1,6	0,28	3	1	4	2	2	61	1	-	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.2	16,83		n.d.	4	3	1	10	1:1	42	3	1	-	-	11	3.22	1,93	0,23	4	2	3	4	4	47	7	4	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.3	15,98		n.d.	4	3	1	12	1:1.5	37	2	1	-	-	7	8,76	4,46	0,24	4	2	3	4	4	56	7	4	3	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
BRU_INT_5	5.1	1,96		n.d.	4	3	1	5	1:2	30	1	-	-	1	4	3.15	1,61	0,33	4	1	4	1	1	66	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.2	11,57		n.d.	4	3	1	10	1:1.5	36	3	2	-	1	8	8,56	3,15	0,22	3	1	3	4	4	56	7	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.3	3,98		n.d.	4	3	1	10	3:1	57	4	4	-	1	25	0,55	0,31	0,2	6	1	2	4	4	18	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRU_INT_6	6.1	5,28		n.d.	4	3	1	2	1:2	32	"	-	-	1	3	3.65	2,39	0,31	3	1	5	2	2	65	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6.2	10,53		n.d.	4	3	1	10	1:1.5	39	2	2	-	-	6	2,01	0,65	0,25	5	1	5	5	4	55	7	4	3	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
BRU_INT_7	7.1	1,42		n.d.	4	3	1	5	1:1.5	37	3	1	-	-	9	5,3	3,04	0,19	3	2	3	4	5	54	6	2	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1
	7.2	1,62		n.d.	4	3	1	7,5	1.5:1	53	4	-	-	-	12	3,25	1,6	0,21	3	2	2	2	4	35	5	2	2	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	3
BRU_INT_8	8.1	8,12		n.d.	4	3	1	2	1:2	36	2	-	-	-	5	2,99	1,42	0,25	4	1	4	2	1	59	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8.1	4,99		n.d.	4	3	1	5	1:1.5	36	3	1	-	-	9	3,12	0,98	0,19	4	1	4	4	5	55	7	3	3	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	1
	8.2	10,31		n.d.	4	3	1	5	1:2.5	28	3	-	-	-	8	11,26	2,87	0,22	3	2	3	4	5	64	7	3	3	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	1
	8.3	19,12		n.d.	4	3	1	7,5	1:1	48	4	1	2	-	12	4,95	1,87	0,24	3	2	2	4	4	40	5	2	2	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	1
Complesso Teodoriano																																						
TEOD_INT_1	1.1	0,80	4	2.5YR 8/4	5	3	1	5	1.5:1	58	-	-	-	-	2	6	0,71	0,52	0,31	6	1	4	5	5	36	5	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	1.2	1,30	4	2.5YR 7/3	4	3	1	15	1.5:1	52	3	2	-	-	8	2,01	0,56	0,20	6	1	4	5	5	40	5	2	3	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	3
	1.3	1,60*	4	2.5YR 8/3	2	3	1	35	2.5:1	61	4	3	-	-	15	2,56	0,54	0,18	6	1	2	5	5	24	4	1	2	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-
TEOD_INT_2	2.1	1,90	4	2.5YR 8/4	5	3	1	10	2:1	62	-	-	-	2	3	0,66	0,51	0,34	6	1	4	5	5	35	5	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.2	28,65	4	2.5YR 7/3	4	3	1	18	1:1	49	3	3	-	-	7	1,00	0,49	0,20	6	1	4	5	5	44	6	2	3	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
TEOD_INT_3	3.1	1,70	4	2.5YR 8/4	5	3	1	5	2:1	60	-	-	2	2	6	0,76	0,55	0,34	6	1	4	5	5	34	5	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.2	11,74	4	2.5YR 7/3	5	3	1	18	1.5:1	57	1	1	-	-	4	0,88	0,53	0,20	6	1	4	5	5	39	5	2	3	-	-	-	1	1	-	-	-	2	-	2
	3.3	20,11	4	2.5YR 8/3	2	3	1	30	2.5:1	68	2	1	-	-	5	1,21	0,53	0,18	6	1	2	5	5	27	4	1	2	-	-	-	2	1	-	-	-	2	-	-
Grandi Terme																																						
GTR_INT_1	1.1	2,97	4	10YR 7/2	5	1	3	7,5	2.5/1	61	-	-	2	1	7	2,59	1,30	0,41	6	1	5	5	5	32	5	3	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. VII.4 - Tavola riassuntiva dei risultati delle analisi in microscopia ottica dei campioni di intonaco da diverse aree aquileiesi (*continua*).

| Campione | Livello | Desc. Macroscopica | | |

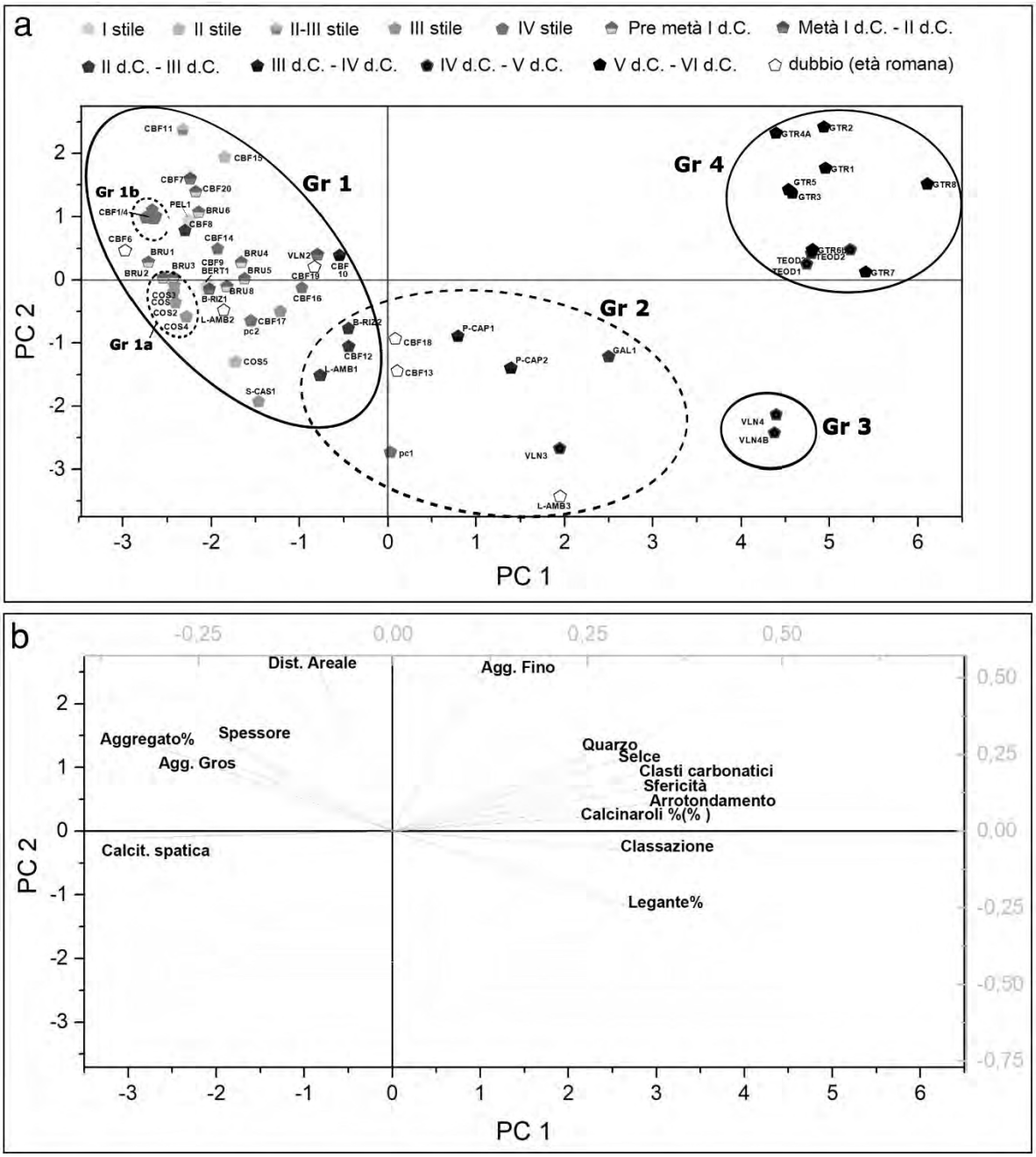


Fig. VII.12 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate sui campioni di intonachino degli intonaci aquileiesi in relazione a: a) cronologia; b) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 45% della varianza totale. I gruppi individuati in base a sample-clustering sono cerchiati da ellissi. Nel caso di intonaci pluristratificati, i campioni si intendono indicativi della totalità degli strati dell'intonachino.

Solo in alcuni campioni (CBF_INT_9.1; PEL_INT_1.2; BERT_INT_1.1) si può osservare una sensibile classazione e un'eccellente miscelazione areale dell'aggregato, a testimonianza di una prolungata ed intima miscelazione del composto prima della messa in opera (fig. VII.13, a-b). In un limitato numero di casi sono presenti granuli di marmo, riconoscibili dai clasti policristallini composti da singoli cristalli di calcite chiaramente deformati dal metamorfismo secondario (CBF_INT_7.2; 8.1; 11.1; 14.1; L-AMB_INT_2.1)[65]. In rarissimi casi è presente qualche traccia di sabbia carbonatica o granuli singoli di quarzo. Nel complesso, l'aggregato (stimato in media tra

[65] Si ringrazia il prof. F. Antonelli del laboratorio L.A.M.A (Laboratory for the Analysis of Ancient Materials) di Venezia per la consulenza fornita a riguardo.

50-65% vol.) è miscelato al legante in rapporti variabili tra 1:1.5 e 1:2.5 caratteristici di miscele normali o leggermente magre. Non si osservano additivi vegetali.

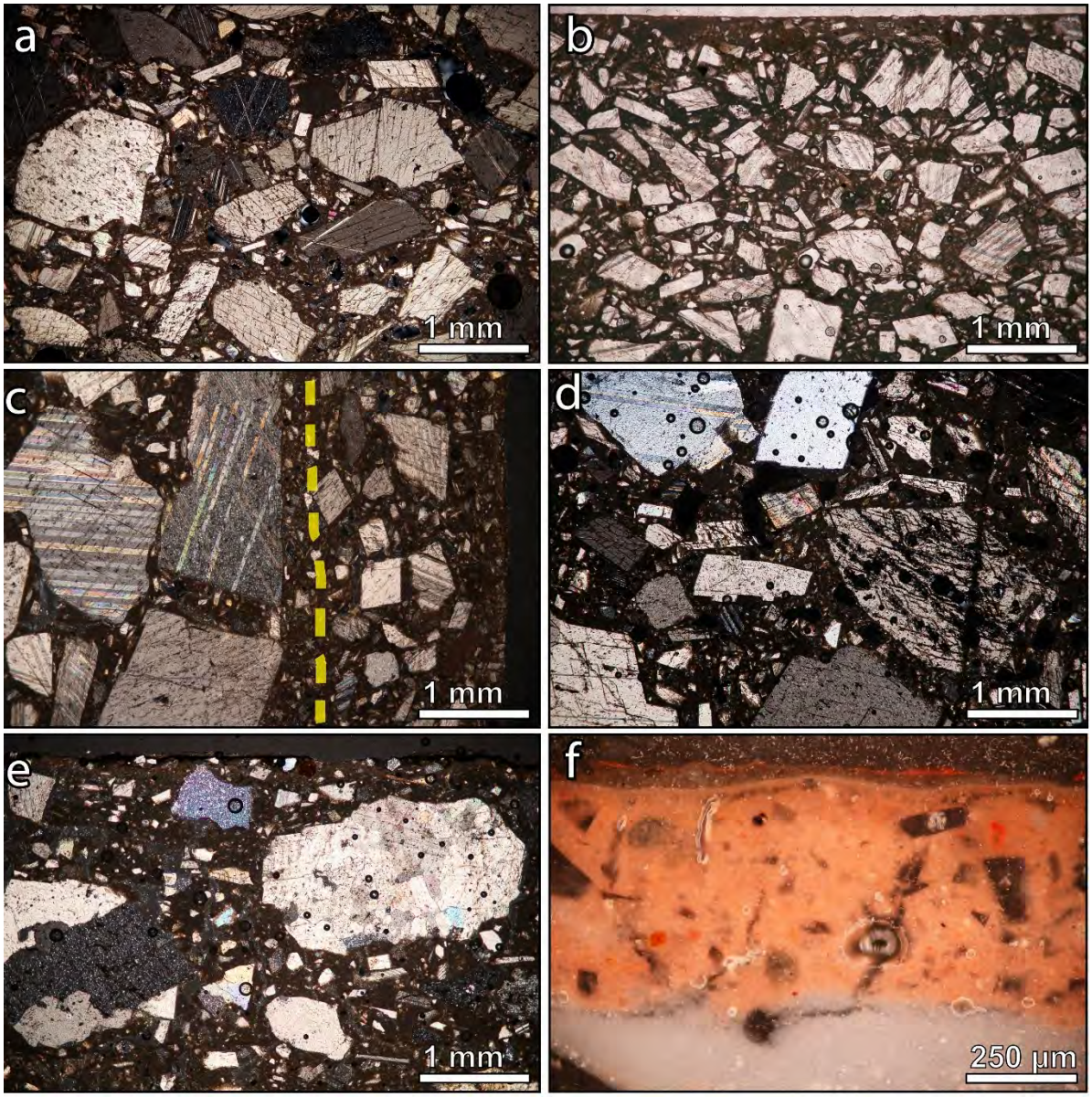


Fig. VII.13 - Acquisizioni in microscopia ottica (OM) a luce trasmessa polarizzata (TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN) associate ad acquisizioni a luce riflessa (RL) per l'indagine della presenza di pigmenti negli strati preparatori del *tectorium*. a) BERT_INT_1.2 (TL-XN); b) CBF_INT_9.1 (TL-PN); c) CBF_INT_11.1 (dx); 11.2 (sx) (TL_XN); d) CBF_INT_1.2 (TL-XN); e) COS_INT_4.1/2 (TL_XN); f) BRU_INT_1.1 (RL).

Sottogruppo 1a – campioni COS_INT_1.1/2; 2.1/2; 3.1/2; 4.1/2; BRU_INT_2.1/2

I campioni del gruppo 1a si caratterizzano per una estrema assonanza composizionale in tutte le caratteristiche descrittive. Già macroscopicamente, l'intonachino risulta steso in due livelli di cui, quello superficiale, è composto da una malta pigmentata (fig. VII.10, e) di colore rosato (*pinkish white*, 2.5YR 8/2).

Microscopicamente, i campioni in oggetto risultano assolutamente affini sia per ciò che concerne gli aspetti dimensionali dell'aggregato, la distribuzione e la tipologia delle porosità e le modalità di selezione e miscelazione degli strati di preparazione (cfr. tab. VII.4). Tra i clasti di calcite spatica impiegata con funzione di aggregato se ne riconoscono alcuni di marmo (fig. VII.13, e).

Sottogruppo 1b – campioni CBF_INT_1.1/2; 2.1/2; 3.1/2; 4.1/2

I campioni del sottogruppo 1b sono estremamente simili sotto il profilo composizionale. Macroscopicamente, l'intonachino è steso in due strati (fig. VII.10, g), per uno spessore complessivo di circa 8 mm e una colorazione bianco vivo (*white*, 2.5YR 8/1).

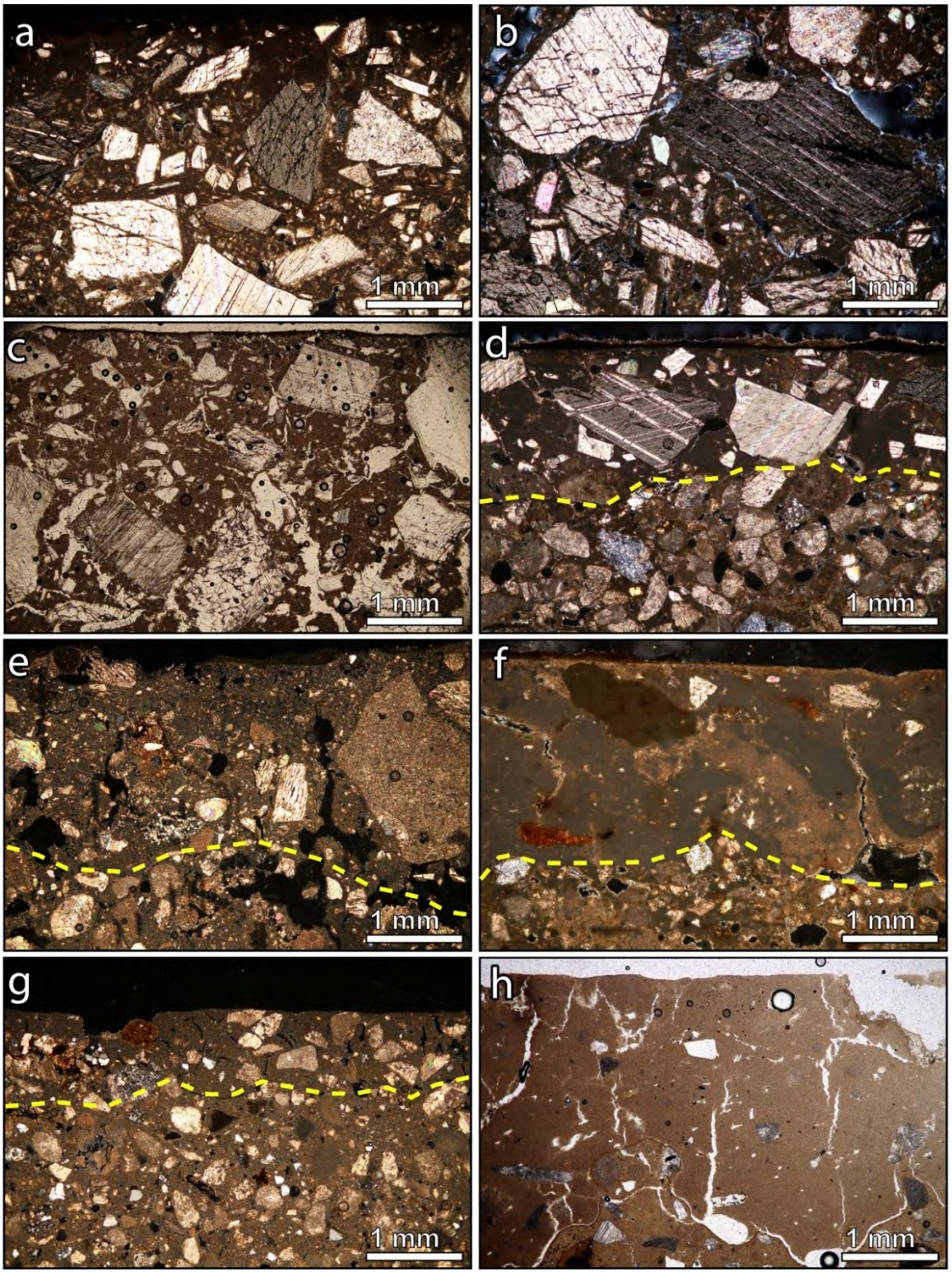


Fig. VII.14 – Acquisizioni in microscopia ottica (OM) a luce trasmessa polarizzata (TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN). a) B-RIZ_INT_1.2 (TL-XN); b) CBF_INT_7.2 (TL-XN); c) L-AMB_INT_1.1 (TL-PN); d) in alto CBF_INT_12.1, in basso CBF_INT_12.2 (TL-XN); e) in alto P-CAP_INT_2.1, in basso P-CAP_INT_2.2 (TL-XN); f) in alto GAL_INT_1.1, in basso GAL_INT_1.2 (TL_XN) ; g) in alto TEOD_INT_1.1, in basso TEOD_INT_1.2 (OM-XN); h) VLN_INT_4.1 (TL-PN).

Sotto il profilo microscopico, si caratterizzano da tutti gli altri (cfr. tab. VII.4) per una ottima miscelazione della calcite spatica negli impasti con una classazione ridotta che determina una distribuzione granulometrica unimodale con frazione grossolana rappresentata da clasti millimetrici di calcite (⌀ 2,70-3,10 mm) e una frazione fina rappresentata da clasti di dimensione ridotta (⌀ 0,30 mm ca), dove risulta però assente la polvere di calcite caratteristica dei campioni del Gr 5 (fig. VII.13, d).

Gruppo 2 – campioni GAL_INT_1.1; VLN_INT_3.1; L-AMB_INT_3.1; p.c.412_INT_1.1; P-CAP_INT_1.2; P-CAP_INT_2.1; CBF_INT_13.1; 18.1 a cui si possono associare anche B-RIZ_INT_2.1; CBF_INT_12; L-AMB_INT_1.1/2

Questo gruppo riunisce campioni con basso tasso di clusterizzazione e che quindi possono presentare al loro interno varianze degli aspetti tessiturali/composizionali alquanto sensibili.

Macroscopicamente i campioni del Gr 2 si caratterizzano per un livello di intonachino steso quasi sempre in un solo strato, raramente in due (L-AMB_INT_1.1/2), per uno spessore compreso tra 0,98-7,37 mm, con una media compresa tra i 2,0 e 3,0 mm (fig. VII.11, b-e). Il colore di massa è biancastro (*white*, 2.5YR 8/1) e la consistenza è mediamente friabile. Alcuni campioni presentano il livello di intonachino caratterizzato dalla presenza di pigmento (ocra rossa?) miscelato all'impasto, al fine di ottenere l'effetti della c.d. "malta pigmentata"[66] (L-AMB_INT_3.1; CBF_INT_13.1).

Sotto il profilo microscopico, il legante si presenta micritico, carbonatico, a tessitura omogenea. La porosità è mediamente diffusa (5-15% vol. ca) con vuoti prevalentemente del tipo *channels* o *planar voids,* caratteristici di fenomeni di ritiro in fase di presa. Rispetto ai campioni del Gr 1, nelle miscele del Gr 2 la distribuzione areale dell'aggregato è meno rigorosa e nel complesso queste miscele si presentano più grasse, con presenza di legante tra 40-50% vol. ca o addirittura maggiore (GAL_INT_1.1; VLN_INT_3.1), che determina un rapporto L/A variabile tra 1:1 o maggiore, caratteristico di miscele grasse. Tuttavia, l'occorrenza di grumi di legante non miscelati è ridotta (2-5% vol. ca) a testimonianza di una buona miscelazione degli impasti prima della messa in opera. L'aggregato, stimato complessivamente tra 35-50% vol. ca (18% in vol. VLN_INT_3.1) è miscelato al legante in rapporti variabili, ma compresi tra 1:1.5 o di 1:1. Dal punto di vista petrografico, la frazione d'aggregato è rappresentata da clasti di calcite spatica miscelata a granuli carbonatici, di quarzo, di selce e, talvolta, di arenaria (fig. 13, e-f). Diversi campioni presentano alcuni clasti di marmo (P-CAP_INT_1.1; P-CAP_INT_2.1; L- AMB_INT_3.1; CBF_INT_18.1), riconoscibili dai granuli policristallini composti da singoli cristalli di calcite chiaramente deformati dal metamorfismo secondario[67]. Modestissima è in alcuni casi la presenza di infiltrazioni di natura terrigena negli impasti (argilla). Non sono presenti additivi.

Alcuni campioni (B-RIZ_INT_2.1; CBF_INT_12; L-AMB_INT_1.1/2) presentano pressoché esclusivamente calcite spatica tra i clasti di aggregato. Ciò determina un più sensibile avvicinamento alle miscele del Gr 1 (cfr. fig. VII.12, a). Tuttavia, diverse caratteristiche (spessore complessivo; %legante; %aggregato) consento di accostarle maggiormente ai campioni del Gr 2 (cfr. fig. VII.12, b).

Gruppo 3 – campioni VLN_INT_4.1; 5.1

I campioni del Gr 3 macroscopicamente presentano un solo livello di intonachino, steso in uno strato alquanto sottile (3,4-3,8 mm), di colore bianco vivo. La ridotta occorrenza di frazione smagrante ne permette la definizione come "grassello di calce"[68] leggermente caricato.

Dal punto di vista microscopico il legante si presenta carbonatico, omogeneo a tessitura microcristallina. Piccoli grumi di legante sono presenti in quantità ridotta (5%). La porosità è moderatamente diffusa (10% vol. ca) con microfessurazioni di tipo *channels-planar voids* derivate dal ritiro in fase di presa (fig. VII.14, h). Ciò che caratterizza queste miscele è la pressoché totale assenza della frazione di aggregato (stimata al 10-12% vol. ca) tale da determinare un

[66] PIOVESAN, MAZZOLI, MARITAN, CORNALE 2012, in part. pp. 724, 729.

[67] Si ringrazia il prof. F. Antonelli del laboratorio L.A.M.A (Laboratory for the Analysis of Ancient Materials) di Venezia per la consulenza fornita a riguardo.

[68] GINOUVES, MARTIN 1985, pp. 45.

rapporto L/A estremamente alto (5:1). I pochi clasti presenti sono prevalentemente carbonatici, con tracce di selce e quarzo. L'elevato grado di sfericità ed arrotondamento ne dimostra la provenienza da depositi fluviali. Non sono state osservate tracce di additivi.

Gruppo 4 – Campioni GTR_INT_1.1;2.1, 3.1; 4.1;5.1;7.1; 8.1; TEOD_INT_1.1; 2.1; 3.1

Negli intonaci del Gr 4 l'intonachino, macroscopicamente, appare steso in un unico strato di spessore millimetrico (0,80-5,2 mm) con una media attestata sui 2,0-3,0 mm (fig. VII.11, g-h). Dal punto di vista petrografico, il legante si presenta micritico, carbonatico, a tessitura perfettamente omogenea. La presenza di grumi di legante non miscelato è moderata (5-10% vol. ca). La porosità è ridotta o moderata (3-10% vol. ca), con prevalenti microvuoti da ritiro di tipo *planar voids*/*channels*. L'aggregato (25-35% vol. ca) si presenta classato ed arealmente ben distribuito. È rappresentato da prevalente sabbia media, di forma sub-sferica e ben arrotondata. Abbondanti sono i granuli carbonatici, con secondari clasti di selce e quarzo (fig. VII.14, e). Il rapporto L/A è variabile e in genere compreso tra 1:1 e 2:1.

Gruppo 5 – Campioni B-RIZ_INT_1.2; 2.2; CBF_INT_7.3/4; 8.1/2; 9.2; 10.2; 17.2, 18.2/3; 19.3/4; 20.2/3; S-CAS_INT_1.3/4; Pc412_INT_1.2; 2.2/3; BRU_INT_1.3; 2.3; 3.2; 4.2; 6.2; 7.1; 8.2/3; L-AMB_INT_2.2; 3.2; P-CAP_INT_1.2/3; 2.3/4; VLN_INT_1.1/2/3; 2.2/3; GTR_INT_2.2 + circa BRU_INT_7.2; 8.3; GTR_INT_1.2; 2.2; 3.2; 4A.2; 5.2; P-CAP_INT_2.2; L-AMB_INT_1.3

I campioni del Gr 5 presentano caratteristiche, anche macroscopicamente, piuttosto variabili, ma nel complesso hanno un aspetto arenaceo derivate da abbondante aggregato sabbioso che ne permette la definizione di tradizionali malte di calce[69].

Il legante si presenta sempre carbonatico, micritico, a tessitura generalmente omogenea. La presenza di grumi è variabile, ma generalmente compresa tra 5-10% vol. ca. Anche la porosità è altamente variabile, così come la tipologia di vuoti, ma in genere è compresa tra 5-20% vol. ca. L'aggregato, anch'esso distribuito in proporzioni variabili, è costantemente rappresentato dai campioni di questo gruppo da sabbia-medio fina (⌀ 0,15-0,35 mm ca), arrotondata e sub sferica, di sicura provenienza da depositi fluviali (fig. VII.16, a-b); sporadica è l'occorrenza di aggregato più grossolano. La classazione è sempre sostenuta, e la distribuzione areale nelle miscele mediamente omogenea. Petrograficamente, l'aggregato è rappresentato da prevalenti clasti carbonatici, con concentrazioni secondarie e variabili di selce e quarzo, e minima occorrenza di arenaria. In tracce sono presenti feldspati e miche. A prescindere dai casi specifici, in alcuni campioni è presente una moderata frazione di natura terrigena, con presenza in traccia di miche, il cui impiego non appare intenzionale, e dovuta probabilmente ad un non ottimale lavaggio delle sabbie prima della messa in opera dei composti. Tracce in negativo di fibre vegetali sono spesso presenti in alcuni campioni.

Gruppo 5a – campioni COS_INT_1.3; 2.3; 3.3; 4.3 + circa GTR_INT_5.2

I campioni di questo gruppo, macroscopicamente non si distinguono da quelli del Gr 5. Ciò che li caratterizza è la presenza, non trascurabile, di calcite spatica nell'impasto, sempre comunque secondaria rispetto alla comune frazione carbonatica (calcare, dolomia) e frazione silicatica (selce e quarzo). Frammenti di intonaco di riciclo sono presenti in quantità non trascurabili (fig. VII.16, c).

Gruppo 5b – campioni CBF_INT_1.3; 2.3; 3.3, 4.3; 11.3; 15.3/4; 16.2; BERT_INT_1.3; PEL_INT_1.2; BRU_INT_4.3; 5.2; COS_INT_5.3/4 + circa S-CAS1.4; CBF_INT_9.2; CBF_INT_6.2

Macroscopicamente, i campioni di questo gruppo hanno un colore di massa grigiastro o grigio giallastro (*very pale brown*, 10YR 8/2) e si presentano mediamente friabili.

Il legante è micritico, carbonatico e a tessitura omogenea. La presenza di grumi di legante non miscelato è ridotta (1-7.5% vol. ca); sotto questo punto di vista si caratterizzano i campioni CBF_INT_9.2; S-CAS_INT_1.4; e CBF_INT_6.2 per la presenza di più diffusi grumi di legante non miscelato (10-20%). Solo nei campioni BRU_INT_4.2/3; 5.2 appare leggermente superiore (10%

[69] GINOUVES, MARTIN 1985, p. 51.

vol. ca). Caratterizzante nei composti del Gr 5b è l'occorrenza di aggregato poco classato (50-65% vol. ca in media), con una distribuzione granulometrica tendenzialmente bimodale per la presenza, in alcuni campioni, di sporadica ghiaia fina (fig. VII.16, d). L'aggregato fino risulta rappresentato da sabbia medio-grossolana (⌀ 0,35-0,42 mm ca), con distribuzione areale abbastanza omogenea e una classazione ridotta. Petrograficamente, è rappresentato da prevalente frazione carbonatica, con sostenuta occorrenza di selce e una moderata occorrenza di quarzo. Clasti di arenaria sono stati anche frequentemente osservati. In traccia sono presenti feldspati e miche. La presenza di aggregato grossolano determina, per queste miscele, un rapporto L/A compreso tra 1:1.5 e 1:2.5, caratteristico di miscele normali o leggermente magre.

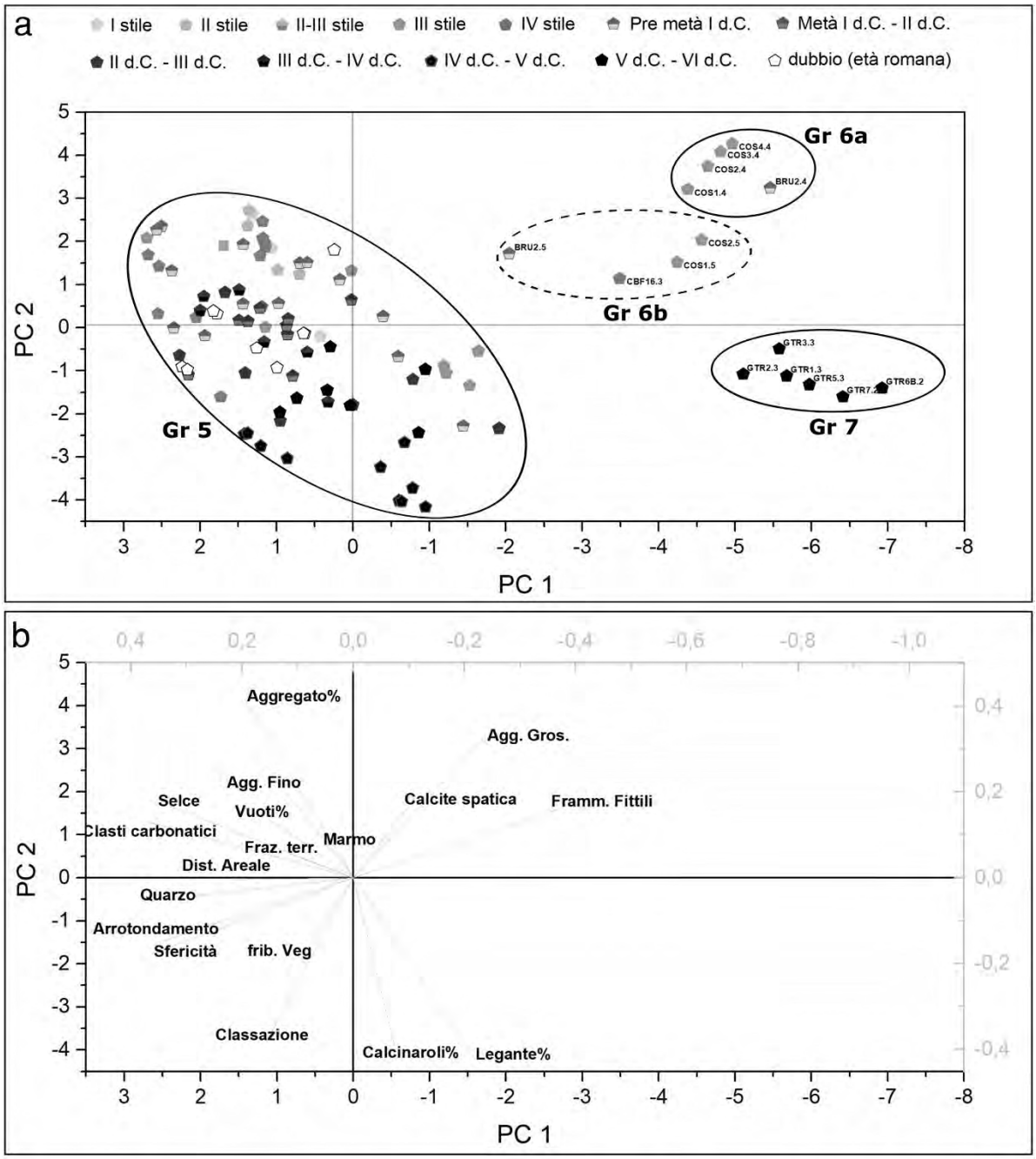


Fig. VII.15 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate sui campioni di intonachino degli intonaci aquileiesi in relazione a: a) cronologia; b) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 49% della varianza totale. I gruppi individuati in base a sample-clustering sono cerchiati da ellissi.

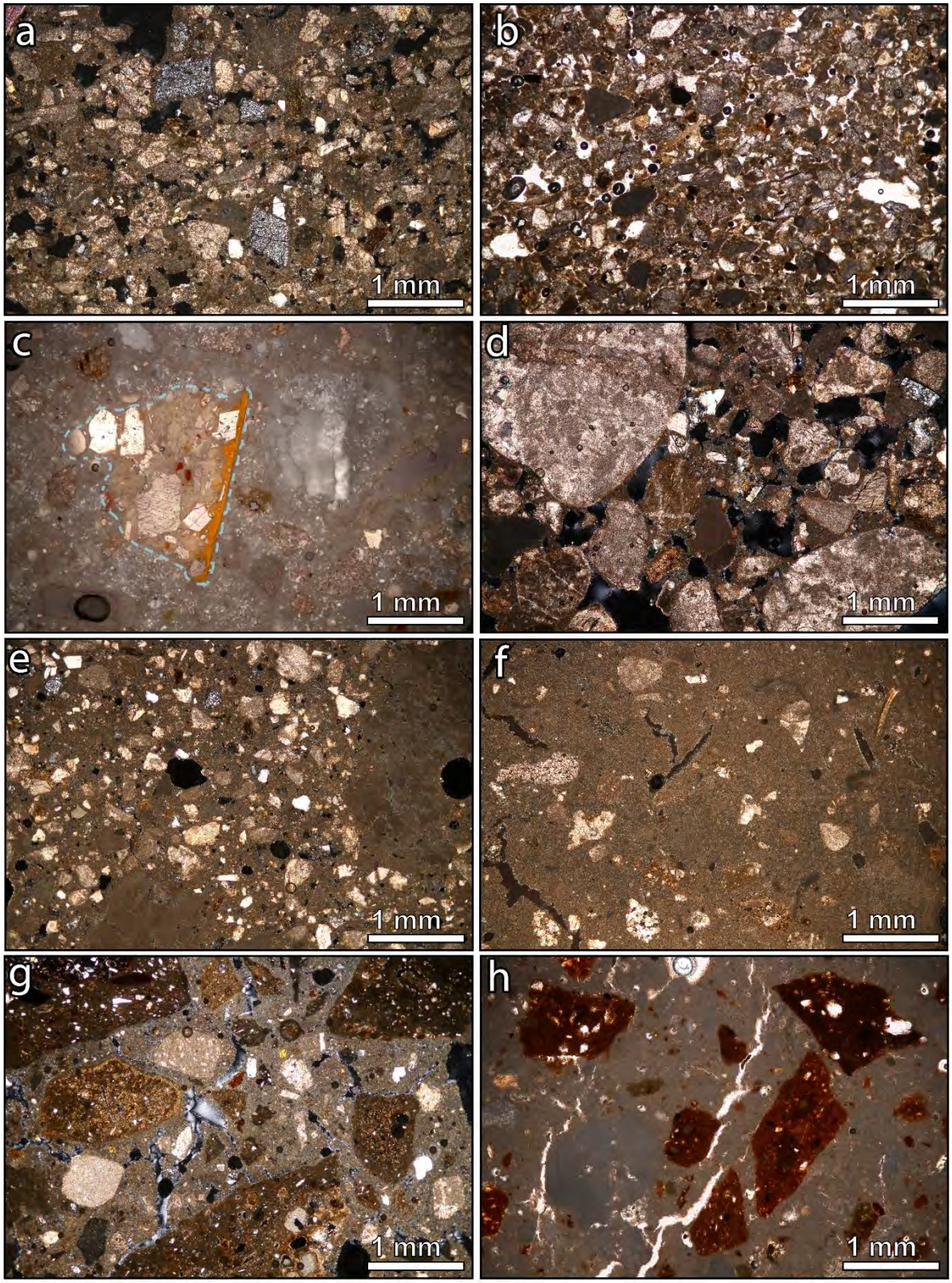


Fig. VII.16 - Acquisizioni in microscopia ottica (OM) a luce trasmessa polarizzata (TL) a nicol incrociati (XN) o paralleli (PN) associate ad acquisizioni a luce riflessa (RL). a) p.c.412_INT_1.2 (TL-XN); b) CBF_INT_19.3 (TL-XN); c) COS_INT_3.3 (RL); d) CBF_INT_15.3 (TL-XN); e) TEOD_INT_1.2 (TL-XN); f) L-AMB_INT_1.4 (TL-XN) ; g) COS_INT_1.4 (TL-XN); h) VLN_INT_4.1 (TL-PN).

Gruppo 5c – campioni TEOD_INT_1.2; 2.2; 3.2; VLN_3.2; GAL_1.2; 1.3 + circa CBF_7,5; 12.2; 13.2; 14.3, 19.2; GTR_4A.2; B-RIZ 2.2

Macroscopicamente, i campioni di questo gruppo presentano un aspetto arenaceo, un colore grigio chiaro (*white*, 5YR 8/1), e una discreta tenacità. Si osserva la frequenza diffusa di aree biancastre interpretabili come grumi di legante non miscelato.

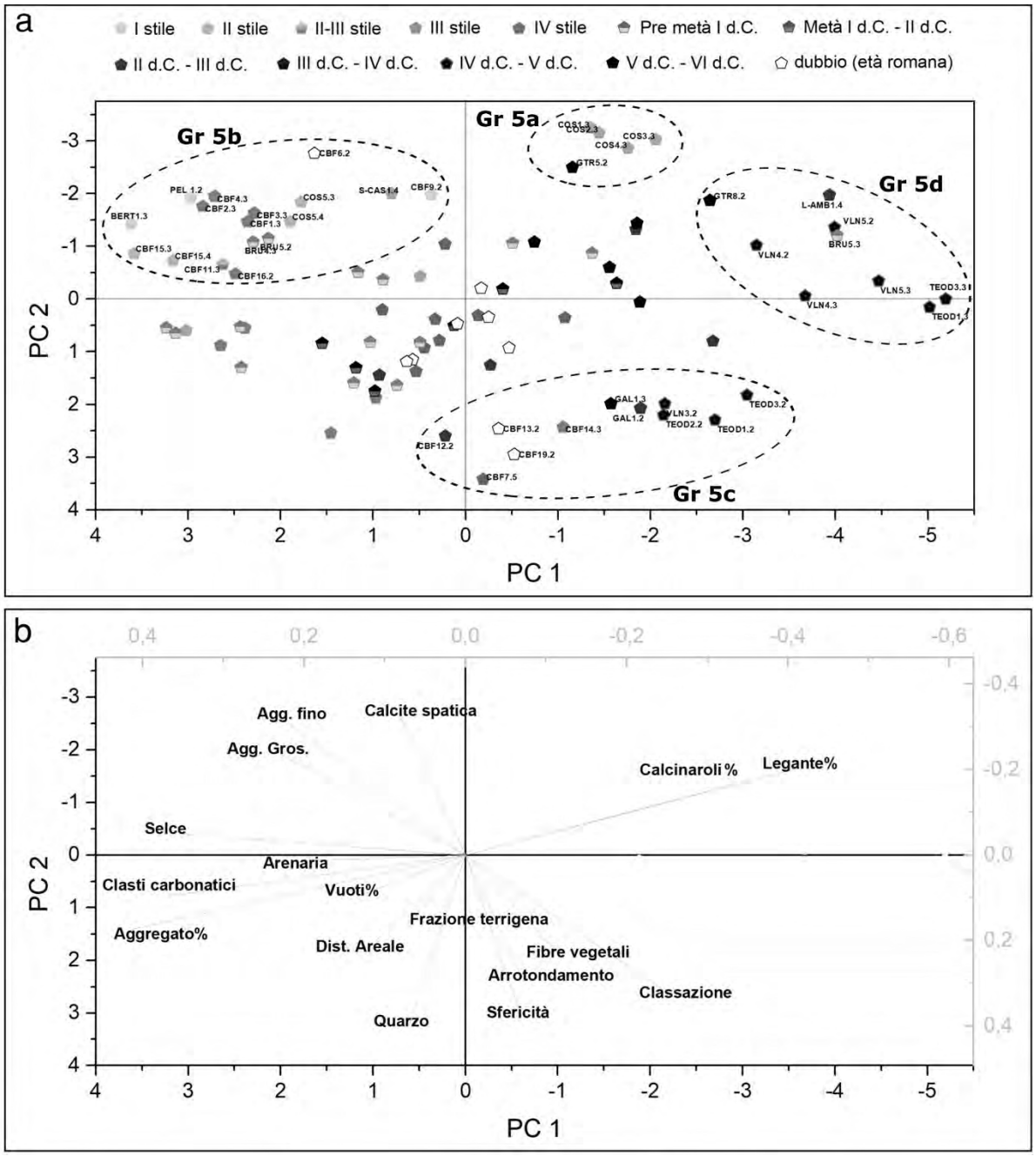


Fig. VII.17 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate sui campioni di arriccio e rinzaffo degli intonaci aquileiesi del GR 5 in relazione a: a) cronologia; b) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 41,15% della varianza totale. I gruppi individuati in base a sample-clustering sono cerchiati da ellissi.

Sotto il profilo microscopico, si osserva un legante carbonatico, micritico, a tessitura perfettamente omogenea. Grumi di legante non miscelato sono diffusamente presenti nella matrice (12-18% vol. ca). La porosità è sempre piuttosto ridotta (5-8% vol. ca), con prevalenti vuoti di tipo *vughs*. Ciò che caratterizza i campioni di questo gruppo è la classazione molto elevata dell'aggregato fino, a distribuzione granulometrica unimodale (fig. VII.16, e) e rappresentato

pressoché esclusivamente da sabbia fine (⌀ 0,13-0,20 mm), con il solo campione CBF_INT_7.5 dove si presenta dimensionalmente finissima (⌀ 0,09 mm). Il discreto grado di sfericità e arrotondamento dimostra la provenienza da depositi fluviali. Petrograficamente, l'aggregato, stimato a 40-45% vol. ca (tranne nel campione GTR_INT_4A dove è stimato a 28% vol.), è rappresentato da prevalente sabbia carbonatica, con secondaria selce e quarzo, con quarzo leggermente prevalente sulla selce soprattutto in alcuni campioni (CBF_7,5; 12.2; 13.2; 14.3, 19.2; GTR_4A.2; B-RIZ 2.2). Una moderata frazione di origine terrigena è stata osservata in pressoché tutti i campioni di questo sottogruppo, con occorrenza in traccia di miche e feldspati. Il colore di massa biancastro è determinato dall'abbondanza di matrice legante, tale da determinare dei rapporti L/A di 1:1 o superiori, caratteristici di miscele grasse. Diverse fibre di natura vegetale (paglia) sono state riconosciute come tracce in negativo su gran parte dei campioni.

Gruppo 5d – campioni VLN_5.2; 5.3; 4.2; 4.3; TEOD_INT_1.3; 3.3; GTR_INT_8.2; BRU_INT_5.3; L-AMB_1.4; GTR_8.2

Le miscele del gruppo 5d macroscopicamente presentano un aspetto arenaceo, un colore biancastro, e una discreta tenacità. Si osservano diffuse aree biancastre interpretabili come grumi di legante non miscelato.

Sotto il profilo microscopico, il legante carbonatico, appare micritico, a tessitura perfettamente omogenea. Grumi di legante non miscelato sono estremamente diffusi nella matrice (20-35% vol. ca). La porosità è moderata (5-17% vol .ca), con vuoti sia di tipo *vughs/vescicles* con prevalenti vuoti di tipo *channels/planar voids*, determinati da evidenti fenomeni di ritiro in fase di presa. Ciò che caratterizza i campioni di questo gruppo è la presenza di aggregato sporadico (20-40% vol. ca), con assoluta dominanza della frazione legante, tale da determinare rapporti L/A compresi tra 2.5:1 e 3:1 che sono caratteristici di miscele molto grasse (fig. VII.16, f). L'aggregato risulta rappresentato da sabbia fine (⌀ 0,18-0,20 mm ca), con il solo campione L-AMB_INT_1.4 dove si presenta dimensionalmente media (⌀ 0,40 mm). La classazione è estremamente elevata, con una distribuzione granulometrica unimodale. L'elevato grado di sfericità e arrotondamento dimostra la provenienza da depositi fluviali. Petrograficamente, l'aggregato è rappresentato da prevalente sabbia carbonatica, con secondaria selce e quarzo (con quarzo leggermente prevalente sulla selce). Una moderata frazione di origine terrigena è stata osservata in pressoché tutti i campioni di questo sottogruppo, con presenza in traccia di miche.

Fibre di natura vegetale (paglia) sono state riconosciute come tracce in negativo in buona parte dei campioni.

Gruppo 6a – campioni COS_INT_1.4; 2.4; 3.4; 4.4; BRU_INT_2.4

Le miscele del Gr 6a macroscopicamente appaiono come delle miscele ad elevata frazione fittile (< 5mm diametro) che ne permette la descrizione come "cocciopesti". Hanno aspetto conglomeratico grossolano, un colore di massa giallastro (*Reddish yellow*, 10YR 8/2) per via della frazione fittile e si presentano mediamente friabili (fig. VII.10, e).

Sotto il profilo microscopico, il legante si presenta carbonatico, microcristallino a tessitura mediamente omogenea. I grumi di legante non miscelati sono rari (2-5%). La porosità è mediamente diffusa con prevalenti vuoti da ritiro di tipo *channels-planar voids* (9-10%). Si distingue il campione BRU_INT_2.4 per porosità più diffusa (16% vol. ca), con prevalenti vuoti di tipo *vughs/vescicles* sub-circolari. L'aggregato (50-60% vol. ca) è rappresentato da prevalente frazione fittile di dimensione millimetrica (5-1 mm), e secondaria frazione sabbiosa (sabbia medio-fina, ⌀ 0,20 mm), rappresentata da prevalente componente carbonatica, con secondarie tracce di quarzo e selce. Alcuni campioni si caratterizzano per l'occorrenza di sporadici clasti di malte di riciclo. Una minima componente terrigena è inoltre presente. L'abbondante aggregato grossolano determina un rapporto L/A di 1:2 o 1:2.5 tipico di malte normali o debolmente magre.

Gruppo 6b – campioni COS_INT_1.5, 2.5; CBF_INT_16.3; BRU_INT_2.5

Le miscele del Gr 6b macroscopicamente appaiono come delle miscele ad elevata frazione fittile di dimensione millimetrica o sub-millimetrica (< 2mm diametro) che ne permette la descrizione come "cocciopesti" a tessitura fina. Questi composti hanno aspetto arenaceo, colore di

massa giallastro (*Reddish yellow*, 10YR 8/3) per via della frazione fittile e si presentano mediamente friabili (fig. VII.10, e).

Sotto il profilo microscopico, il legante si presenta carbonatico, microcristallino a tessitura mediamente omogenea. I grumi non miscelati sono rari (2-5%), e in concentrazioni elevate nel solo campione CBF_INT_16.3 (10% vol. ca). La porosità è mediamente diffusa (9-12%). Possono essere presenti sia microporosità sub-circolari di tipo *vughs vescicles* che vuoti da ritiro di tipo *channels/planar voids*. L'aggregato (50-55% vol. ca) è rappresentato da prevalente frazione fittile di dimensione sub-millimetrica (< 2 mm), e secondaria frazione sabbiosa (sabbia medio-fina, ⌀ 0,20 mm), rappresentata da prevalente componente carbonatica, con tracce di quarzo e selce (fig. VII.16, g). Alcuni campioni si caratterizzano per l'occorrenza di sporadici clasti di malte di riciclo. Una minima componente di natura terrigena è presente, in aliquote minime, in tutti i campioni. Il rapporto L/A di 1:1 o 1:1.5 è tipico di malte normali.

Si distingue il campione CBF_INT_16.3 per un rapporto L/A di 2.5:1 per la ridotta occorrenza di aggregato fittile con funzione smagrante (aggregato = 27% vol. ca).

Gruppo 7 – campioni GTR_INT_1.3; 3.3; 5.3; 7.2; 6B.2

Le miscele del Gr 7 appaiono macroscopicamente come delle miscele con discreta frazione fittile di dimensione millimetrica (< 5 mm) e possono essere descritti come "cocciopesti". Non è possibile definire una colorazione di massa, in quanto la frazione fittile di colore rossastro (*reddish pink*, 2.5YR 8/2) appare dispersa in una pasta legante di fondo di colore bianco. Tali miscele si presentano moderatamente tenaci (fig. VII.11, h).

Microscopicamente il legante appare micritico, carbonatico, con tessitura perfettamente omogenea. I grumi di legante sono frequenti (10-12% vol. ca). La porosità è ridotta (5-8% vol. ca), con vuoti di tipo *vughs/vescicles* prevalenti, e secondarie fessurazioni da ritiro di tipo *channels*. L'aggregato (18-24 % vol. ca) presenta una distribuzione granulometrica unimodale, una moderata classazione e una distribuzione areale non eccellente a testimonianza di una scarsa miscelazione del composto prima della messa in opera. Dal punto di vista petrografico, l'aggregato rappresentato pressoché esclusivamente da una frazione fittile millimetrica, con occorrenza sporadica di polvere. In traccia è presenta una frazione sabbiosa (sabbia medio-fina ⌀ 0,20 mm circa) rappresentata da clasti carbonatici, selce e quarzo (fig. VII.16, h).

1.3.2 - *Analisi XRPD* (tectorium)

Le analisi XRPD-*bulk* sono state eseguite esclusivamente sugli strati di arriccio/rinzaffo di una selezione di campioni rappresentativi delle diverse fasi cronologiche (tab. VII.5).

Cronologia	Campione	Calcite	Aragonite	Dolomite	Quarzo	Plagioclasio	Muscovite	Clinocloro	Ematite	Ilmenite	Amorfo
I stile	CBF_INT_9.2	68,2	0,7	7,6	12,0	1,2	0,8	0,7	0,5	0,4	7,9
	PEL_INT_1.2	64,0	1,7	8,0	14,2	1,7	0,9	0,8	0,7	0,3	7,6
II stile	CBF_INT_15.2	59,5	0,0	10,4	18,6	1,3	0,8	1,1	0,5	0,4	7,3
	COS_INT_5.2	61,0	0,0	11,1	15,8	1,6	1,2	0,9	0,5	0,4	7,6
IV stile	CBF_INT_1.2	68,4	0,0	9,9	11,8	1,1	0,7	0,6	0,6	0,4	6,6
metà I - metà II d.C.	CBF_INT_7.2	73,1	0,0	8,8	8,2	0,9	1,0	0,7	0,4	0,5	6,4
	CBF_INT_7.5	48,4	0,0	20,1	14,8	2,2	1,4	1,5	0,4	0,5	10,7
metà II - metà III d.C.	CBF_INT_12.3	63,2	0,0	12,0	11,7	1,6	1,3	0,6	0,4	0,4	8,8
	L-AMB_INT_1.2	74,8	0,0	7,7	6,4	0,9	0,9	0,6	0,5	0,2	8,0
	GAL_INT_1.2	55,2	0,0	19,2	14,4	2,4	1,6	1,5	0,4	0,1	5,2
metà III - inizio IV d.C.	P-CAP_INT_2.2	61,3	0,0	13,2	11,9	1,6	0,9	1,1	0,5	0,4	9,1
	P-CAP-INT-2.4	61,1	0,0	13,7	10,8	1,4	1,5	1,0	0,5	0,4	9,6
IV-V d.C.	TEOD_INT_2.2	57,1	0,9	13,9	11,0	1,6	1,6	0,9	0,5	0,4	12,1
V-VI d.C..	GTR_INT_5.2	79,0	0,0	5,8	7,9	0,6	1,1	0,3	0,3	0,3	4,8
	GTR_INT_8.2	72,7	0,0	6,5	8,1	1,0	0,9	0,4	0,4	0,2	9,9

Tab. VII.5 - Risultati delle analisi difrattometriche su una selezione di campioni rappresentativi.

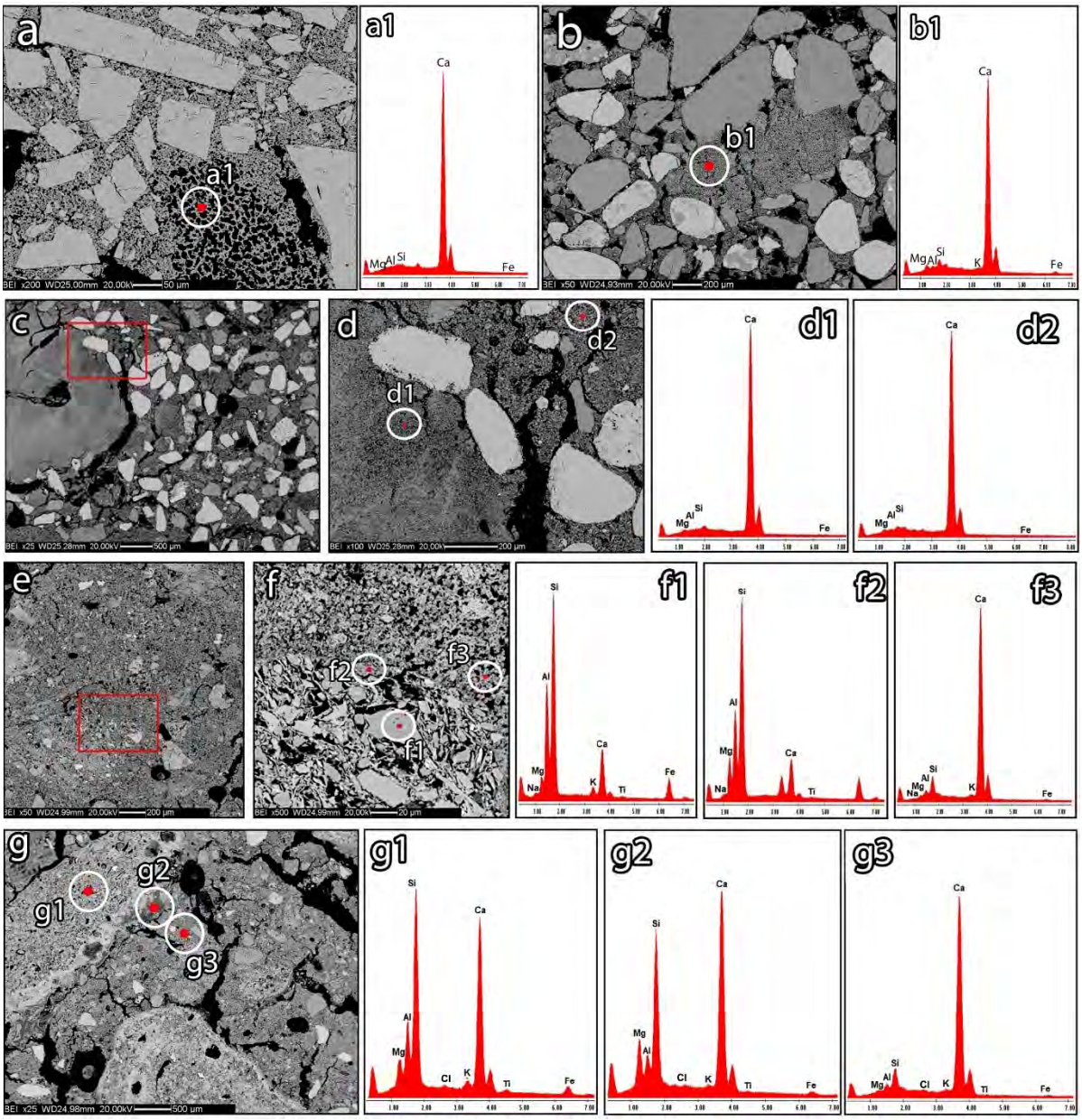


Fig. VII.18 - Microscopia elettronica a scansione (SEM) accoppiata a microsonda elettronica (EDS). Acquisizioni a elettroni retrodiffusi (BSE); a) BERT_INT_1.2; a1) microanalisi EDS di un grumo di calce; b) BERT_INT_1.2; b1) microanalisi EDS di grumo di calce; c) P-CAP_INT_1.3; d) acquisizione BSE dell'area evidenziata nella figura c; d1) Microanalisi EDS di un relitto di calcinazione; d2) microanalisi EDS della matrice legante; e) GTR_INT_1.3; f) Acquisizione BSE dell'area evidenziata nella figura e; f1) Composizione chimica della frazione vetrosa di un frammento fittile; f2) Microanalisi EDS dell'area di interfaccia tra il frammento fittile e il circostante legante carbonatico; f3) Microanalisi EDS della matrice legante; g) COS_INT_1.4; g1) Microanalisi EDS di un frammento fittile; g2) Microanalisi EDS della porzione di interfaccia tra frammento fittile e il legante carbonatico; g3) Microanalisi EDS della matrice legante.

Mineralogicamente, non si osserva alcuna significativa variazione composizionale in tutti i campioni analizzati, a conferma di quanto supposto in seguito ad indagini petrografiche in microscopia ottica. La prevalenza di calcite su pressoché tutti i campioni è da associare non solo alla componente di aggregato ma pure alla carbonatazione della calce legante, mentre la dolomite rappresenta una frazione secondaria della sabbia carbonatica. In misura minore è presente sempre quarzo (derivato da quarziti, selci e arenarie) e feldspati (plagioclasio). La frazione amorfa, ricorrente in aliquote contenute in tutti i campioni, va associata all'occorrenza di tracce

fini microcristalline di origine terrigena (argille). Alla componente argillosa vanno anche associate le fasi di miche (muscovite), clinocloro, ilmenite ed ematite, minerale, quest'ultimo, indicativa di ossidi ferrosi presenti nei suoli antropizzati.

1.3.3 - *Analisi SEM-EDS* (tectorium)

Le analisi al SEM-EDS hanno mirato innanzitutto ad indagare i caratteri microstrutturali e microchimici dei leganti impiegati nelle miscele per intonaci e, in secondo luogo, il contributo pozzolanico nelle malte con frazione fittile (cocciopesti).

La matrice di gran parte dei campioni analizzati, in seguito a microanalisi puntuali sui grumi di legante non miscelati, appare caratterizzata da tenori di ossido di calcio (CaO) estremamente elevati (> 95%), tipici di calcari puri (fig. VII.18, a-d). In rari casi i deboli tenori di SiO_2 e Al_2O_3 devono essere ricondotti all'occorrenza di una limitata componente di origine terrigena nelle matrici (fig. VII.18, b)[70].

Per ciò che concerne miscele con contributo fittile rilevante, si sono condotte indagini EDS sulle porzioni di interfaccia e sulle aree di legante. Le miscele in cocciopesto del Gr 6a, Gr 6b e Gr 7, già in seguito ad indagini OM non sembravano presentare aree a bassi colori di interferenza per cui fosse possibile sospettare l'occorrenza di fasi di neoformazioni di natura pozzolanica, in quanto risulta assente la componente fittile di dimensione micrometrica (polvere), che, se diffusamente presente in una miscela, favorisce la più diffusa produzione di silico-alluminati di calcio idrati[71], prodotte in seguito alla reazione chimica con un legante carbonatico. Le indagini EDS confermano le osservazioni desunte da analisi petrografica; oltre alle porzioni di interfaccia (*reaction rims*) con la componente fittile dove è sospetta la presenza di fasi di neoformazione di stampo pozzolanico (fig. VII.18, f2; g2), la matrice del legante carbonatico si caratterizza per deboli picchi nei tenori di SiO_2 e Al_2O_3, tali da determinare, per i cocciopesti del Gr 6a/6b, un *CI index* compreso > 0,3 e < 0,5, caratteristico di miscele debolmente idrauliche (fig. VII.18, g3), mentre in quelli del Gr 7 il *CI index* < 0,3 non permette di attribuire a questi composti alcuna qualità pozzolanica (fig. 18, f3)[72].

1.3.4 - Analisi in microscopia ottica a luce riflessa e microscopia ottica confocale (pigmenti)

Tramite analisi in microscopia ottica a luce riflessa e analisi in microscopia ottica confocale e stato possibile definire, per un numero circoscritto di campioni, numero, spessore e modalità (a fresco, a secco, *lime paint*) di applicazione delle patine pittoriche[73].

Nei campioni analizzati i pigmenti risultano stesi in un numero di strati variabile tra uno e quattro. Le modalità di applicazione sono sostanzialmente tre:

a) *Tecnica 1* - Campioni p.c.412_INT_1; CBF_INT_1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 19; GAL_INT_1; LAMB_INT_1, 2, 3; B-RITZ_INT_1; BERT_INT_1; PEL_INT_1; S-CAS_INT_1).
Campitura di fondo realizzate a fresco, generalmente con pigmento giallo o rosso, con eventuali sovrastesure realizzate a secco (fig. VII.19, a). Si può riscontrare la tecnica del buon

[70] CARÒ, RICCIARDI MAZZILLI, SAVINI 2008, p. 95; CRISCI *et alii* 2004, pp. 265-266.

[71] Come noto, in miscele con aggregato fittile grossolano le reazioni idrate sono limitate alle porzioni di interfaccia con tra legante e la componente fittile (CHAROLA, HENRIQUES 2000; BARONIO, BINDA 1997) e non influenzano particolarmente la pozzolanicità del materiale (BARONIO, BINDA 1996), mentre in presenza di polvere micrometrica di ⌀ < 75 µm (TEUTONICO, ASHALL, GARROD, YATES 2000, p. 340; COUTELAS, GODARD, BLANC, PERSON 2004, p. 131) le aree in contatto sono sensibilmente più diffuse e determinano la formazione di prodotti idrati nei composti.

[72] BOYNTON 1980, pp. 274-275; BANFILL, FORSTER 1999, p. 177.

[73] Cfr. a riguardo PIOVESAN, MAZZOLI, MARITAN, CORNALE 2012.

fresco nella graduale penetrazione del pigmento all'interno dello strato superficiale di intonachino e nell'assenza di uno stacco netto, marcato da un profilo di carbonatazione, tra strato pittorico di fondo e superficie del *tectorium*[74].

b) *Tecnica 2* - Campioni COS_INT_1, 2, 3, 4.
Applicazione di due campiture di fondo realizzate a fresco, con eventuali sovradipinture realizzate a secco (fig. VII.19, b).).

c) *Tecnica 3* - Campioni p.c.412_INT_2; CBF_INT_12, 16, 18, 20; B-RITZ_INT_2; P-CAP_INT_1, 2; VLN_INT_3; GTR_INT_1, 2, 3, 4A, 5, 6, 7, 8; TEOD_INT_1, 2, 3).
Stesura di fondo realizzata a secco con eventuali sovradipinture realizzate a secco (fig. VII.19, c).

d) In alcuni campioni infine, il più superficiale strato di intonachino sottostante le pattine pittoriche è realizzato con calce miscelata a del pigmento (in genere rosso), che conferisce allo strato un colore rosato secondo la tecnica realizzativa della malta pigmentata (fig. VII.19, d)[75].

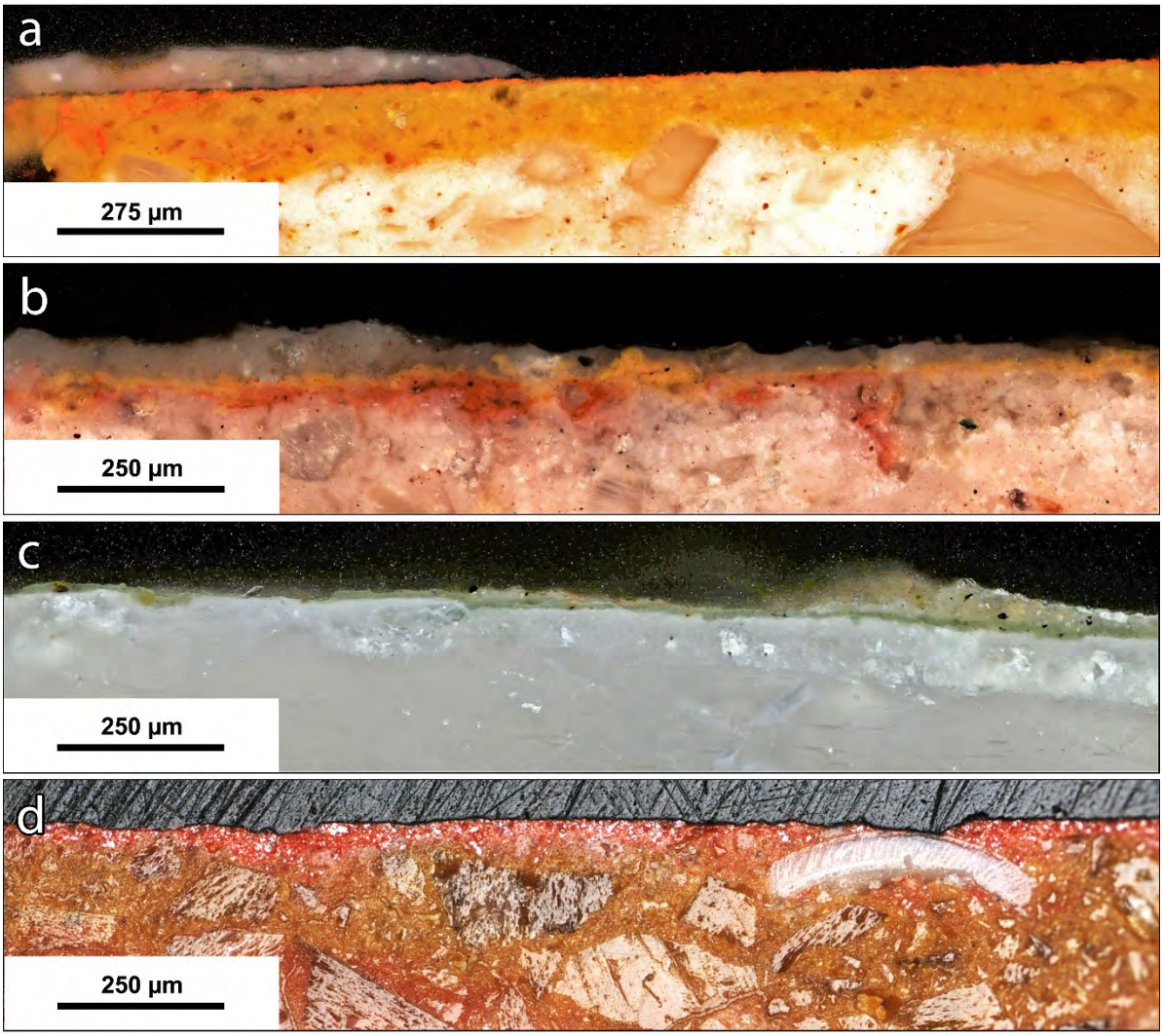


Fig. VII.19 – Acquisizioni in microscopia ottica a luce riflessa della microstratigrafia delle patine pittoriche di: a) CBF_INT_2; b) COS_INT_1; c) B-RIZ_INT_2; d) CBF_INT_7.

[74] Sulle modalità di riconoscimento della tecnica dell'affresco cfr. PIOVESAN, MAZZOLI, MARITAN, CORNALE 2012.
[75] A riguardo cfr. *supra*.

1.3.5 - *Risultati analisi mineralogiche (XRPD) e in spettroscopia Raman* (pigmenti)

Attraverso analisi XRPD è stata identificata la composizione mineralogica dei pigmenti. La goethite caratterizza i gialli di tutti i campioni come ocre gialle; l'ematite i rossi come ocre rosse; la celadonite i verdi come terre verdi; la cuprorivaite il pigmento blu come blu egizio; è attestato il rosso cinabro (solfuro di mercurio) su alcuni campioni. In alcuni campioni (CBF_INT_14, CBF_INT_15), il colore verde è ottenuto tramite la miscelazione di celadonite (terra verde) e cuprorivaite (blu egizio).

Attraverso l'analisi Raman, è stato possibile chiarire come il carbone organico sia stato impiegato sia per realizzare le sovradipinture nere, sia miscelato con altri elementi per ottenere determinate tonalità. È questo il caso del rosso scarlatto prodotto con hematite mescolata appunto con il carbone organico come attestato, ad esempio, nel campione CBF_INT_2.
Estremamente interessante è stata l'indagine dello strato di intonachino rosato che caratterizza, come già precedentemente detto, il campione COS_INT_1. L'analisi Raman ha evidenziato come questa particolare colorazione sia determinata dalla miscelazione di ocra rossa alla malta dell'intonachino (malta pigmentata)[76].

1.4 - CONTESTUALIZZAZIONE DEI FRAMMENTI DI INTONACO CON I CONTESTI DI PROVENIENZA

Per alcuni dei casi in esame è possibile mettere in relazione i campioni di intonaco esaminati con i contesti edilizi di provenienza, sulla base di considerazioni di tipo stratigrafico-deposizionali. Per molti altri casi invece, la difficoltà nel ricollocare i nuclei agli originari contesti architettonici e la limitatezza della campionatura statistica non permette di operare alcuna stretta associazione tra i campioni in esame tali da supportare considerazioni cantieristico-produttive di rilievo.

Domus *presso la p.c.412*

Entrambi i campioni di intonaco provenienti dalla *domus* presso la p.c.412 sono distinti in due strati, riconoscibili nei livelli di intonachino e arriccio; il più superficiale dei due presenta caratteristiche dissimili tra i due campioni (p.c.412_INT_1: Gr 1; p.c.412_INT_2: Gr2), mente i sottostanti strati di arriccio, ascritti univocamente al Gr 5, risultano leggermente più simili. Ciononostante, le diverse caratteristiche composizionali dei livelli preparatori, in particolare per ciò che riguarda le modalità di realizzazione dell'intonachino, lasciano ipotizzare che le due decorazioni pittoriche in questione possano ascriversi a due fasi differenti o perlomeno condotte da gruppi di maestranze differenti. Non si deve tuttavia neppure escludere la possibilità, che siano però ascrivibili a pareti (o addirittura a porzioni di una stessa parete) che per una serie di fattori a noi ignoti siano state decorate tramite l'applicazione di preparazioni parietali differenti[77].

Insula *della Casa delle Bestie ferite*

Dal contesto abitativi dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite sono stati analizzati 20 frammenti di intonaco in gran parte pertinenti a stili decorativi o periodi differenti. Non è possibile quindi operare confronti stretti tra i diversi campioni analizzati, se non esaminandoli per macroperiodizzazioni.

A prescindere dal numero di singoli strati preparatori (per cui si rimanda alla tab. VII.4), tutti i campioni ascrivibili a nuclei di I-IV stile (o comunque inquadrati, sulla base di considerazioni stratigrafiche ad un periodo antecedente la metà del I sec. d.C.) presentano caratteristiche

[76] Cfr. a riguardo *supra*.

[77] Nel caso della *Domus* dei *Vetii* a Pompei è stato osservato come, seppur afferenti alla fase originaria di IV stile dell'abitazione, le differenze nelle caratteristiche preparatorie del *tectorium* nei diversi vani o, addirittura, tra le diverse pareti, possano ascriversi ad una serie diversa di fattori quali: a) esposizione della parete a particolari condizioni meteorico-ambientali; b) destinazione d'uso dei vani (PRISCO 2005, p. 355) a cui si possono aggiungere anche: c) caratteristiche tecniche delle diverse squadre di *tectores*; d) porzione di impiego nella parete.

dell'intonachino simili, appieno rientranti nel Gr 1. Anche i sottostanti strati del *tectorium* spesso si caratterizzano, soprattutto nei campioni di I e II stile (CBF_INT_9; 11; 15), per essere realizzati con malte ad aggregato poco classato con sporadici clasti di ghiaia fine, che sono state ascritte quindi al sottogruppo 5b.

Va comunque evidenziata l'estrema somiglianza composizionale tra le modalità di preparazione del *tectorium* dei campioni CBF_INT_1, 2, 3, 4 (intonachino: Gr 1b; arriccio: Gr 5) e per la modalità di applicazione del pigmento. Questi intonaci, seppur recuperati in corso di scavo da UUSS differenti (1370, 2268), oltre ad essere sicuramente petrinenti al medesimo nucleo di IV stile, sono, quasi sicuramente, prodotti nel corso di una medesima attività cantieristico-decorativa o addirittura appartenenti alle decorazioni di una medesima stanza.

Eccezioni sono rappresentate dai campioni CBF_INT_5, 10, 17, 18, 19 prelevati da rivestimenti parietali rinvenuti ancora *in situ*, in diretta adesione alle strutture murarie. Il caso meglio preservato riguarda i campioni CBF_INT_17 e 18, riferibili a due fasi decorative differenti. Per quanto riguarda il campione CBF_INT_17 è stato possibile campionare esclusivamente la porzione superiore, pertinente agli strati di intonachino ed arriccio, mentre i più profondi livelli preparatori di rinzaffo, in diretta adesione con il paramento murario (US 2330) di un vano tricliniare, erano estremamente friabili e non è stato possibile effettuarne una campionatura adeguata[78]. Il rifacimento sfrutta i livelli preparatori precedenti[79] ed è condotto tramite l'applicazione di una sottile stesura di malta di calce (afferente al Gr 5) di preparazione all'intonachino che ricade appieno nelle miscele del Gr 2. Soluzione differente è adottata nel caso di un secondo setto murario (US 1472) sulla cui facciata settentrionale si conservano in adesioni stesure di intonaco ascrivibili a due fasi di rivestimento parietale, testimoniate dai campioni CBF_INT_5 e rifacimento CBF_INT_19. In questo caso la stesura più tarda è realizzata tramite l'applicazione di tre strati in malta di calce, ascritti al Gr 5, di preparazione all'intonachino, consistente in un unico strato rientrante nelle miscele del Gr 1. Della precedente fase decorativa si preservano esclusivamente i livelli più profondi del *tectorium*, mentre gli strati di intonachino risultano totalmente asportati. La differenza in numero e tipologia di strati preparatori evidenziati tra i campioni CBF_INT_18 e 19 non permette di correlare strettamente queste due attività.

Il campione CBF_INT_18 risulta invece tecnicamente più vicino ai campioni CBF_INT_12 e 13. Tra questi il primo, rinvenuto anch'esso in adesione a una struttura muraria, è collocato tuttavia in una differente unità abitativa[80], e risulta quindi arduo ricondurre queste attività di intonacatura ad un medesimo intervento.

Di contro i campioni CBF_INT_7 e 8, ascritti su base stilistica a due distinte fasi decorative di età medio imperiale ricadono, per ciò che riguarda le caratteristiche dell'intonachino, entro il Gr 1 che associa soprattutto campioni di intonaci di nuclei di I-IV stile. In particolare, il campione CBF_INT_7 presenta un *tectorium* consistente in ben 5 strati. Oltre ai primi due di intonachino, i sottostanti livelli di arriccio/rinzaffo presentano spessori differenti e nel complesso una granulometria inversa rispetto a quella canonica: si osserva infatti come il più profondo livello preparatorio presenti aggregato sabbioso particolarmente fino e sicuramente maggiormente classato rispetto ai soprastanti livelli preparatori[81].

---

[78] Ciò dimostra inoltre come, in talune occasioni, anche l'estrema friabilità degli strati di rinzaffo non permetta la loro conservazione in seguito agli eventi di demolizione delle strutture antiche, motivo in più per ribadire il concetto di quanto si difficile avere una percezione esatta dell'effettivo numero di strati preparatori complessivi dai campioni recuperati da contesti secondari.

[79] Stesure pittoriche di rifacimento possono essere quindi realizzate con intonaci dal *tectorium* modesto, in quanto sfruttano direttamente le preparazioni di fase precedente (aspetto osservato anche a Pompei, nella *Domus* dei *Vetii*; cfr. a riguardo PRISCO 2005, in particolare p. 357). Anche questo aspetto è, di conseguenza, difficilmente riconoscibile nell'analisi di frammenti rinvenuti in giacitura secondaria.

[80] Cfr. Cap. VI, §5.2.

[81] Questi aspetti in controtendenza rispetto a quanto sempre considerato per i livelli di rinzaffo non risultano comunque così eccezionali nel panorama romano, ma sono già stati evidenziati da altri studiosi in passato (BARBET, ALLAG 1972, pp. 970-971).

Edificio templare presso il fondo Gallet

Da questo contesto è stato analizzato un unico campione di intonaco distinto in due strati, l'intonachino associabile al Gr 2, e arriccio, ascritto al Gr 5c.

Domus *di Licurgo e Ambrosia*

Da questo contesto sono stati analizzati tre campioni di intonaco che, ad analisi di dettaglio, appaiono differenti nelle caratteristiche del *tectorium*. Se il rivestimento del soffitto è realizzato con miscele rientranti nel Gr 2 (intonachino), nel Gr 5 (arriccio), e nel Gr 5d (strato preparatorio più profondo in adesione all'*opus craticium*). Gli altri campioni in esame risultano realizzati con tecnica preparatoria differente. Il campione L-AMB_INT_2 è costituito da un intonachino diviso in due strati e appieno rientrante, sotto il profilo petrografico, nel Gr 1; l'arriccio si compone invece di una malta di calce afferente al Gr 5, simile a quella del campione L-AMB_INT_3. Tuttavia, in quest'ultimo, l'intonachino presenta uno spessore alquanto ridotto e con tessitura alquanto dissimile da quella del campione L_AMB_INT_3 e, seppur afferente al Gr 2, appare sensibilmente distaccato nella fig. VII.12,a rispetto alla posizione del campione L_AMB_INT_1.

Nel complesso è quindi plausibile ricondurre queste miscele a più interventi decorativi. Di conseguenza, non essendo affatto certi del contesto di provenienza originario dei campioni L-AMB_INT_2 e 3 è verosimile non ritenerli parte del medesimo nucleo da cui proviene il campione L-AMB_INT_1 ma potrebbero più probabilmente riferirsi ad un'altra fase decorativa o, addirittura, ad un diverso edificio.

Domus presso il fondo ex-Beneficio Rizzi

L'analisi dei due campioni pertinenti a due distinte fasi decorative di un tramezzo murario individuato ancora *in situ* ne conferma la sostanziale difformità esecutiva. Se il campione B-RIZ_INT_1 risulta realizzato con strati appieno ascrivibili a Gr 1 (intonachino) e al Gr 5 (arriccio), il campione B-RIZ_INT_2 è invece composto da intonachino afferente al Gr 2; anche gli strati di arriccio/rinzaffo sono messi in opera tramite l'impiego di miscele differenti tra il campione B-RIZ_INT_1 e B-RIZ_INT_2 (Cfr. fig. VII.17, a).

Domus *di Tito Macro*

Per ciò che concerne i campioni prelevati dal contesto della *Domus* di Tito Macro si è osservata una chiarissima omogeneità composizionale tra tutti i campioni COS_INT_1, 2, 3, 4 realizzati con: a) intonachino distinto in due strati e chiaramente ascrivibile alle miscele del Gr 1a; b) strato superficiale di arriccio del Gr 5; c) sottostanti livelli preparatori (rinzaffo?) realizzati con malte di cocciopesto ascrivibili rispettivamente ai Gr 6a e 6b. Seppur provenienti da UUSS ubicate in più zone dell'area di scavo, non si possono non ascrivere questi campioni ad una medesima attività decorativa, se non addirittura alle pareti di uno stesso ambiente. Pur non conoscendo la destinazione d'uso dei vani in cui originariamente i nuclei decorativi appena discussi trovavano sede, sappiamo che l'impiego di strati di cocciopesto nei livelli più profondi del *tectorium* era consigliato, in antico, per i rivestimenti di ambienti soggetti all'umidità[82]. L'originaria pertinenza dei campioni alle pareti che decoravano un ambiente, forse riscaldato, individuato in un edificio collocato a sud della *Domus* di Tito Macro, area da dove tra l'altro proviene gran parte di questi frammenti, è una possibilità che non è possibile dimostrare inequivocabilmente[83]. Inoltre, le indagini EDS hanno dimostrato il ridotto potere impermeabilizzante di queste stesure[84].

[82] VITR. *De arch*., VII, 4, 1.

[83] L'ambiente era infatti dotato di pilastrini per pavimenti su *suspensurae* e tubuli fittili per il passaggio dell'aria calda dovevano essere applicati alle pareti del vano (GHIOTTO 2010, p. 26).

[84] Cfr. §1.3.1.

Va inoltre osservato come un campione proveniente dall'area dell'anfiteatro (BRU_INT_2), riferibile ad abitazioni precedenti alla realizzazione dell'edificio per spettacoli, presenti caratteristiche preparatorie del tutto coincidenti con quelle dei campioni COS_INT_1-4[85]. Tuttavia, la sostanziale omogeneità composizionale dei campioni citati, che si discostano sensibilmente, per ciò che concerne le caratteristiche del *tectorium*, da tutti gli altri analizzati, permetterebbe di riconoscere la mano di una medesima maestranza, portatrice di conoscenze tecniche che non si allineano con le tendenze evidenziate finora in relazione alle modalità esecutive dei *tectoria* parietali nel panorama aquileiese.

Si discosta dai casi analizzati il campione COS_INT_5, realizzato con miscele ascrivibili al GR 1 (intonachino) e al Gr 5b (arriccio); ciò risulta dunque consolidare l'ipotesi di una alterità cronologica del nucleo pittorico d'appartenenza, come d'altro canto già supposto su base stilistica.

Domus *sotto Piazza Capitolo*

Entrambi i campioni prelevati dal contesto della *Domus* sotto Piazza Capitolo sono abbastanza simili sotto il profilo composizionale, seppur il numero di livelli preparatori non sia il medesimo (cfr. tab. VII.4). L'intonachino è realizzato con miscele efferenti al Gr 2 per gli strati di supporto alla patina pittorica (intonachino), mentre gli strati di arriccio/rinzaffo rientrano appieno nelle miscele del Gr 5. Considerata l'elevata assonanza composizionale nelle modalità produttive dei *tectoria* dei due campioni analizzati (P-CAP_INT_1, 2), risulta verosimile ipotizzare la pertinenza di questi due frammenti a nuclei decorativi dell'abitazione di età medio-tardo imperiale.

Domus *nell'area dell'ex stalla Violin*

Per quanto concerne il contesto della Stalla Violin sono stati prelevati campioni riferibili a fasi differenti. I campioni di intonaco ascrivibili alla fase dell'edificio di I-II sec. d.C. si presentano, tra loro, differenti. Il campione di intonaco VLN_INT_2 prelevato dalla parete sud dell'ambiente direttamente a nord di quello decorato con pitture del sistema a pannelli e interpannelli consta di un intonachino afferente al Gr 1, con un sottostante strato preparatorio realizzato con una malta ascritta al Gr 5. Il campione di intonaco VLN_INT_1 prelevato dell'ambiente a nord rispetto a quello da cui proviene il campione VLN_INT_2 presenta caratteristiche differenti, anche solo per il numero di strati preparatori all'intonachino, non conservatosi. Essendo stati prelevati entrambi i campioni da una porzione parietale collocata alla medesima quota (parte superiore dello zoccolo), è da escludere l'opzione di una alterità composizionale del *tectorium* dovuta al posizionamento nella parete. È più semplice quindi ipotizzare in questo caso due fasi distinte di rivestimento all'interno del periodo alto-imperiale. Inoltre, non conoscendo l'assetto planimetrico dei vani qui messi in luce non si può escludere che l'ambiente in questione possa ascriversi ad un edificio altro rispetto a quello messo in luce più a sud.

Rispetto ai frammenti appena analizzati, i campioni riferibili alla fase tardo antica del contesto in esame appaiono, anche tra di loro, differenti. Il campione VLN_INT_3 presenta un intonachino ascritto al Gr 2 e un più profondo strato preparatorio realizzato con una malta di calce del Gr 5c. Dalla conformazione macroscopica, il campione sembra riferibile ad una porzione dello zoccolo parietale[86]. Di contro I campioni VLN_INT_4 e 4B, originariamente collocati in adesione di una superficie in incannucciato probabilmente del soffitto della porzione rettangolare dell'aula absidata qui messa in luce[87], risultano tra loro identici e realizzati con un intonachino ascritto al Gr 3 e più profondi livelli preparatori ascritti al Gr 5d. Non è semplice descrivere le

[85] Si distingue il solo strato di arriccio BRU_INT_2.3 dove non vi è occorrenza di calcite spatica che caratterizza i relativi strati di arriccio (Gr 5a) nei campioni recuperati dal contesto della *Domus* di Tito Macro.

[86] Oss. personale.

[87] Si ringrazia la dott.ssa M. Novello per la gentile comunicazione a riguardo.

differenze tra i campioni VLN_INT_3 con i campioni VLN_INT_4/4B in quanto il contesto secondario di provenienza (fosse di spoglio), non esclude l'ipotesi che il campione VLN_INT_3 possa non essere pertinente all'originaria decorazione dell'aula absidata[88].

Anfiteatro (edifici precedenti)

Per quanto riguarda i campioni analizzati da questo conteso tutti i frammenti sono indicativi di nuclei differenti, identificati in seguito ad analisi macroscopica, e sono indicativamente riferibili ad edifici privati demoliti al momento di realizzazione dell'anfiteatro[89]. Le indagini archeometriche non evidenziano alcuna stratta analogia tra i diversi campioni, e si conferma quindi la loro attribuzione a nuclei, pareti o addirittura edifici differenti.

Va comunque constatato come il campione (BRU_INT_2) presenti caratteristiche preparatorie del tutto coincidenti con quelle dei campioni COS_INT_1-4[90], se non per quanto concerne il livello più superficiale di arriccio non sono stati osservati quei clasti di calcite spatica tra l'aggregato che caratterizzano i campioni recuperati del sottogruppo 5a. Tuttavia, la sostanziale omogeneità composizionale dei campioni citati, che si discostano sensibilmente, per ciò che concerne le caratteristiche del *tectorium*, da tutti gli altri analizzati permetterebbe di riconoscere la mano di una medesima maestranza, portatrice di conoscenze tecniche che risultano particolari in relazione con quanto attestato finora nel panorama aquileiese per ciò che concerne questa classe di materiali.

Complesso teodoriano

Tutti i campioni prelevati dai livelli di crollo delle pareti e del soffitto del complesso teodoriano presentano tra loro caratteristiche assimilabili sotto il profilo produttivo. L'intonachino è ascrivibile chiaramente alle miscele del Gr 4, mentre gli strati dei più profondi livelli preparatori ricadono appieno entro il gruppo 5c. I due campioni riferibili al crollo del soffitto dell'aula teodoriana nord (TEOD_INT_1; TEOD_INT_3) presentano un livello preparatorio ulteriore che conserva ancora le tracce dell'adesione all'incannucciato e che rientra appieno entro il Gr 5d. Tutti i campioni sono tra loro composizionalmente molto simili e dimostrano quindi la loro pertinenza all'attività condotta da medesime maestranze. La differenza nel numero di strati preparatori è quindi chiaramente spiegabile con le diverse tecniche adottate nella realizzazione di superfici dipinte nei diversi settori strutturali dell'edificio.

Va inoltre osservato come i campioni in esame siano abbastanza confrontabili con quelli rinvenuti in stato di crollo sotto al pavimento del complesso cromaziano, condotti tra fine ottocento e inizi Novecento e recentemente analizzati. Seppur l'analisi sia esclusivamente macroscopica, la tecnica preparatoria di questi ultimi è infatti assimilabile a quella dei campioni provenienti dal soffitto in crollo dell'aula nord analizzati in questo studio, soprattutto per ciò ce concerne caratteristiche degli strati preparatori, colorazione, presenza di diffusi grumi di calce e di tracce in negativo di paglia o di altri elementi vegetali[91]. Ciò dimostra un rigido controllo della committenza nei metodi di preparazione delle stesure del *tectorium* che appaiono ovunque nel complesso piuttosto omogene per tecnica.

---

[88] Il confronto con i lacerti pittorici del catino absidale (cfr. NOVELLO, TIUSSI 2013, p. 185 e n. cat. 138, p. 276) potrebbe essere un indizio, in futuro, per circoscrivere con maggior dettaglio le modalità esecutive dei rivestimenti parietali dell'edificio tardoantico.

[89] Cfr. a riguardo DILARIA, SBROLLI 2018.

[90] L'intonachino è ascrivibile alle miscele del Gr 1a; mentre i livelli più profondi del *tectorium* trovano confronto con i campioni del Gr 6a e Gr 6b.

[91] PROVENZALE, TIUSSI, VILLA 2006, in particolare pp. 194-207; DIDONÉ 2017b, p. 440. 1. Intonachino finissimo (meno di 0,5 mm); 2. Strato bianco-grigio chiaro, composto da calce e sabbia fine (diametro medio 1 mm) dello spessore di 0,4-0,5 cm; la superficie tra lo strato 2 e lo strato 3 è allisciata; 3. Strato bianco crema, con calce, sabbia finissima, paglia (piccoli fori nello strato, di diametro inferiore a 1 mm) e inclusi di calce (diametro 1-2 mm) lo spessore varia tra 0,7-1,4 cm; 4. strato finale con l'incannucciata, di spessore variabile, che misura al massimo 3,8 cm; questo ha colore bianco-beige, e si compone di calce, sabbia e paglia (impronte in negativo); sono visibili piccoli inclusi di calce pura.

Grandi Terme

I campioni di intonaco provenienti dalle Grandi Terme sono abbastanza simili sotto il profilo composizionale. La struttura di alcuni strati preparatori può, in taluni casi, variare, probabilmente in base alla destinazione dei vani, alla posizione originaria nelle pareti o ad altri fattori che non è possibile valutare con maggior chiarezza. Il pigmento è costantemente applicato a secco e l'intonachino, in tutti i campioni analizzati, ricade appieno entro le miscele del Gr 4. La clusterizzazione tra i diversi strati di intonachino di questo gruppo non appare comunque elevatissima. Ciò appare chiaro in quanto i diversi campioni sono probabilmente riferibili a pareti intonacate in giornate differenti o a gruppi di artigiani operativi nelle diverse zone di un edificio alquanto esteso.

Per quanto riguarda i più profondi livelli di arriccio e rinzaffo sono riscontrate due tipologie di miscele, applicate però in modalità differenti nei campioni. Nei campioni GTR_INT_1, 2, 3, 5 la preparazione sottostante l'intonachino consiste in due strati. Il più superficiale (arriccio) è realizzato con miscele del Gr 5 mentre il più profondo (rinzaffo?) è una malta di cocciopesto molto grassa afferente al gruppo 7[92]. Altri campioni presentano un solo strato preparatorio al di sotto dell'intonachino realizzato con miscele del Gr. 5 quali i campioni GTR_4A, 6 e 8[93]. Infine, il campione GTR_INT_7 è realizzato con uno strato di intonachino (GTR_INT_7.1) steso direttamente sopra ad un livello di cocciopesto (GTR_INT_7.2) afferente al Gr 7, a sua volta disposto sopra una tegola (non campionata).

Risulta chiaro come nella sostanziale omogeneità costruttiva, riconoscibile nell'applicazione di tre tipi di miscele afferenti ai Gr 3, 5, e 7 vi siano combinazioni e soluzioni applicative differenti nei diversi campioni. L'impiego di malte di cocciopesto sembra caratterizzare solo alcuni di questi campioni. Questo può essere un indizio per risalire alla funzione di alcuni vani dove questi intonaci trovavano originariamente sede. Vitruvio ci informa infatti che nel caso di applicazione di strati di rinzaffo in ambienti umidi quali i *calidaria* e *balnea* dei contesti termali è consigliabile applicare, nel sottofondo, strati a base di cocciopesto[94]. Possibile quindi che alcuni campioni provengano da rivestimenti parietali di ambienti umidi riscaldati, quali potevano essere quelli sopra citati ed altri siano invece pertinenti alle decorazioni di aule non riscaldate (*frigidarium*, *vestibularia*). Tuttavia, le indagini SEM-EDS non sembrano riconoscere alcuna proprietà impermeabilizzante nelle malte a cocciopesto degli intonaci, aspetto che risulta quindi anomalo per il contesto in oggetto dove discrete proprietà pozzolaniche sono state riconosciute in gran parte delle miscele ad aggregato fittile di impiego strutturale o di rivestimento[95].

[92] Vi sono comunque leggere differenze il quanto lo strato GTR_5.2 si accosta abbastanza chiaramente alle malte del sottogruppo 5a.

[93] Nello specifico l'elevata occorrenza di grumi di legante nello strato GTR_INT_8.2 permette di associare maggiormente questo campione alle miscele del sottogruppo 5d.

[94] Vitruvio descrive questa pratica soprattutto in relazione ai rivestimenti di volte e *concamerationes* degli edifici termali (VITR. *De arch*., V, 10, 3) o, in generale, per ciò che concerne i rivestimenti in ambienti umidi (Vitr. *De arch*., VII, 4, 1). Cfr. a riguardo GRECO 2011, pp. 70-71.

[95] Laddove necessario infatti, soprattutto nel complesso delle Grandi Terme, miscele di cocciopesto con spiccate proprietà impermeabilizzanti erano applicati in livelli costruttivi e di rivestimento come nel caso dei rivestimenti di alcune vasche, realizzati con miscele di cocciopesto a diffusa polvere fittile, che conferivano ai composti spiccate qualità pozzolaniche. Sui gruppi di malte impiegate alle Grandi Terme cfr. Cap. VI, §4.5.

PARTE III

CAPITOLO VIII
SINTESI. L'USO DELLE MISCELE LEGANTI IN AQUILEIA TRA II SEC. A.C. E VI SEC. D.C.

In questo capitolo verranno descritte le considerazioni di sintesi delle analisi effettuate sui campioni di malte e calcestruzzi prelevati dai contesti aquileiesi sopra analizzati. Questo capitolo è strutturato in quattro paragrafi dove verranno trattati diversi aspetti attinenti le miscele leganti: si procederà trattando questioni di dettaglio riguardanti le caratteristiche delle materie prime impiegate nei composti cementizi, fino ad analisi più generali, dove verranno presi in esame e messi a confronto i cantieri edilizi aquileiesi, sulla base dei dati desunti dallo studio di malte e calcestruzzi.

Nella prima parte verranno quindi trattate tematiche inerenti le caratteristiche petrografiche, mineralogiche e chimiche delle materie prime impiegate per la produzione dei composti cementizi aquileiesi, seguendo la scansione riportata nei capitoli introduttivi (legante, acqua, aggregati, additivi)[1]. Verranno anche descritte le caratteristiche la provenienza dei *caementa* impiegati nell'*opus caementticium*. Saranno quindi ricercate le possibili aree di approvvigionamento dei diversi elementi costituenti.

Nella seconda parte verranno descritti i tipi di miscele leganti, all'interno delle macroclassi definite nei campitoli introduttivi (malte, calcestruzzi ecc.)[2]. La definizione delle tipologie è stata realizzata tramite analisi PCA condotta su una serie di variabili salienti dei dati parametrizzati della microscopia ottica e delle indagini difrattometriche.

Nella terza parte saranno quindi descritti diversi elementi strutturali da cui sono stati prelevati campioni di malte e calcestruzzi, procedendo dalle strutture fondazionali, per poi proseguire con le strutture murarie e le infrastrutture idrauliche, concludendo infine con le opere di rivestimento.

Nella quarta ed ultima parte verranno infine posti a confronto, nei casi in cui è stato possibile, le modalità di gestione e la distribuzione delle maestranze nei diversi cantieri, sulla base delle caratteristiche delle miscele leganti in essi impiegati. Come si è visto infatti le modalità di gestione, la distribuzione delle maestranze e le dinamiche di approvvigionamento delle materie prime da impiegare nei composti cementizi potevano variare da cantiere a cantiere sulla base della disponibilità economica delle committenze, della destinazione degli edifici oppure del periodo storico.

[1] Cap. III, §2.
[2] Cap. III, §4.

1 - Materie prime e bacini di approvvigionamento

Come già indicato precedentemente, con il termine di "miscela legante" viene definita una miscela di materiali inorganici e, talvolta, organici che, una volta mescolati ad acqua, per reazione chimica induriscono a contatto con l'aria (o talvolta addirittura in acqua), solidificandosi dopo un periodo di tempo variabile[3].

Alla luce di quanto preso in esame, verranno di seguito presentate le materie prime utilizzate per la produzione di miscele leganti ad Aquileia, che, in accordo con la norma UNI 10924 standard, verranno descritte in base ad uno dei seguenti quattro elementi costituenti: a) legante; b) acqua; c) aggregati; d) additivi[4].

Verranno inoltre descritti anche quei materiali lapidei o fittili, in letteratura spesso definiti con il termine di *caementa* che, pur essendo messi in opera successivamente alla preparazione delle miscele leganti, concorrono con esse nella costituzione delle strutture c.d. in *opus caementicium*[5]. Alcuni particolari tipi di *caementa* erano impiegati intenzionalmente al fine di dotare le strutture in *opus caementicium* di particolari proprietà statico-meccaniche.

Per ognuna delle materie prime sopra indicate verranno innanzitutto descritte le caratteristiche petrografico-mineralogiche e chimiche e saranno poi ricercati i possibili i bacini di approvvigionamento, le modalità di lavorazione e, per specifici prodotti (calce), i luoghi di produzione.

1.1 - Leganti

I tipi di legante utilizzati nelle miscele leganti aquileiesi sono sostanzialmente due, ossia i leganti carbonatici, prodotti dalla cottura di rocce calcaree o di dolomie, e i leganti argillosi, il cui costituente principale è, per l'appunto, l'argilla. In alcuni casi queste due componenti potevano anche essere miscelate assieme in un medesimo composto. In un ristretto numero di campioni è inoltre attestato l'utilizzo di leganti idraulici, prodotti tramite l'utilizzo di calce naturale idraulica[6]. Dalle analisi effettuate invece non sembrano attestati ad Aquileia alcuni tipi di legante che trovano largo utilizzo in malte storiche. Tra questi il principale è il gesso[7].

1.1.1 - *Leganti carbonatici*

1.1.1.1 - Calce aerea

Il principale legante carbonatico utilizzato ad Aquileia in qualsiasi periodi è le calce. Questa è quasi sempre prodotta dalla calcinazione di calcari puri, ossia contenenti valori di CaO superiori al 95%, da cui si ottiene un legante carbonatico del tutto aereo (calce calcica)[8]. Questo dato è in pieno accordo con quanto tramandato dalla tradizione letteraria antica. Sappiamo infatti che gli autori latini convenivano sul fatto che i migliori calcari da calcina fossero quelli bianchi, senza screziature e laminazioni, mentre quelli contenenti impurezze erano altamente sconsigliati[9]. Della stessa opinione era, ancora in piena epoca rinascimentale, l'Alberti che sconsiglia-

[3] Ginouvès Martin 1985, p. 50. Cfr. Cap. III, §1.1.

[4] Pecchioni, Fratini, Cantisani 2008, p. 27; cfr. Cap. III, §2.

[5] Nell'interpretazione terminologica di *opus caementicium* si fa qui sempre riferimento a Ginouvès, Martin 1985, pp. 51-52. Cfr. Cap. III, §4.3. Nella definizione dei *caementa* si fa riferimento a frammenti di pietra o laterizio aggiunti agli impasti delle miscele leganti dopo la preparazione di queste ultime. Cfr. a riguardo Lancaster 2005, p. 3; Giuliani 2006, p. 222; Greco 2011, p. 62; Lancaster 2015, pp. 19-21.

[6] Sui tipi di leganti si fa riferimento a Pecchioni, Fratini, Cantisani 2008, pp. 27-60. Cfr. inoltre Cap. III, § 2.1.1.

[7] Sulla calcinazione del gesso cfr. Cap. III, § 2.1.2.

[8] Pecchioni, Fratini, Cantisani 2008, pp. 32-40; Cfr. inoltre Cap. III, § 2.1.1.

[9] Cat. *De agr*. XXXVIII, 2 ; Vitr. *De arch*. II, 5, 1; Plin., *N. H*., XXXVI, 174; Fav. IX; Pall. I, 10, 3; Isid. *Orig*., XVI, 3, 10.

-va la cottura di pietre contenenti impurità terrose[10].

I trattatisti latini ponevano poi un'ulteriore distinzione sulla destinazione d'uso delle calci: quelle prodotte da rocce più dure andavano utilizzare per la costruzione di strutture murarie, mentre quelle derivate da rocce più porose dovevano essere riservate alle stesure per intonaci[11].

Campione	MgO	Al_2O_3	SiO_2	Cl_2O	CaO	Fe_2O_3	P_2O_5	K_2O
TEOD_INT_1	1,03	1,22	1,64	-	95,7	-	-	-
VLN_INT_4B	-	-	2,39	-	97,61	-	-	-
PEL_INT_1	0,98	0,88	1,44	-	96,13	0,57	-	-
*	1,7	1,15	1,47	-	95,32	0,36	-	-
*	1,09	1,01	1,28	-	95,95	0,67	-	-
P-CAP_INT_1	1,3	0,74	1,14	-	96,37	0,44	-	-
GTR_INT_4	1,34	1,36	1,72	-	95,16	0,43	-	-
GTR_INT_1	1,63	1,65	1,75	-	94,5	0,47	-	-
COS_INT_1	1,23	1,19	1,78	-	95,4	0,4	-	-
CBF_INT_2	1,66	0,93	1,3	-	95,59	0,53	-	-
BERT_INT_1	1,82	1,74	2,27	-	93,6	0,57	-	-
*	1,25	1,19	1,52	-	95,58	0,46	-	-
PSQ_WM_1	2,85	3,14	8,26	-,4	81,83	1,23	2,29	-
*	2,87	2,96	5,28	-,95	84,45	-	3,48	-
CBF_WM_5	3,16	2,08	5,88	1,01	87,87	-	-	-
GTR_WM_1	1,69	0,93	2,8	-	94,58	-	-	-
*	1,69	0,93	2,8	-	94,58	-	-	-
*	1,06	0,43	2,64	-	95,88	-	-	-
COS_WM_32	-	-	-	-	77,89	3,48	18,63	-
*	-	-	-	-	65,94	3,05	31,01	-
COS_WM_17	0,89	0,91	2,84	-,91	94,46	-	-	-
*	-	-	1,98	-	98,02	-	-	-
COS_WM_5	-	-	-	-	100,00	-	-	-
BRU_WM_11	-	-	2,12	-	97,88	-	-	-
CBF_WM_25	-	-	-	-	100,00	-	-	-
CBF_WM_31	1,95	0,47	4,66	0,71	90,33	0,95	-	0,94
GTR_WM_2	-	-	-	-	100,00	-	-	-

Tab. VIII.1 – caratterizzazione chimica, in ossidi, di una selezione di grumi di legante di miscele di strutture murarie e per intonaci aeree non interessate da alcuna fase di alterazione o neoformazione (reazione pozzolanica).

Il dato aquileiese non sembra allinearsi troppo fedelmente con quest'ultima prescrizione (tab. VII.1). Dall'analisi chimica dei grumi di legante di campioni di malte aeree non alterate da formazioni di fasi antropogeniche[12], è stato osservato come, per la realizzazione di intonaci, le calci impiegate risultino pienamente calciche, con tenori di CaO stimati sempre attorno al 95 %wt. Di contro, una maggior variabilità, indipendente dal periodo o dal tipo di struttura, è stata riscontrata nella calce utilizzata per la realizzazione di altri elementi strutturali, tanto che, in alcuni casi, le impurità, valutate come la somma dei tenori di ossidi di silicio, alluminio e ferro, possono anche superare il 10 %wt. Alla stessa maniera, i campioni di strutture murarie presentano rapporti CaO/MgO della componente legante più variabili rispetto a quanto documentato per i campioni di intonaco (fig. VIII.1, a). In alcuni casi, i tenori di MgO %wt. compresi tra 2,5% e 3,5 %wt., sono caratteristici di calcari magnesiaci o dolomitici (fig. VIII.1, b)[13]. L'analisi EDS dei grumi di legante dimostra una piena compatibilità dei leganti impiegati ad Aquileia con i calcari

[10] ALBERTI 1485, II, 11, pp. 32r-32v. Sappiamo oggi invece come la calcinazione di calcari contenenti impurità terrose o marne sia alla base della produzione della calce idraulica (cfr. Cap. III, §2.1.1; cfr. inoltre *infra.*).

[11] Su questi aspetti cfr. inoltre DIX 1982, p. 334; GIULIANI 2006, p. 213; GRECO 2011, pp. 57, 80; TRAINI 2013, pp. 25-26.

[12] L'analisi qui presentata tiene in considerazione solo i campioni di miscele totalmente aeree, la cui frazione legante non è stata interessata dalla diffusione, attraverso le microporosità dei grumi stessi, di fasi pozzolaniche di tipo C-S-H o AFm, o da formazioni diffuse di fasi M-S-H, prodottesi in seguito a processi di de-dolomitizzazione o ASR (*alkali-silica reaction*), ampiamente documentati in diversi contesti in esame (cfr. *infra*)

[13] *Mineral and Chemical Composition of Pure Limestone* 2011. Sul processo di produzione di calci magnesiache cfr. PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 40-44; cfr. inoltre Cap. III, §2.1.1.

locali, quali possono essere quelli dei comprensori triestini[14], isontini[15] e di area istriana[16]. I medesimi litotipi impiegati nell'edilizia, quale la Pietra d'Aurisina o la Pietra d'Istria[17], potevano quindi anche essere utilizzati per la produzione di calce.

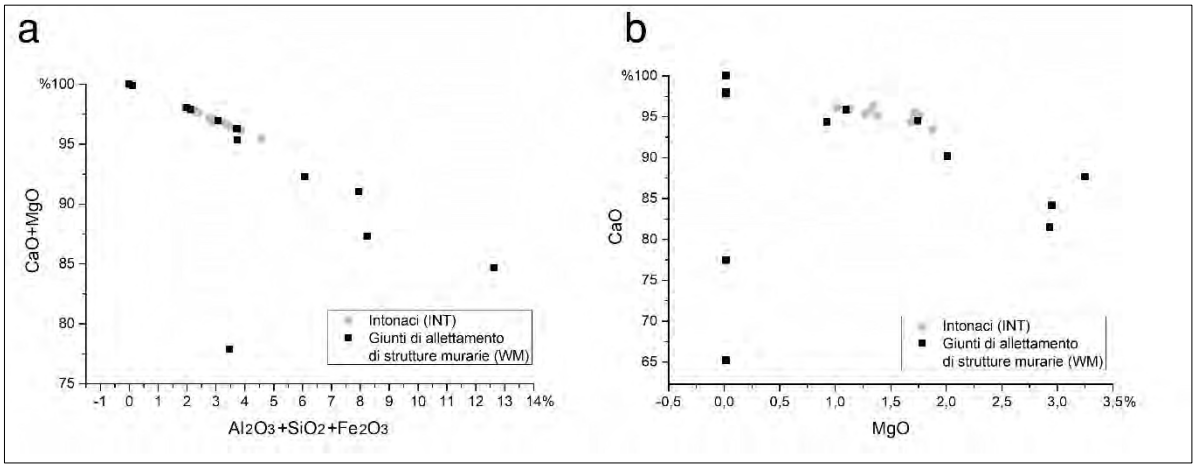


Fig. VIII.1 a) Grafico distributivo dei risultati delle analisi EDS dei grumi di calce di miscele leganti aeree impiegate per la realizzazione di strutture murarie o intonaci. Sull'asse y è raffigurata la componente calcico-magnesiaca (CaO + MgO) del legante, sull'asse x le impurità (Al_2O_3+SiO_2+Fe_2O_3) della pietra originaria. I valori sono espressi in %wt. b) Grafico distributivo dei risultati delle analisi EDS dei grumi di calce di miscele leganti aeree impiegate per la realizzazione di strutture murarie o intonaci Sull'asse y è raffigurata la componente calcica (CaO) del legante, sull'asse y la componente magnesiaca (MgO). I valori sono espressi in %wt.

Sui luoghi in cui veniva prodotta la calce si cercherà ora di far chiarezza. Seppur diversi autori ritengano che venisse prodotta nei pressi delle aree di cavatura della pietra calcarea, in quanto, una volta calcinata, la calce risulta leggera e quindi più facile da trasportare[18], evidenze archeologiche dimostrano come di frequente le calcare venissero impiantate in aree dell'immediato suburbio dei centri urbani o addirittura nelle immediate vicinanze dei cantieri, dove venivano mantenute attive solo per il periodo di tempo necessario all'attività edilizia[19].

Il dato analitico non permette tuttavia di provare alcuna di queste ipotesi per via diretta. Da Aquileia e dal suo suburbio sono note, ad oggi, solo due calcare, una tardo antica, rinvenuta nel fondo Sandrigo, presso la sponda orientale del porto fluviale subito ad est della Natissa[20] ed una seconda, in



Fig. VIII.2 - Aquileia. Particolare della calcara di Belvedere in una fotografia degli scavi di fine ottocento (da MAGGI, MERLATTI, ORIOLO 2011, fig. 4, p. 75.

[14] CARULLI, ONOFRI 1960; CUCCHI, GERDOL 1985.
[15] TENTOR, TUNIS, VENTURINI 1994.
[16] LAZZARINI 2006.
[17] Sull'impiego e provenienza di calcari locali nell'edilizia aquileiese cfr. BONETTO, PREVIATO 2013; PREVIATO 2015, pp. 415-442.
[18] ADAM 2005, p. 126; TRAINI 2013, p. 38.
[19] ADAM 2005, pp. 126-127; TRAINI 2013, pp. 39-40.
[20] Cfr. Cap. VI, §7.

loc. Beligna a sud di Aquileia (fig. VIII.2), il cui *terminus post quem* per la costruzione è fissato alla seconda metà del III sec. d.C.[21]. L'individuazione di blocchi architettonici tra i materiali destinati alla calcinazione all'interno del *fortax* della calcara in loc. Sandrigo forniscono la prova della calcinazione di materiali architettonici spoliati da edifici più antichi, secondo una prassi diffusasi in età romana dal IV sec. d.C. e ben nota anche ad Aquileia[22].

Non abbiamo però alcuna conoscenza dei materiali destinati a calcinazione nelle calcare per periodi antecedenti alla tarda antichità; in altri termini, non è noto se fossero questi blocchi di calcari appositamente commissionati e non fossero piuttosto schegge, scapoli o blocchi di risulta dell'attività edilizia, architettonica o scultorea. Alcuni elementi sembrano suggerire, perlomeno per alcuni dei contesti qui presi in esame, che la calce venisse prodotta direttamente nei pressi delle aree di cantiere anche in periodi precedenti alla tarda antichità, calcinando frammenti e scapoli di rocce carbonatiche. Un primo indizio deriva dall'osservazione del legante dei composti impiegati nei giunti murari dei setti in calcare delle abitazioni nell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite (CBF, Gr 1)[23]. Si è già dimostrato come alcuni di questi setti siano stati realizzati nel corso dell'attività di costruzione della *domus* centrale del settore occidentale dell'isolato. Seppur, come provato da analisi chimica SEM-EDS, il legante impiegato sia prevalentemente una calce puramente calcica, le analisi petrografiche hanno evidenziato l'occorrenza, in alcuni campioni (CBF_WM_6), di relitti di dolomie. Questi sono stati documentati anche in un campione proveniente dal teatro (COM_WM_15), pertinente ad una tamponatura di un radiale della cavea ma ritenuto in fase con le restanti strutture dell'edificio scenico, realizzate, anche in questo caso, con miscele il cui legante risulta essere puramente calcico[24]. La diversa natura chimico-mineralogica dei leganti impiegati in malte di strutture di medesima fase testimonierebbe, innanzitutto, come l'approvvigionamento e l'utilizzo di calci di natura differente anche per una medesima attività costruttiva non fosse un fatto raro in età romana[25]; nel caso aquileiese ciò sembra inoltre dimostrare come la calce impiegata fosse il prodotto della calcinazione di elementi lapidei scartati o avanzati dalle attività costruttive.

Non si deve però del tutto negare la possibilità che anche le stesse ghiaie carbonatiche, spesso utilizzate come aggregato nei composti, potessero essere sfruttate per la produzione di calce[26]. Seppur sconsigliata da Plinio[27], l'attività di calcinazione di ghiaie e ciottoli sembra essere attestata in fornaci romane del comparto friulano[28]. Tuttavia, la ridotta occorrenza di tenori di magnesio nei campioni analizzati tramite indagini SEM-EDS, in accordo con la pressoché totale assenza, dai dati mineralogici, di brucite – fase generalmente prodotta in occasione di calcinazione di dolomie[29] – tenderebbe a porre questa ipotesi quale secondaria, data la discreta occorrenza di dolomie, altamente magnesiache, tra le sabbie e ghiaie di approvvigionamento locale[30].

Sarebbe quindi più opportuno ipotizzare, nuovamente, che le stesse pietre calcaree impiegate nell'edilizia potessero anche essere destinate anche alla calcinazione. Un ulteriore indizio di ciò deriva dall'analisi del campione COS_PREP_4, riferibile al massetto preparatorio del

---

[21] TRAINI 2013, p. 64; GRANDIN 2012-2013, pp. 99-104; MAGGI, MERLATTI, ORIOLO 2011; MAGGI, ORIOLO 2010.

[22] PREVIATO 2015, p. 524.

[23] Cfr. Cap. VI, §5.5.1

[24] Cfr. Cap. VI, §2.5.1.

[25] Una ulteriore evidenza dell'impiego di calce prodotta da calcinazione di rocce differenti proviene da una *domus* presso Via dell'Abbondanza a Pompei (*Regio* IX, *Insula* 12). In questo caso le differenze nei tipi di calce rinvenuti ancora all'interno dei contenitori anforacei sono state ricondotte ad una distinzione intenzionale dei leganti in base alla tipologia di strato preparatorio del *tectorium* (rinzaffo, arriccio, intonachi) in cui dovevano essere applicate (cfr. VARONE 1995; VARONE BEÁRAT 1997).

[26] Cfr. *infra* §1.3.1.1.

[27] PLIN. *N.H.*, XXXVI, 174. Cfr. inoltre TRAINI 2013, p. 28.

[28] Si tratta della Fornace di Sant'Osvaldo a sud di Udine, dove sembra che il materiale impiegato per la calcinazione provenisse da "affioramenti dei depositi fluviali che caratterizzano il sottosuolo" (cfr. MAGGI, MERLATTI, ORIOLO 2011, p. 78). Questa sembra essere una pratica comune in Italia settentrionale in età romana, in quanto i ciottoli da destinare a calcinazione si potevano recuperare in abbondanza lungo i greti fluviali (GIULIANI 2006, p. 214).

[29] BLÄUER-BÖHM, JÄGERS 1997.

[30] Cfr. *infra*, §3.1.

mosaico monocromo della corte di fase IIa della *Domus* di Tito Macro (datata al 90 a.C.), in cui è stato chiaramente osservato un relitto di marmo calcinato[31]. Ciò fornisce innanzitutto una dimostrazione della calcinazione di questo materiale in un momento molto antecedente alla tarda antichità, periodo i cui la pratica divenne talmente comune che il marmo venne inserito da Rutilio Palladio, autore vissuto probabilmente tra il IV e il V sec. d.C., tra i materiali adatti per la calcinazione[32]. Essendo però da escludere la pratica del reimpiego in età repubblicana, è probabile che il clasto marmoreo non rappresenti altro che il relitto non calcinato di residui di taglio prodotti dalla lavorazione di un qualche elemento in marmo, forse pertinente alla decorazione architettonica o statuaria dell'abitazione.

1.1.1.2 - Calce naturale idraulica

Appare del tutto particolare la natura del legante impiegato nella preparazione del calcestruzzo fondazionale individuato nel tratto sud-orientale delle mura repubblicane M1[33], che risulta riconducibile ad una calce idraulica prodotta da cottura di un calcare con infiltrazioni selcifere. È già stato detto come le fonti latine sconsigliassero la calcinazione di pietre calcaree contenenti impurità. Fuorviante è l'indicazione riguardo la calcinazione del *silex*, pietra a cui alludevano gli autori latini non riferendosi ad un calcare con infiltrazioni silicatico-selcifere quanto piuttosto ad una specifica tipologia di calcare. Non vi è accordo infatti tra la menzione vitruviana, che sconsigliava l'utilizzo del *silex*, e il testo pliniano, diretta ripresa dell'opera catoniana, dove invece veniva consigliato in quanto, una volta cotto produceva una calce particolarmente tenace[34]. Tuttavia, di contro alla tradizione teorica, la pratica della calcinazione di marne, se disponibili localmente e facilmente cavabili, è già stata documentata in diversi contesti di epoca romana[35]. Da quanto attestato a livello archeologico, oltre al caso rappresentato dai calcestruzzi costituenti il nucleo dei pilastri di sostegno delle arcate del ponte di Augusto a Narni[36], un legante idraulico naturale derivato dalla calcinazione di calcari selciferi non è però mai stato, ad oggi, documentato nell'Italia romana. Cionondimeno, l'evidenza della formazione di un sistema pozzolanico di tipo C-S-H a base eminentemente silicatica[37] del legante dei campioni M1_PREP_1 e 2 sembra essere comprovato dai risultati dell'indagini mineralogiche condotte su un grumo di legante non miscelato, che hanno restituito elevati tenori di tobermorite 14Å; i caratteristici cristalli aciculari di questa fase sono poi stati chiaramente riconosciuti tramite indagine SEM ad alta risoluzione[38].

Sulla natura delle pietre utilizzate per la produzione della calce idraulica con cui è stata realizzata la colata cementizia nelle fondazioni delle mura M1 non è stata fatta chiarezza. L'ipotesi dell'importazione del materiale forse dall'area di Narni, non sembra essere supportata da alcuna evidenza archeologica. Di contro, si è invece già osservato come la presenza di calcari impuri con infiltrazioni selcifere indistintamente impiegati, assieme ad altre litologie calcaree,

---

[31] Cfr. Cap. VI, §6.5.3.

[32] PALL., *Op. Agr*., I, 10, 3. La calcinazione del marmo è un fenomeno ben documentato in età tarda PLOMMER 1973, p. 37 e nota 1. L'Adam inoltre ci informa era abbastanza frequente nell'Europa Occidentale del tardo impero e nell'Oriente bizantino, realizzare calcare prossime ai grandi edifici da cui venivano dove venivano spogliati i materiali per la produzione di calce e tra questi era impiegati soprattutto quelli marmorei (ADAM 1994, p. 75).

[33] Cfr. Cap. VI, §1.4.

[34] GRECO 2011, p. 81, nota 371. Sui riferimenti letterari cfr. VITR. *De arch*. II, 5, 1; PLIN. *N. H*., XXXVI, 174; CAT. *De agr*. XXXVIII, 2.

[35] Nello studio di alcuni campioni di malte della villa di Baia (LA RUSSA *et alii* 2015), il riconoscimento di impiego di calcare marnoso è confermato dall'occorrenza di aliquote allumino-ferrose consistenti nei grumi di calce non miscelata che terminano un indice di idraulicità (HI index) piuttosto elevato (*ibidem*, pp. 561-564). Per la Villa dell'Oratorio a Pisa (LEZZERINI *et alii* 2017), l'impiego di calce prodotta da cottura delle marne di Alberese e confermata dalla totale assenza di selci nel sistema che permettono di escludere la cottura di calcare selcifero (*ibidem*, p. 612).

[36] CANTISANI *et alii* 2002; DRDÁCKÝ, FRATINI, FRANKEOVÁ, SLÍZŇOVÁ 2013.

[37] Sulle tipologie di reazioni pozzolaniche cfr. Cap. III, §4.

[38] Cfr. Cap. VI, §1.5.2.

nell'edilizia aquileiese, non sia un fatto del tutto inusuale (fig. VIII.3). È quindi verosimile ritenere che il legante impiegato nei campioni M1_PREP_1 e M1_PREP_2 possa derivare dalla calcinazione di un calcare impuro ad alto contenuto di silice, di provenienza probabilmente locale. Calcari con infiltrazioni selcifere sembrano essere presenti nelle formazioni carsiche friulane, alternati a formazioni più pure[39]. Le stesse ghiaie carbonatiche del sistema isontino appaiono compatibili per questo aspetto in quanto presentano spesso infiltrazioni selcifere.

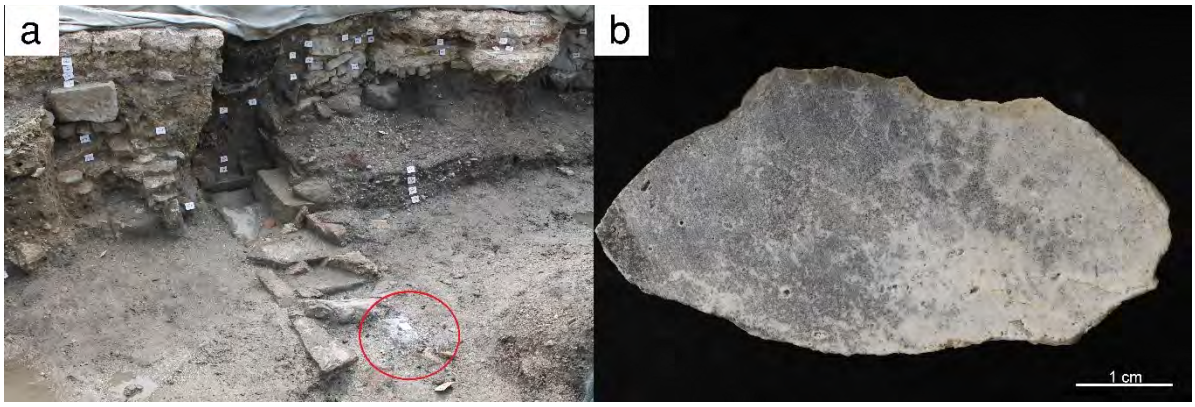


Fig. VIII.3 - Aquileia, *Insula* della casa delle Bestie ferite. a) sottofondo in blocchi di calcare di un condotto di scarico rinvenuto presso le abitazioni dell'area occidentale dell'isolato. In evidenza l'area di campionamento. B) taglio petrografico di un frammento di calcare selcifero. La componente carbonatica (più chiara) è altamente contaminata da infiltrazione silicatiche di selce.

Resta quindi aperto il dubbio se la produzione di un simile materiale legante sia frutto di una volontà specifica o non sia piuttosto esito del caso. Si ribadirà qui come M1_PREP_1 e 2 risultino gli unici campioni in cui sia stato documentato l'impiego di questa particolare calce idraulica ad Aquileia: anche campioni prelevati dalle colate di fondazione in *opus caementicium* costituenti le platee del teatro o dell'anfiteatro, dove è verosimile ritenere fosse necessario predisporre calcestruzzi pozzolanici data la natura cedevole e acquitrinosa del substrato geologico della zona ad occidente della città[40], consistono, di contro, in materiali cementizi a legante calcico che, nel caso dell'anfiteatro, risultano addirittura additivati da una frazione terrigena smagrante tale da rendere i composti nel complesso, non particolarmente tenaci[41].
Non è possibile affermare, ad oggi, se il limitato utilizzo ad Aquileia di questo prodotto sia stato l'esito di: a) un intervento straordinario connesso alle fasi di impianto della cortina, monumento del tutto eccezionale sul piano strutturale e funzionale, tale da richiedere forme e materiali costruttivi – appunto – eccezionali; b) un fenomeno involontario non più ripresentatosi; c) la mancata diffusione, in età imperiale, di saperi e tecniche di età repubblicana; d) la difficoltà di approvvigionamento nei cantieri aquileiesi di una pietra da calce con simili proprietà fisico-composizionali[42].

Se il caso appena descritto appare finora isolato nell'Italia romana (a parte il già citato Ponte di Narni) non è detto che, in futuro, non possano essere trovate nuove attestazioni dell'uso di calci idrauliche in età antica[43]. Ci si auspica quindi che, con il proseguo degli studi su questi

[39] *L'Attività estrattiva in Friuli Venezia Giulia* 2010. Relazione geotecnica.

[40] Nel caso della platea di fondazione del teatro patavino le analisi archeometriche hanno dimostrato l'impiego di perliti locali (Molte Alto, Coli Euganei) impiegate al fine di conferire alla fondazione della solidità del tutto straordinarie (cfr. VOLPIN 2017/2018).

[41] Cfr. Cap. VI, §§2, passim; 3 passim.

[42] Su questi aspetti, già preliminarmente discussi in Cap. VI, §1.6 si tornerà più oltre in §3.1 e in Cap. IX, §2.1.

[43] Già si è osservato come la calcinazione di marne o calcari selciferi non sembra essere un fenomeno del tutto inusuale in età romana. Nello studio di alcuni campioni di malte della villa di Baia (LA RUSSA *et alii* 2015), il riconoscimento di impiego di calcare marnoso è confermato dall'occorrenza di aliquote allumino-ferrose consistenti nei grumi di calce non miscelata che determinano un indice di idraulicità (HI index) piuttosto elevato (*ibidem*, pp. 561-564). Nella Villa dell'Oratorio a Pisa (LEZZERINI *et alii* 2017), sembra essere stata dimostrata la calcinazione di marne del

temi, di pari passo con il perfezionamento delle tecniche analitiche di indagine così come delle nostre conoscenze sui materiali cementizi antichi, si possano colmare alcune delle lacune conoscitive odierne, non solo ampliando le ricerche a nuovi contesti architettonici ma anche riguardando, con occhi più esperti, le stesse strutture già esaminate anni addietro.

1.1.2 - *Leganti argillosi*

Un altro tipo di legante utilizzato ad Aquileia è l'argilla (tab. VIII.2)[44].

Seppur non abbiano avuto largo impiego ad Aquileia, le miscele a legante argillo-siltoso, talvolta miscelato, in rapporti variabili con una componente di calce, trovano applicazione in stesure di allettamento di giunti murari e di spallette di condotti di scarico delle acque o in strutture di copertura di queste ultime[45]. L'uso di leganti misti di calce ed argilla richiama formule preparatorie di età repubblicana menzionate, a livello epigrafico, esclusivamente nella *Lex Puteolana* (CIL X, 1781, II, 19-20) della metà del II sec. a.C.[46], e da Catone che ne consigliava l'utilizzo nei nuclei murari[47]. Seppur, secondo alcuni autori quali Tito Livio e Columella, l'uso di leganti argillosi sia ricondotto ad una tradizione arcaica, forse addirittura derivate da pratiche puniche[48], non mancano casi, ad Aquileia, di un loro uso in fasi tarde[49]. Soprattutto nell'area del suburbio, l'argilla è impiegata non solo nei giunti di allettamento della struttura circolare della calcara rinvenuta presso la banchina orientale del porto fluviale[50], ma fungeva anche da rivestimento di coibentazione interno della camera di combustione (*fortax*)[51], prima che il processo termico ne determinasse la totale sinterizzazione[52].

Troviamo impiego ad Aquileia inoltre di leganti argillosi in stesure di piani pavimentali per esterni (COM_PREP_6), mentre non è stato documentato alcun caso di utilizzo in intonaci parietali. Inoltre, l'argilla, in virtù delle sue caratteristiche impermeabilizzanti[53], riconosciute anche da Columella[54], poteva fungere da legante di composti fondazionali. Nel caso dell'anfiteatro aquileiese, una miscela a legante argilloso miscelato a frammenti e polvere fittile (BRU_PREP_14; BRU_PREP_15) era disposta sul fondo della platea di fondazione dell'edificio,

---

vicino comprensorio di Alberese per la produzione della calce. La totale assenza di selci nel sistema permette di escludere la cottura di calcare selcifero (*ibidem*, p. 612). La calcinazione di calcari selciferi (o marne) per la produzione di calce è stato ipotizzato anche nell'analisi di malte idrauliche del sito di Petra in Giordania (cfr. BONAZZA *et alii* 2013).

[44] Sull'uso, intenzionale o meno, di frazione terrigena in funzione di aggregato "smagrante" negli impasti di miscele aquileiesi si tornerà oltre in questo elaborato §1.3.1.2.

[45] Argilla mista a calce è infatti impiegata negli allettamenti di una canaletta della *Domus* di Tito Macro (COS_CM_2) e per la realizzazione delle coperture dei condotti presso la zona artigianale ad est della città (PFE_CM_1, 2). Allettamenti con argilla erano anche impiegati per la messa in opera delle canne dei pozzi di età tardo repubblicana e alto imperiale della città (PREVIATO 2018, p. 109). Non sappiamo tuttavia in questo caso se la componente argillosa fosse mescolata a calce, aspetto difficilmente verificabile senza analisi petrografiche del materiale

[46] Il composto, definito *opus structile*, consiste in una miscela con legante calcico misto a frazione terrigena (cfr. GRECO 2011, p. 43 e note 208-209.

[47] CAT., *De Agr.*, XIV, 3.

[48] LIV. (*Ab. Urb. Cond*. XXI, 28) fa un biasimo della debole qualità di legante argillosi dei giunti murari delle mura di Sagunto punica (Sul passo in questione cfr. anche GRECO 2011, pp. 91-92); ancora Columella (IX, 7, 4; XI, 3, 54) fa menzione del *lutum punicum*, materiale in questo caso, dotato delle buone proprietà impermeabilizzanti, tipica in ambito punico-cartaginese (cfr. inoltre GRECO 2011, p. 75 e nota 349). Sull'aspetto arcaicizzante degli impasti argiosi cfr. inoltre VITR. *De arch*., II, 1, 2-4.

[49] L'uso di argilla in qualità di legante è riscontrabile anche in contesti di età imperiale e risulta assai diffuso in tutta l'epoca tardo antica (cfr. MEDICI 1999, p. 190).

[50] Sulla calcara presso il fondo Sandrigo (cfr. Cap. VI, §7).

[51] Sull'impiego di argilla per la costruzione e rivestimento di calcare fa menzione Catone (*De agr*., XXXVIII, 3-4). La sua funzione coibentante è ampiamente attestata nei rivestimenti di calcare di età romana (ADAM 2005, p. 120). Tale pratica è attestata anche ad Aquileia per i rivestimenti di altre strutture interpretate come fornaci di laterizi presso il fondo Fonzari, Jole e Nives (cfr. BUCHI 1979, pp. 453-454; BUORA 1987, p. 41; GRANDIN 2012/2013, p. 96).

[52] Cfr. Cap. VI, §7 *passim*.

[53] PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 59

[54] COL. *De agr*. IX, 7, 4.

probabilmente al fine di contrastare la risalita dell'acqua di falda[55]. Le qualità "idrauliche" di questi composti non sono tuttavia comparabili con le miscele pozzolaniche propriamente dette, quali le malte con polvere di cocciopesto ampiamente documentate ad Aquileia in strutture predisposte in contesti umidi o in stesure a diretto contatto con l'acqua[56].

Sotto il profilo composizionale, le argille carbonatiche impiegate nelle miscele aquileiesi, probabilmente depurate da componenti sabbio-ghiaiose più grossolane e appositamente selezionate prima della messa in opera, risultano del tutto compatibili con i terreni alluvionali dell'area veneto-friulana[57].

Campione	Legante	Edificio/struttura	Elemento strutturale	Funzione	Datazione
Strutture murarie					
M1_WM_2	A/C	mura M1	alzato murario (tecn. A8)	allettamento	Prima metà II sec. a.C. (?)
CBF_WM_16B	A	abitazione (*Insula* della Casa delle B. f.)	fondazione muraria (tecn. F1)	allettamento	metà I a.C. - metà I d.C.
CBF_WM_17B	A/C	abitazione (*Insula* della Casa delle B. f.)	fondazione muraria (tecn. F1)	allettamento	metà I a.C. - metà I d.C.
CBF_WM_24B	A	abitazione (*Insula* della Casa delle B. f.)	fondazione muraria (tecn. F1)	allettamento	metà I a.C. - metà I d.C.
PFE_WM_3	A/C	calcara presso sponda orient. del porto fluv.	spallette del *prefurnium*	allettamento	fine IV d.C. - inizio V d.C.
PFE_WM_4	A/C	calcara presso sponda orient. del porto fluv.	spallette del *prefurnium*	allettamento	fine IV d.C. - inizio V d.C.
PFE_WM_5	A	calcara presso sponda orient. del porto fluv.	*fortax* (II fase)	allettamento	fine IV d.C. - inizio V d.C.
PFE_WM_8	A	calcara presso sponda orient. del porto fluv.	tamponamento *prefurnium*	allettamento	fine IV d.C. - inizio V d.C.
PFE_WM_10	A	calcara presso sponda orient. del porto fluv.	*fortax* (I fase)	allettamento	fine IV d.C. - inizio V d.C.
Strutture idrauliche					
COS_CM_2	A/C	*Domus* di Tito Macro	condotto di scarico	allettamento	25-75 d.C.
PFE_CM_1	A/C	Area artigianale ad est del porto fluviale	vasca (?)	-	età flavia - metà II d.C.
PFE_CM_2	A/C	Area artigianale ad est del porto fluviale	condotto di scarico	strut. (copertura)	età flavia - metà II d.C.
Piani pavimentali					
COM_PREP_6	A/C	Teatro (area esterna)	Pavimentazione	piano pavimentale	Tarda antichità (?)
Elementi strutturali do fondazione					
BRU_PREP_14	A/C	Anfiteatro	stesura di fondazione	strutturale	Età Claudia
BRU_PREP_15	A	Anfiteatro	stesura di fondazione	strutturale	Età Claudia
Altre strutture					
PFE_WM_6	A	calcara presso sponda orient. del porto fluv.		Rivestimento	fine IV d.C. - inizio V d.C.
PFE_WM_7	A	calcara presso sponda orient. del porto fluv.		Rivestimento	fine IV d.C. - inizio V d.C.
PFE_WM_9	A	calcara presso sponda orient. del porto fluv.		Rivestimento	fine IV d.C. - inizio V d.C.

Tab. VIII.2 - Tabella dei campioni in cui è impiegato legante argi lloso (A), o misto ad argilla e calce (A/C).

1.2 - ACQUA

Seppur fosse un elemento fondamentale per la produzione degli impasti dei materiali cementizi, è molto difficile ottenere informazioni circa l'acqua utilizzata per la produzione delle miscele leganti antiche, dato che non resta, molto spesso, alcuna traccia a livello archeologico. Di conseguenza, anche negli studi incentrati sull'analisi di malte storiche il dato sull'acqua è assente o raramente ricercato. Alla stessa maniera, anche negli studi di anni recenti dedicati all'analisi di grandi cantieri della stessa Roma, sulle modalità di approvvigionamento dell'acqua e sulle modalità di utilizzo di questa risorsa non viene fatta alcuna menzione[58], se non in un numero assai limitato di casi[59].

Pure le fonti antiche non vengono in aiuto in questa ricerca. Anzi, da quanto tramandatoci, sembra che non venisse riposta particolare attenzione nella qualità dell'acqua da utilizzare nella produzione di miscele leganti[60]. Maggior interesse era rivolto, in particolar modo da Plinio e da Vitruvio, nelle caratteristiche dei liquidi da usare per lo spegnimento della calce viva[61]. È già stato detto come, da letteratura tecnica in materia, l'acqua più adatta per la produzione di malte e calcestruzzi sia quella limpida e dolce, mentre in ordine decrescente vi è quella di fiume, di

[55] Sulla platea di fondazione dell'anfiteatro cfr. considerazioni al Cap. VI, §2.6.
[56] Cfr. §§2.1.3.2 e 2.1.3.3.
[57] FONTANA 2006, pp. 60-63.
[58] Cfr. ad esempio LANCASTER 2000; BIANCHI, MENEGHINI 2002; GIAVARINI 2005; MENEGHINI, BIANCHI 2010.
[59] DELAINE 1997, p. 131.
[60] GRECO 2011, pp. 18-19 e nota 44.
[61] VITR. *De arch*. VII, 2, 2; VII, 3, 6; PLIN. *N. H.*, XXXVI, 174-176. Cfr. inoltre: AGOS. *De civit*. 21, 4

lago e infine, di pozzo. L'uso di acqua di mare infine è sconsigliato perché la salinità rallenterebbe i tempi di presa dei composti[62]. Era infatti consigliato dagli autori antichi l'utilizzo di sabbia di cava in quanto quella marina era caratterizzata dalla presenza di salsedine, che doveva essere opportunamente rimossa tramite lavaggio[63].

In controtendenza rispetto allo scenario qui delineato, in particolar modo grazie alle analisi SEM-EDS è stato possibile ottenere, indirettamente, informazioni sulla natura dell'acqua impiegata per il confezionamento delle miscele e sulle modalità dell'approvvigionamento di questa risorsa nei cantieri aquileiesi. Come si è supposto, la formazione di fasi M-S-H in alcuni campioni non associata a contaminazioni di altra natura, è stata correlata ad un attivatore che ha determinato l'aumento del pH specifico dei composti[64]; in assenza di aggregati pozzolanici, l'aumento del pH è stato ricondotto alla presenza di cloruro di sodio (NaCl) disciolto nell'acqua impiegata al momento di produzione delle miscele leganti[65]. La diffusione stessa di M-S-H nelle matrici, valutata in base al tasso %wt. dei tenori del silicio e di magnesio in relazione %wt. della componente calcica, è stata parametrizzata, permettendo così di descrivere i campioni in base al un tasso di presenza di questa componente da bassa/assente a molto elevata (fig. VIII.4).

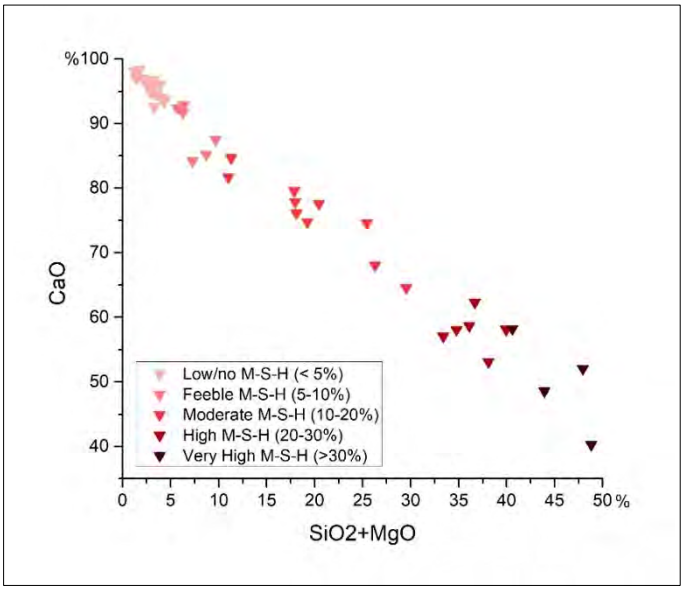


Fig. VIII.4 - Grafico distributivo dei risultati delle analisi EDS su matrici leganti di campioni aquileiesi interessati dalla formazione di fasi M-S-H. Sull'asse y è rappresentata la componente calcica del legante, sull'asse x le fasi M-S-H descritte dalla somma dei valori %wt di silicio e magnesio (SiO_2+MgO). In gradazione di intensità sono rappresentati i campioni per cui si suppone la presenza di fasi M-S-H antropogeniche, da poco o nulla fino a molto elevata.

I campioni connotati da elevati tenori di M-S-H, ossia quelli in cui la salinità dell'acqua dovrebbe aver inciso in maniera più significativa, risultano essere soprattutto quelli provenienti da strutture ed edifici collocati nella porzione sud-occidentale della città, quali il teatro, i tratti occidentali della cinta tardo-antica (M2) e bizantina (M4) e, in minor misura, l'anfiteatro (fig. VIII.5, a). In miscele per elementi strutturali (malte in giunti di setti murari, colate cementizie di fondazione, strutture idrauliche) l'occorrenza di fasi M-S-H risulta inoltre maggiore rispetto a quelle provenienti da altri elementi architettonici quali preparazioni e piani pavimentali o, soprattutto, stesure di malte costituenti il *tectorium* per intonaci, dove il tasso percentuale è sempre inferiore ad 1,0 %wt. (fig. VIII.5, b). Ancora, sembrano essere maggiormente interessati dalla formazione di queste fasi i campioni da composti cementizi per elementi strutturali di edifici pubblici piuttosto che quelli afferenti a strutture in edifici di natura privata (fig. VIII.5, c). Di

[62] GIULIANI 2006, p. 220; PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 101; cfr. inoltre Cap. III, §2.2.

[63] VITR. *De arch.*, II, 4, 2.

[64] Il dataset di riferimento per questa indagine è stato ristretto ai risultati delle analisi chimiche qualitative condotte su quei campioni le cui matrici leganti hanno restituito picchi nei tenori di silicio e magnesio con frazione alluminosa assente o, se presente, < al 5% wt. tot. In tale maniera sono state escluse da questo conteggio tutti quei campioni con occorrenza di fasi pozzolaniche a base alluminosa (Afm), silicatico-alluminosa (C-A-S-H) o contaminate da una frazione fine di natura argillosa/fittile, per le quali risulta arduo ascrivere ad una piuttosto che ad un'altra componente le rispettive percentuali in presenza degli elementi chimici. Alla stessa maniera, anche i campioni per cui è stata osservata la presenza di pure fasi C-S-H (M1-PREP_1, 2), in assenza dei picchi dell'alluminio, sono stati esclusi dal computo in quanto non risulta possibile parametrizzare i rispettivi apporti nella formazione delle fasi M-S-H e C-S-H sulla base della sola osservazione dello spettro chimico.

[65] Sulla natura delle fasi M-S-H, cfr. Cap. III, §4.

contro, la cronologia di produzione non sembra essere un elemento determinante nella distribuzione delle fasi M-S-H (fig. VIII.5, d).

Tali modelli associativi non sembrano affatto casuali ma possono trovare spiegazione se messi in relazione col palinsesto geografico-pedologico di Aquileia e, in secondo luogo, con l'organizzazione dei cantieri e la funzione degli elementi strutturali o decorativi per cui le miscele erano predisposte (fig. VIII.6).

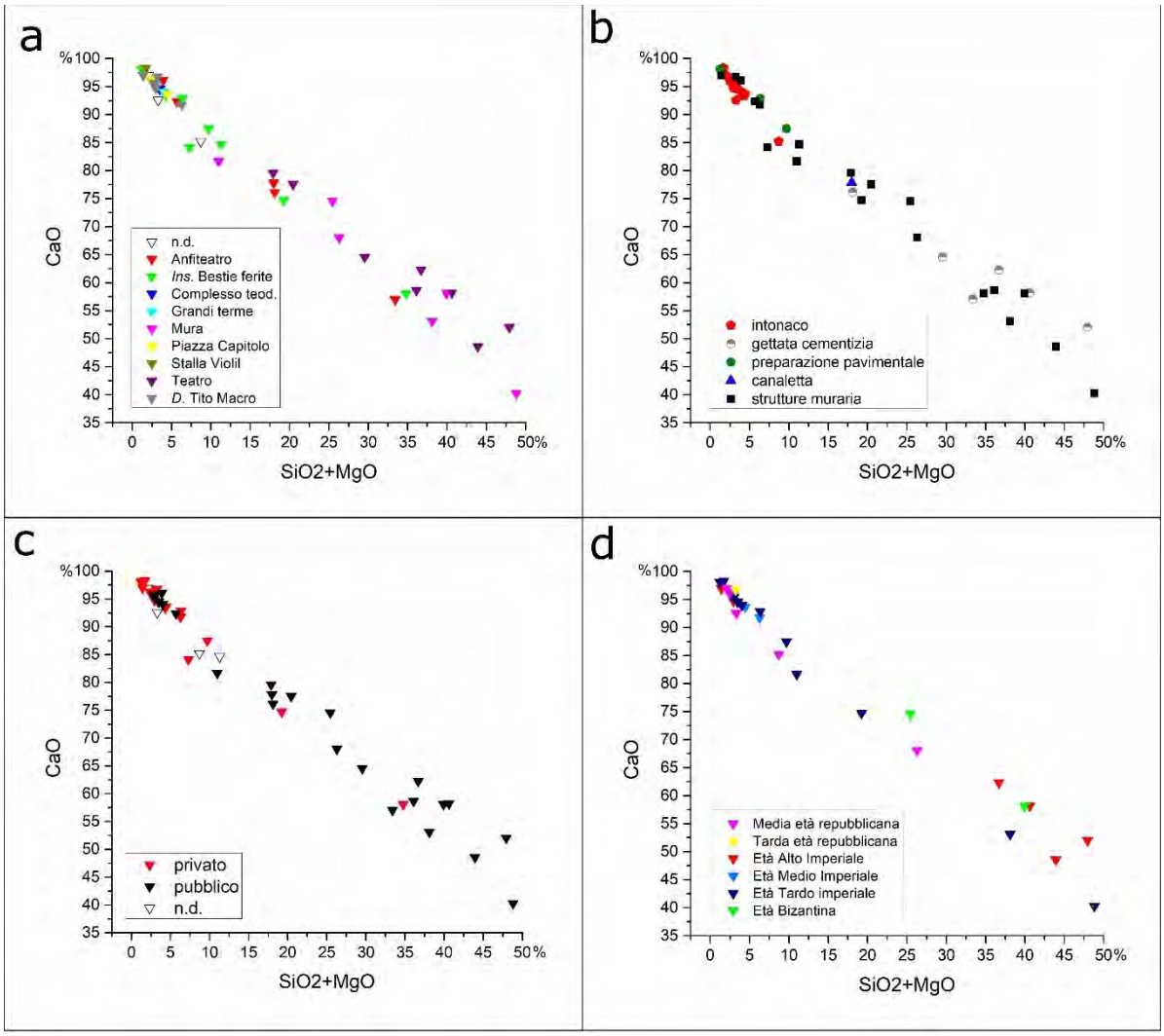


Fig. VIII.5 – Grafico distributivo dei risultati delle analisi EDS su matrici leganti di campioni aquileiesi interessati dalla formazione di fasi M-S-H. Sull'asse y è raffigurata la componente calcica del legante, sull'asse x le fasi M-S-H descritte dalla somma dei valori %wt di silicio e magnesio (SiO_2+MgO) in relazione a: a) complesso architettonico di provenienza; b) elemento strutturale; c) destinazione funzionale del complesso architettonico; d) cronologia.

È infatti altamente plausibile che, nel corso della realizzazione di imponenti edifici pubblici, le modalità di approvvigionamento dell'acqua necessaria alla produzione di materiali leganti e la dislocazione delle risorse idriche giocassero un ruolo fondamentale nelle dinamiche di cantiere. Come detto, i campioni prelevati da elementi strutturali di edifici collocati nella zona sud-occidentale della città di Aquileia, quali il teatro e i tratti occidentali delle cinte M2 e M4, risultano essere quelli maggiormente interessati dalla formazione di fasi M-S-H. Ora va considerato innanzitutto come, se posti in relazione con la distribuzione delle diverse risorse acquifere di cui poteva disporre la città antica, si può osservare come l'acquedotto, sicuramente attivo tra I e II sec. d.C., e rispettivo *castellum aquae*, siano collocati ad una distanza considerevole rispetto

agli edifici della zona sud-occidentale[66]. Inoltre, si deve tenere presente che l'installazione delle *fistulae* e dei condotti di snodo per l'adduzione dell'acqua[67] dovesse avvenire, con tutta probabilità, in un momento successivo all'impianto perlomeno delle loro fondazioni degli edifici.

In seconda battuta, osservando la pianta della città antica si può subito notare si può osservare come i quartieri occidentali possano distare tra i 450 m (ad est) e i 550 m (a sud) rispetto al corso del *Natiso cum Turro.* Gli edifici qui collocati erano pertanto quelli posti a maggior distanza dal corso del fiume che, perlomeno fino all'età alto imperiale, doveva avere ancora un'elevata portata idrica[68]. Le fonti acquifere sopra menzionate risultano quindi quelle meno facilmente raggiungibili in termini di prossimità alle aree di cantiere.

Appare infatti arduo tenere qui in considerazione quali fonti di approvvigionamento d'acqua alcuni modesti pozzi, messi in luce nei pressi del teatro e del saliente d'angolo delle mura M4, di cui non sono note, tra l'altro, le cronologie di costruzione e defunzionalizzazione[69]. Date le tonnellate di malte e calcestruzzi che venivano prodotte nel corso della costruzione degli imponenti edifici pubblici aquileiesi, la necessità idrica doveva essere ingente. Quantità d'acqua sufficienti a soddisfarne la domanda in tempi brevi potevano essere ricavate solo sfruttando ampi bacini idrici e i più vicini rispetto alle strutture sopra menzionate risultano essere il Canale Anfora o gli acquitrini dell'area delle c.d. Marignane. Il primo, ubicato a poca distanza dal teatro, doveva essere probabilmente già attivo negli anni in cui venne costruito l'edificio per spettacoli[70] e, come dimostrato da diversi studi[71], attingeva acqua salmastra di risalita dalla Laguna di Marano. Più difficile supporre tuttavia che le acque dell'Anfora fossero sfruttate al momento della realizzazione della cinta M2[72] e, in particolar modo, della cinta M4 di età bizantina, periodo in cui sembra che il canale fosse già stato in gran parte interrato[73]. Per le fasi tarde è quindi più plausibile riconoscere nelle paludi ed acquitrini salmastri della zona depressa delle Marignane[74] le risorse idriche più adeguate a cui attingere l'acqua necessaria alla produzione delle miscele utilizzate nella costruzione dei tratti occidentali delle mura tardo-antiche e bizantine.

Dove più facilmente accessibile, l'acqua per la produzione di materiali cementizi poteva essere reperita anche dalle altre fonti disponibili. Già all'anfiteatro, i campioni provenienti da livelli di fondazione della platea non sembrano presentare occorrenza di fasi M-S-H in misura comparabile con quanto riscontrato per il teatro. Egualmente, anche il campione M2_WM_11, prelevato dal tratto sud della cinta M2, ha sì restituito occorrenza di M-S-H ma in misura del tutto inferiore rispetto a quanto rilevato per i campioni provenienti dal tratto occidentale della cinta. Appare quindi chiaro come, sia per l'anfiteatro che per l'area meridionale delle mura M2, un ampio bacino di rifornimento idrico potesse essere riconosciuto nello stesso *Natiso cum Turro* nel cui alveo fluiva acqua dolce di risorgiva, perlomeno fino al IV sec. d.C. quando il corso fluviale venne progressivamente impaludandosi e insabbiandosi[75].

Nell'ambito della costruzione o nel corso di restauri di edifici minori, quali le abitazioni, si poteva contare anche sui diversi pozzi di captazione della falda freatica per l'approvvigionamento dell'acqua necessaria alla produzione delle miscele, a cui si può aggiungere, dall'età alto-

[66] Sulla cronologia di realizzazione dell'acquedotto aquileiese non è ancora stata fatta chiarezza (cfr. a riguardo, da ultimo PREVIATO 2018, pp. 122-124). La collocazione del *castellum aquae* a nord-est del foro non è tuttavia del tutto certa (PREVIATO 2018, p. 113 e nota 28).

[67] Sulla distribuzione delle *fistulae* ad Aquileia cfr. da ultimo PREVIATO 2018, p. 113-121.

[68] Cfr. Cap. II, §3.1.

[69] PREVIATO 2015, p. 333 e nota 303; PREVIATO 2018, fig. 10. p. 123.

[70] Cfr. Cap. II, §3.1.

[71] SECCO *et alii* 2011; MAROCCO, MELIS 2018, in particolare p. 39. Cfr. inoltre. Cap. VI, §2.6.

[72] Cfr. Cap. VI, §2.2.

[73] Nel caso della cinta M4 è possibile che il cloruro di sodio non fosse contenuto dall'acqua impiegata nel confezionamento delle miscele ma potrebbe rappresentare un portato dell'aggregato conchiglifero, verosimilmente prelevato dal litorale marittimo nei pressi di Grado e messo in opera senza un adeguato lavaggio (cfr. *infra* e Cap. VI, §1.6.4).

[74] Non sappiamo comunque come l'acqua venisse trasportata nel cantiere, se tramite l'uso di botti, di cui non resta però alcuna testimonianza archeologica, o direttamente convogliata tramite condotti nelle aree di lavorazione.

[75] Cfr. Cap. II, §3.2.

imperiale, anche quella portata dall'acquedotto, che veniva poi diramata in città attraverso condotti e *fistulae*.

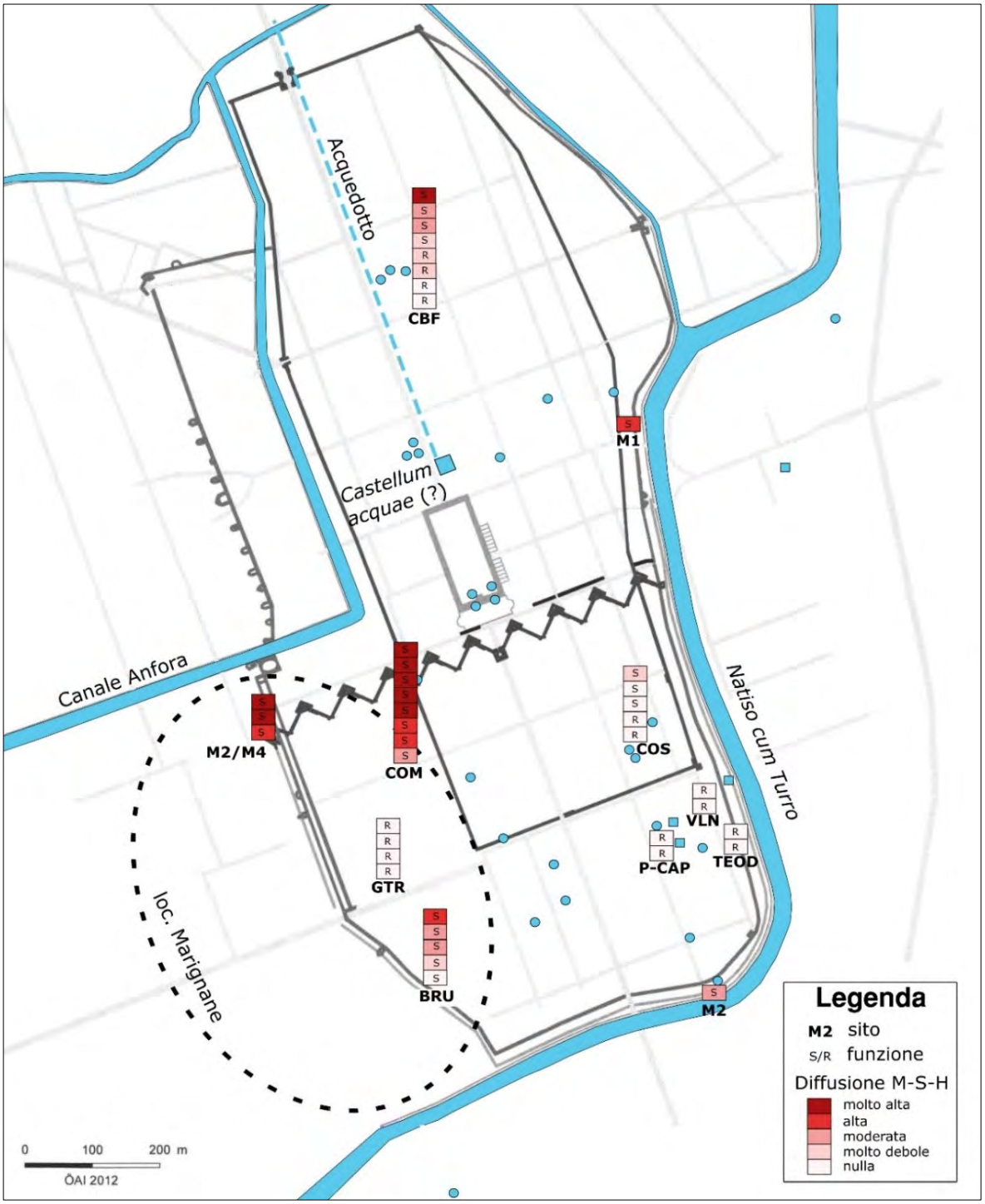


Fig. VIII.6 – Aquileia, distribuzione spaziale dei campioni con provenienza nota in relazione alla formazione di fasi M-S-H. In evidenza la distribuzione delle risorse idriche disponibili per la produzione di materiali cementizi (mod. da GROH 2011, fig. 10 p. 176 e PREVIATO 2018, fig. 10, p. 123). In grassetto le sigle dei diversi contesti architettonici campionati: BRU=Anfiteatro; CBF= *Insula* della casa delle bestie ferite; COM= teatro; COS=*Domus* di Tito Macro; M1=cinta repubblicana; M2: cinta tardoantica; M4=cinta bizantina; P-CAP=Abitazioni sotto Piazza Capitolo; TEOD=Complesso teodoriano; VLN=Complesso plurifase presso Stalla Violin. Sono inoltre stati distinti i campioni in base a: S=impiego in elementi con funzione architettonico-strutturale (setti murari, gettate di fondazione; strutture idrauliche); R=impiego in stesure di supporto ad elementi con funzione decorativa o di rivestimento (intonaci parietali, piani pavimentali).

È anche necessario soffermarsi sulla distinzione tra i campioni riferibili a miscele impiegate per elementi con funzione strutturale rispetto a quelli afferenti a stesure di supporto di elementi con funzione decorativa o di rivestimento, dove nell'occorrenza di fasi M-S-H è sempre debole o nulla.

É risaputo come la presenza in materiali cementizi di un elevato quantitativo di sali disciolti possa essere causa della formazione di croste ed efflorescenze[76] che sono particolarmente dannose soprattutto nel caso in cui i composti debbano fungere da supporto alla stesura di pigmenti. Per la realizzazione di *tectoria* di intonaci, era meglio quindi utilizzare acqua dolce, limpida e pulita in quantità che dovevano essere sicuramente inferiori rispetto a quelle necessarie per la produzione delle tonnellate di calcestruzzi da gettare nelle fondazioni di grandi edifici pubblici. Un elemento dirimente di questo assunto è stato restituito grazie alle analisi chimiche delle matrici leganti degli intonaci provenienti dalle Grandi Terme costantiniane. Seppur l'edificio sia collocato nella zona occidentale della città, ossia quella da cui provengono i campioni caratterizzati da più sostenuta formazione di M-S-H, tutti gli intonaci analizzati non sembrano restituire traccia della formazione di questa fase. Essendo inoltre pertinenti ad un intervento di restauro delle decorazioni dei settori termali meridionali[77], è del tutto verosimile supporre che per la realizzazione degli impasti degli strati dei *tectoria* siano state sfruttate le ampie risorse idriche di cui disponeva l'edificio.

Anche in ambito privato, per le modeste stesure in malta dei rivestimenti parietali o pavimentali, sicuramente messe in opera dopo che fondazioni e alzati murari, nonché i sottoservizi degli edifici stessi, erano già stati predisposti, si poteva usare la stessa acqua impiegata nelle attività domestiche o quella consumata a fini alimentari.

Nel complesso sembra dunque confermarsi quanto espresso dalle fonti scritte seppur non dichiaratamente. Che vi fosse una limitata attenzione nelle forme di approvvigionamento dell'acqua da utilizzare negli impasti delle miscele per elementi con funzione architettonico-strutturale, appare infatti chiaro; la vicinanza e la portata idrica sembrano essere i fattori determinanti nella scelta del bacino da cui attingere l'acqua. Solo per la realizzazione di composti più delicati, quali quelli da applicare negli strati di supporto di intonaci o di piani pavimentali, le maestranze prediligevano l'utilizzo di acqua pulita, magari prendendola direttamente dai pozzi e dalla rete di adduzione idrica. L'impiego di acqua salata nei composti, che altera le proprietà fisico-meccaniche dei composti, non sembrerebbe, alla luce di questo esposto, associabile ad un fatto intenzionale, ma sembrerebbe dipendere eminentemente dalla disponibilità di questa risorsa. Seppur sia stato osservato come la formazione di M-S-H possa migliorare la coesione dei composti col tempo, è probabile che questo fenomeno chimico derivato dall'uso di acqua salata o salmastra non f, o non altrettanto conosciuto come i tradizionali effetti pozzolanici derivati dall'uso di ceneri vulcaniche e polveri fittili.

1.3 - AGGREGATI

Sono diversi i tipi di aggregato impiegati nella produzione di miscele leganti ad Aquileia. In massima parte è litoide di origine geologica (sabbie, ghiaia, schegge lapidee etc.) seppur vi è prova dell'uso anche di aggregati inorganici di origine animale (conchiglie). Laddove necessario, specifiche materie prime (calcite spatica/marmo) venivano commissionate per la preparazione di malte e calcestruzzi destinati a svolgere una determinata funzione. Tra questi vi era il ricorso ricorrente all'impiego di elementi fittili che, soprattutto se macinati in polvere, potevano conferire alle miscele discrete proprietà pozzolaniche[78].

Per maggior chiarezza, verranno di seguito descritte le tipologie di aggregato in base alla composizione materica e alla conformazione strutturale dei clasti secondo questa definizione:

[76] MENICALI 1992, p. 127; PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 101;
[77] RUBINICH 2012, in particolare pp. 235-237; cfr. inoltre Cap. VII, §1.
[78] Sulla distinzione granulometrica degli elementi fittili e sul loro contributo pozzolanico cfr. *infra*.

a) aggregati litici non meccanicamente trattati dall'uomo da attività di frammentazione meccanica (ghiaie e sabbie; limi e argille); b) aggregati litici meccanicamente trattati, ossia prodotti da frammentazione meccanica di minerali e rocce; c) Aggregati artificiali prodotti dall'uomo e meccanicamente trattati, tra cui vanno annoverati frammenti e polvere fittile; d) aggregati inorganici di genesi animale trattati o non oggetto di frantumazione meccanica (conchiglie).

1.3.1 - *Aggregato litico non meccanicamente frammentato*

Con aggregato litico non meccanicamente frammentato vengono considerati tutti i minerali e le rocce che sono stati impiegati quali aggregati in miscele così come erano rinvenuti in natura, quali le ghiaie e le sabbie o i limi e le argille.

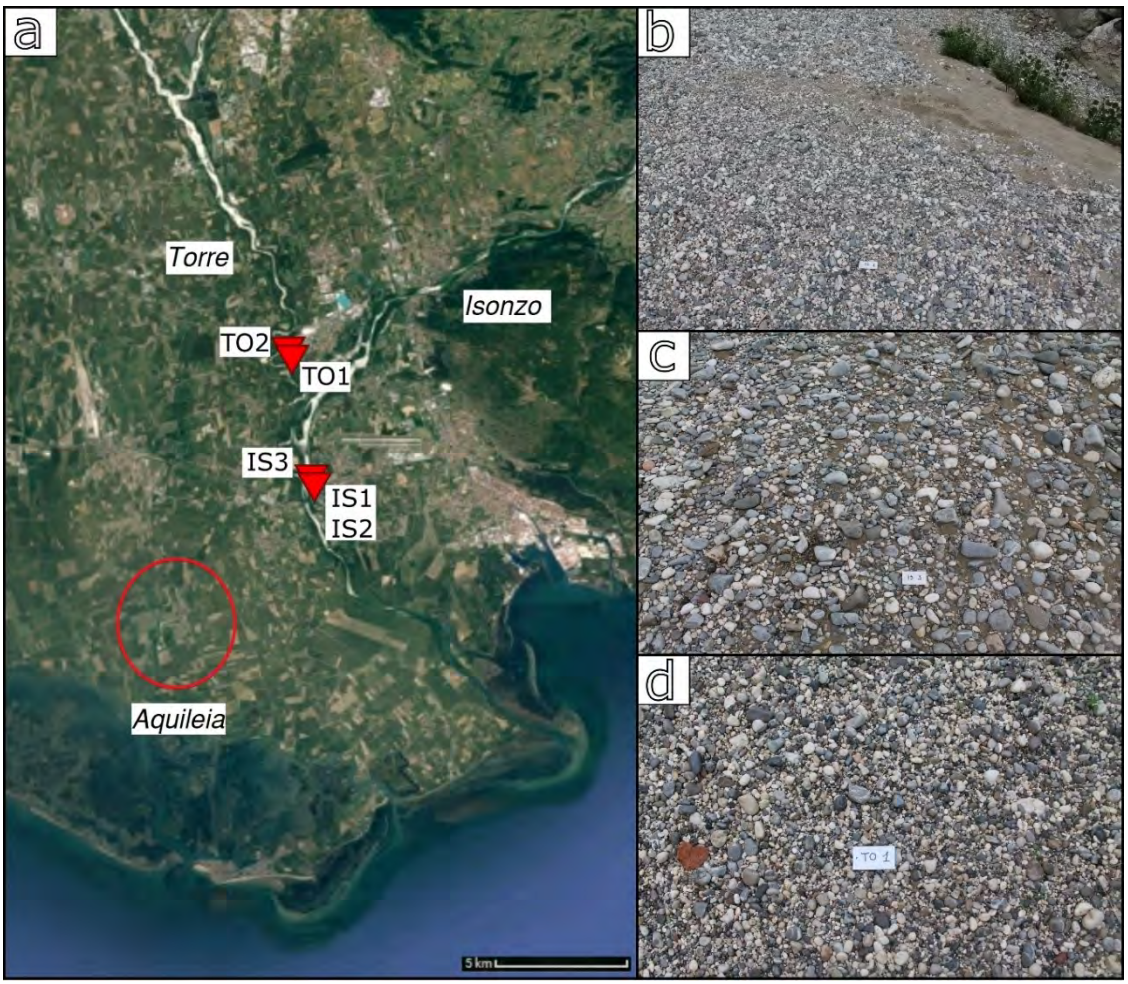


Fig. VIII.7 – Bassa pianura friulana. a) mappa distributiva delle aree di campionamento di sabbie e ghiaie dai principali fiumi del territorio circostante Aquileia. IS = Isonzo; To = Torre; b) campionamento deposito ghiaioso del greto dell'Isonzo (IS1); campionamento deposito ghiaio-sabbioso del greto dell'Isonzo (IS3); campionamento deposito ghiaioso del greto del Torre (TO1).

1.3.1.1 - Aggregato sabbio ghiaioso locale

Tra gli aggregati più largamente impiegati nella preparazione di materiali cementizi ad Aquileia vi sono sicuramente le sabbie e le ghiaie[79]. Se le prime sono presenti nella maggioranza

[79] Sulla distinzione di sabbie e ghiaie si fa sempre riferimento alla scala granulometrica su base dimensionale riportata in WENTWORTH 1922.

dei composti analizzati, le seconde trovano principale applicazione in miscele a legante calcico, quali malte di calce a frazione ghiaiosa o calcestruzzi[80].

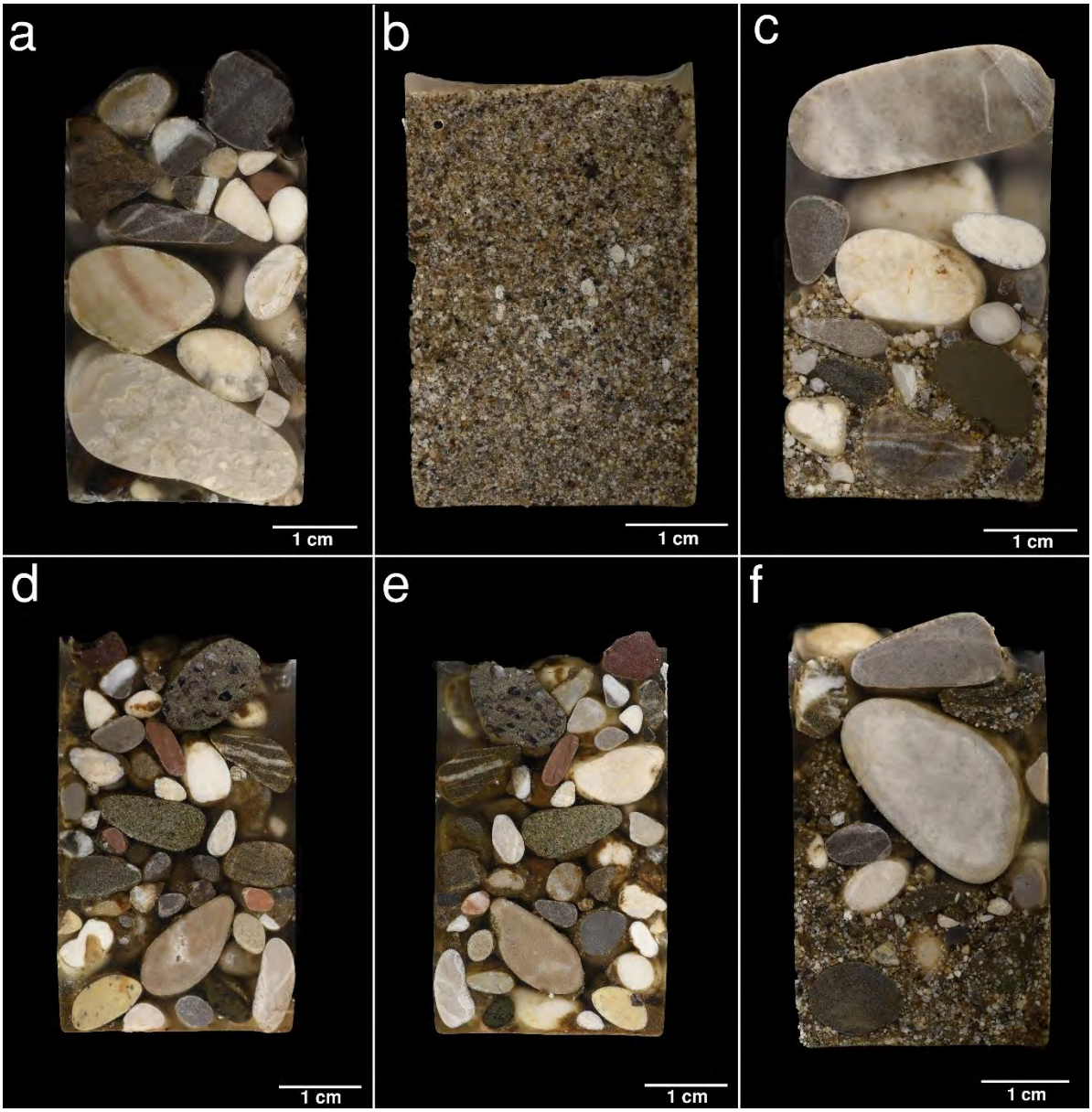


Fig. VIII.8 – Campioni di sabbie e ghiaie dei greti del fiume Isonzo e Torre. a) IS1 (Isonzo); b) IS2 (Isonzo); IS3 (Isonzo); TO1 (Torre); TO1bis (Torre); TO2 (Torre).

L'elevato grado di arrotondamento dimostra un approvvigionamento delle sabbie e delle ghiaie da depositi di origine fluviale, in perfetto accordo con la tradizione scritta che prevedeva lo sfruttamento dell'*harena fluviatica* per la produzione di materiali cementizi[81]. Alle sabbie di origine fluviale (o marina) erano però preferibili quelle di cava, ossia le *harenae fossiciae*, riconosciute dalla recente letteratura archeologica in quelle sabbie vulcaniche di origine piroclastica dei distretti vulcanici di area etrusco-laziale[82], di cui non sembra invece esservi traccia nei materiali cementizi analizzati in questo studio.

[80] Sulle tipologie di miscele aquileiesi cfr. §2.
[81] VITR. *De arch*., I, 2, 8; II, 4, 2-3; II, 5, 1; PLIN. *N. H*., XXXVI, 175; FAV. VIII, 2; PALL. *De agr*., I, 10, 2.
[82] JACKSON, KOSSO, MARRA, HAY 2006; JACKSON *et alii* 2007; D'AMBROSIO *et alii* 2015.

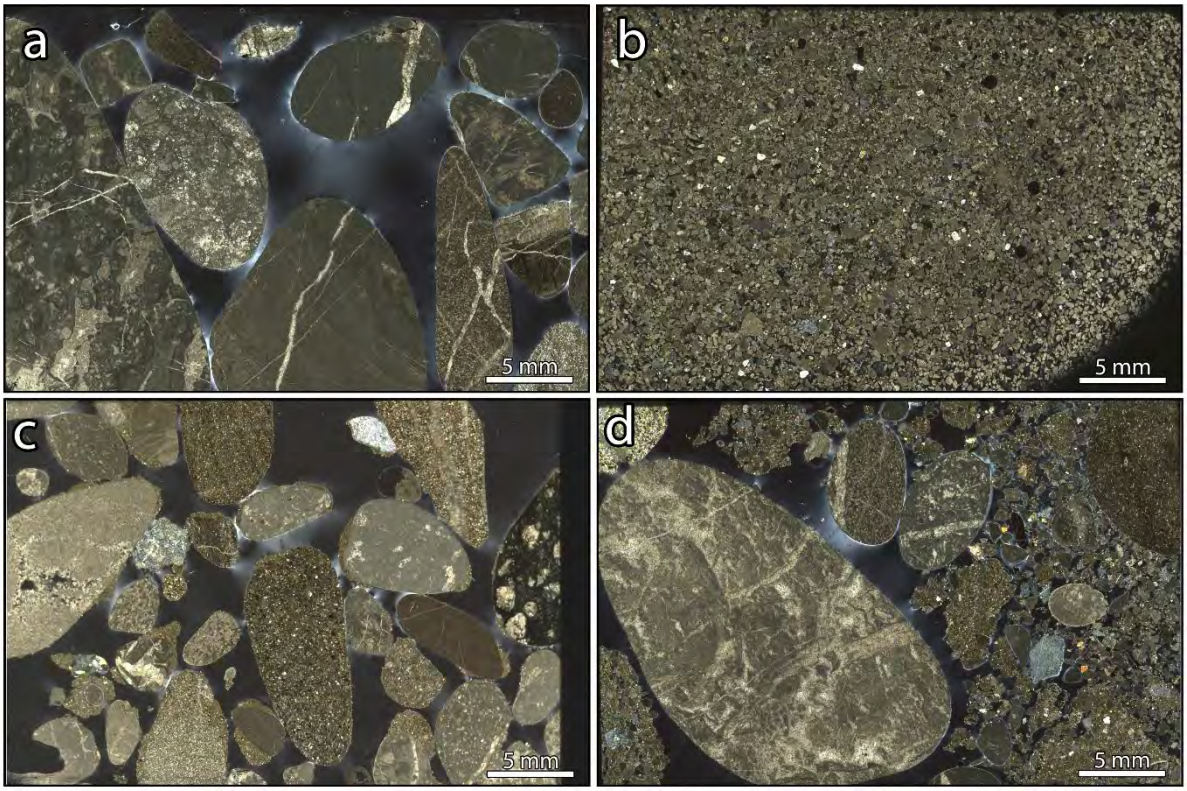


Fig. VIII.9 – Acquisizioni in microscopia ottica polarizzata a luce trasmessa (nicol incrociati) dei campioni di sabbie e ghiaie prelevati dai depositi fluviali moderni della pianura friulana orientale. a) IS_1; b) IS_2; c) TO_1; d) TO_2.

La stragrande maggioranza delle sabbie e ghiaie delle miscele aquileiesi ha provenienza locale e risulta del tutto compatibile, sotto il profilo petrografico-mineralogico, nonché granulometrico-dimensionale, con i depositi fluviali sabbio-ghiaiosi isontini[83]. Alcuni campioni prelevati da depositi moderni dei greti fluviali sabbio-ghiaiosi del fiume Isonzo (fig. VIII.7, a-c)[84] restituiscono infatti un profilo petrografico del tutto affine alla frazione d'aggregato dei campioni archeologici. Macroscopicamente si presentano come ghiaie "grigio-cilestine", con subordinati calcari bianchi del Dachstein e con scarsa presenza di arenarie rosse e rocce verdi (fig. VIII.8, a-c, tav. 12). Al microscopio polarizzatore, la componente sabbio-ghiaiosa si compone di dominanti granuli carbonatici (calcari e dolomie) dalla tipica alta birifrangenza alterati a più sporadici clasti dai bassi colori di interferenza. Le ghiaie calcaree sono principalmente del tipo mudstone con rari foraminiferi, o wackestone con elevata frazione fossile. In alcuni clasti carbonatici, prevalentemente calcari sparitici, non è raro osservare infiltrazioni silicatico-selcifere. Secondariamente vi è occorrenza, talvolta cospicua, di selci e quarzo prevalentemente monocristallino. In misura minore sono presenti ghiaie di arenaria (fig. VIII.9, a-b). In traccia sono rappresentati minerali singoli di plagioclasici (albite) e miche (muscovite).

Determinare, su base petrografica o mineralogica, lo specifico bacino fluviale di provenienza delle sabbie e ghiaie presenti nelle miscele aquileiesi è piuttosto complesso. Non è affatto semplice distinguere i depositi fluviali isontini da quelli dell'antico *Natiso cum Turro* soprattutto se si considerano le ingenti modificazioni che interessarono il paesaggio fluviale delle Bassa Pianura friulana nel corso dei secoli[85]. Inoltre, ulteriori mutamenti dei bacini di approvvigiona-

[83] GAZZI, ZUFFA, GANDOLFI, PAGANESE 1973, pp. 7, 10-13, p. 16, fig. 11, tab. 1a, p. 28; MAROCCO 2009, p. 73.

[84] Si presuppone che la natura dei depositi sabbio-ghiaiosi moderni dei fiumi Isonzo, Natisone e Torre non sia dissimile da quella di età antica.

[85] Secondo G. Marocco e L. Lenardon, alcune leggere differenze nella presenza di minerali pesanti specifici potrebbero consentire di circoscriverne i diversi apporti. In particolare, La presenza di picotite appare maggiore nei

mento locale delle materie prime possano essere stati causati non solo dall'evoluzione geomorfologica, ma anche dalle differenti modalità di controllo politico-amministrativo e gestionale del territorio contermine alla città di Aquileia tra l'età romana e l'alto medioevo. L'insabbiamento progressivo del *Natiso cum Turro*, così come i diversi fenomeni di avulsione ad oriente del corso dell'Isonzo, particolarmente accentuati in età medio-imperiale e tardoantica[86], possono aver determinato lo sfruttamento di bacini estrattivi differenti nelle diverse epoche. Non è però possibile osservare, tramite indagine petrografica o mineralogica, alcuna sostanziale distinzione tra gli apporti fluviali del complesso isontino propriamente detti, i depositi sabbiosi delle dune in loc. Belvedere e Beligna[87] e gli stessi litorali costieri dalla foce dell'Isonzo fino a Lignano. Diversi studi hanno infatti dimostrato come la genesi di queste formazioni dipenda in massima parte da dispersioni di sedimenti del fiume Isonzo[88]. Non si può quindi escludere che anche i depositi sabbio-ghiaiosi peri-litoranei e costieri possano essere stati sfruttati per determinati periodi. Per il periodo alto medievale sembra essere stata riconosciuta l'area di approvvigionamento dell'aggregato sabbioso dalle aree costiere del litorale friulano prossimo al centro di Aquileia[89]

In alcuni casi però è stato chiaramente possibile distinguere la presenza di aggregati di genesi differente da quelli sopra trattati. Esclusivamente nelle miscele del gruppo COS Gr 1 è stata osservata la presenza di aggregato ghiaioso classato costituito prevalentemente da ghiaie medie con colorazione variabile tra il rosa pallido e il rosso (*light red*, 2.5YR 7/6; *reddish brown*, 2.5YR 4/3) con secondari clasti verdastri (*light brownish gray* 2.5Y 6/2), in associazione a ghiaie bianco-grigiastre. Sotto il profilo petrografico, risulta prevalente la frazione selcifera, sub-angolosa, fortemente ossidata. Secondariamente sono presenti calcari e calcareniti anch'essi dall'aspetto ossidato. Argilliti e arenarie quarzose sono presenti in aliquote ridotte. L'aspetto ossidato dei clasti è stato ricondotto alla provenienza di queste ghiaie da depositi fluviali di età pleistocenica altamente pedogenizzati. Anche l'elevata concentrazione di selci e la ridotta occorrenza di calcari e dolomie si deve quasi certamente a fenomeni di dissoluzione dei carbonati tipici in suoli altamente alterati da fattori pedogenetici. A titolo puramente ipotetico, si è supposto che questi depositi debbano ricercarsi in paleodossi fluviali del complesso isontino di area pedemontana carsica. In alternativa, non si esclude che possano rappresentare le *facies* superficiali delle dune litoranee in loc. Belvedere e loc. Beligna altamente pedogenizzate. L'assemblage petrografico-mineralogico delle ghiaie qui discusse non sembra comunque compatibile con i depositi del Tagliamento e con i fiumi di area veneta, ma sembrerebbe comunque strettamente locale[90]. Da quanto osservato tramite analisi dei campioni di sedimento prelevati dai greti fluviali moderni (fig. VIII.7), le ghiaie del gruppo COS Gr 1 (= tipo CC2)[91] appaiono piuttosto simili a quelle del campione TO1/TO1bis sia sotto il profilo della distribuzione dimensionale e della conformazione granulometrica (fig. VIII.8, d-e), sia per le caratteristiche petrografiche (fig. VIII.9, c)[92]. Era già stato notato macroscopicamente come, rispetto alle ghiaie dell'Isonzo, le ghiaie del Torre si caratterizzino "per una maggior presenza di ciottoli marnoso-arenacei"[93].

depositi del Natisone, Torre e Judrio rispetto a quelli isontini mentre i sedimenti del secondo sono caratterizzati da elevati tenori di Zircone (LENARDON, MAROCCO 1994, p. 18-23).

[86] cfr. Cap. II, §§2-3.

[87] L'elevato grado di classazione delle sabbie impiegate in miscele di età tarda (cfr. *infra*) sembrerebbe riconducibile allo sfruttamento di depositi sabbiosi selezionati quali possono essere quelli delle dune sabbiose per-litoranee. Tuttavia, non si può escludere che ciò non rappresenti altro che una maggior setacciatura dell'aggregato sabbioso a monte della produzione degli impasti cementizi.

[88] Sull'origine petrografica dei depositi sabbiosi del litorale tra il delta dell'Isonzo e Lignano cfr. GAZZI *et alii* 1973, p. 13; sull'origine delle dune di loc. Belvedere e loc. Beligna cfr. LENARDON, MAROCCO 1994.

[89] Cfr. Cap. VI, §1.6.

[90] Si ringraziano il prof. A. Fontana del Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova per le utili informazioni a riguardo.

[91] Cfr. §2.2.1.3.

[92] Analisi petrografica dimostra la prevalenza di frazione selcifera ossidata. Con secondari calcari e calcareniti e arenarie quarzose. Risultano classate e esclusivamente rappresentate da ghiaie medio-fini con assenza di frazione sabbiosa.

[93] MAROCCO 2009, p. 74.

Tuttavia, il secondo campione TO2 (fig. VIII.8, f), seppur proveniente da un'area del greto del Torre a monte della sua confluenza nell'Isonzo e prelevato a poca distanza da TO1/TO1bis, restituisce un *assemblage* litologico del tutto compatibile con i campioni isontini IS1, IS2, IS3, dove la frazione carbonatico-dolomitica, non ossidata, appare prevalente (fig. VIII.9, d). Sarà quindi necessario condurre in futuro più dettagliate analisi di questi aspetti, ma non si esclude qui che le ghiaie del Torre siano state cavate per la realizzazione delle miscele da impiegare nei giunti di allettamento dei muri perimetrali della casa repubblicana di Tito Macro. La lontananza del fiume attuale dal centro romano può stupire, ma può trovare una argomentazione valida. Seppur il campione TO1 sia stato prelevato da depositi posti oggi alla distanza di oltre 10 km da Aquileia (fig. VIII.7, a), non si può escludere aprioristicamente che, un tempo, simili depositi potessero essere collocati più a valle, in aree più prossime al centro romano, quando il Torre, identificato in uno dei due rami dell'antico *Natiso cum Turro*, scorreva a poca distanza dalla città antica[94].

1.3.1.2 - Aggregato sabbio-ghiaioso alloctono

In un limitato numero di campioni, tutti afferenti a miscele di allettamento di strutture murarie (COS_WM_32, CBF_WM_1, CBF_WM_42) è stata riscontrata la presenza di aggregato sabbioso di probabile provenienza alloctona, costituito da diffusi clasti di pirosseni (augite), plagioclasi (albite, bytownite), k-feldspati (sanidino) e più occasionali clasti di rocce vulcaniche a tessitura trachitico porfirica con microliti feldspatici che non risultano non compatibili con le litologie locali[95]. Non avendo alcuna proprietà pozzolanica, l'occorrenza di aggregato di origine vulcanica in queste miscele va forse connessa a forme di smaltimento di sabbie che hanno raggiunto la città nord adriatica via terra o, più probabilmente, come zavorra in imbarcazioni[96].

Se quindi si è potuto riscontrare una sostanziale omogeneità nell'aggregato ghiaio-sabbioso locale impiegato nelle miscele di Aquileia, risulta altresì interessante mettere in evidenza come l'occorrenza di sabbie e ghiaie "alloctone", sia stato riscontrato esclusivamente in campioni provenienti da elementi strutturali di fase repubblicana o, al massimo, alto imperiale, mentre risulta assente in strutture di epoca medio-imperiale e tardoantica. Seppur l'impiego di litotipi afferenti ai bacini strettamente locali sia stato certificato nella maggior parte dei campioni di età medio-repubblicana qui analizzati, ossia in intonaci di I stile (BERT_INT_1; CBF_INT_9; PELL_INT_1)[97] e in alcune miscele impiegate nelle mura repubblicane M1 (M1_WM_2; M1_PREP_1, 2), questa pur limitata variabilità nelle distribuzione petrografico-mineralogica dell'aggregato di alcuni composti, lascia intravvedere forme di gestione delle risorse del territorio e modalità di approvvigionamento delle materie prime non del tutto consolidate e normate. Non è da escludere comunque che queste dinamiche non siano ricorrenti anche in altre fasi storiche: analisi petrografiche condotte negli anni passati hanno dimostrato la presenza di vulcaniti nelle malte di allettamento e di rivestimento di strutture murarie tardoantiche nell'area del porto fluviale, che non sembrano compatibili con i depositi locali[98].

Si deve però anche porre in evidenza come la presenza di sabbie di origine non locale, sembri interessare con maggior frequenza strutture poste a limitata distanza dal porto fluviale

[94] Cfr. Cap. II, §3.1.

[95] Cfr. §1.3.1.1.

[96] Sabbie potevano essere caricate nelle navi con funzione di zavorra soprattutto nel caso di carichi di materiali voluminosi e poco stipabili (anfore) per evitare il fuoribordo delle imbarcazioni (McGRAIL 1989). Si cercava tuttavia di caricare il minor quantitativo possibile di zavorra sabbiosa perché difficilmente rivendibile (*ibidem*, p. 357). Taluni ritengono che altri materiali fossero preferiti alla sabbia come zavorra in quanto quest'ultima tende a bagnarsi e non è facilmente commerciabile (BUCKLAND, SADLER 1990). Tuttavia, un rilievo ad Ostia ritrae proprio degli operai incaricati del carico e della gestione della zavorra sabbiosa (*suburrarii*) cfr. LAURES 1986.

[97] Devono comunque essere tenute in considerazione la problematica dell'attribuzione di cronologie assolute a modelli stilistici che, soprattutto in area provinciale quale era il nord Italia in età repubblicana, potevano presentare forme di "attardamento" dei gusti e delle mode. Cfr. inoltre Cap. VII, §1.1.

[98] PORTULANO, URBAN, 2001, p. 38; PREVIATO 2015, p. 504.

di Aquileia. Questo dato ben si allinea con l'ipotesi di un commercio di sacchi di sabbia, che potrebbero anche essere stati intenzionalmente trasportati dalle imbarcazioni per la vendita nei porti di Aquileia. Non si deve però escludere che ciò non rappresenti altro che una forma di riuso delle zavorre, scaricate a terra prima che venissero nuovamente imbarcate altre mercanzie nelle navi in partenza. Tuttavia, è stato già osservato altrove come il trasporto di materiali non destinati alla vendita fosse sconveniente in termini economici per i proprietari delle imbarcazioni ed era quindi tendenzialmente evitato[99].

1.2.1.3 - Aggregato sabbioso con proprietà pozzolaniche

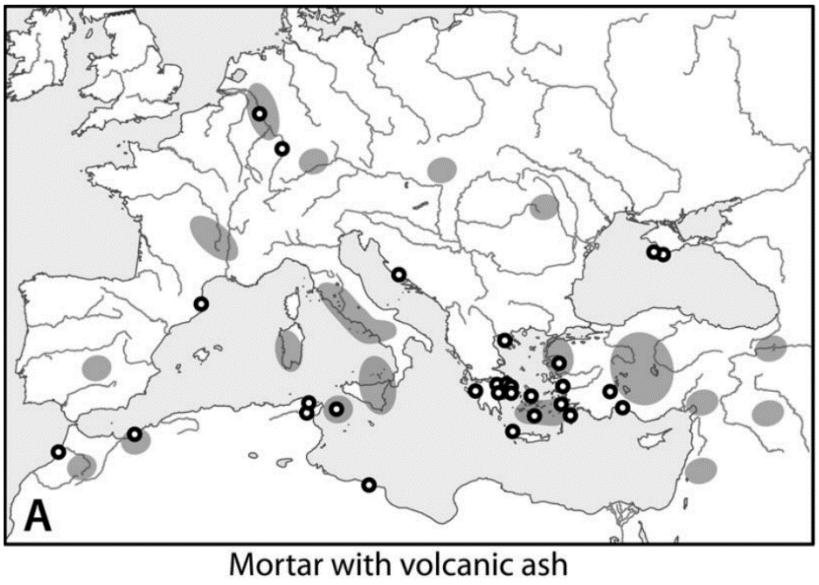


Fig. VIII.10 - Carta distributiva delle attestazioni dell'impiego di ceneri vulcaniche in miscele leganti di edifici di età romana nel Mediterraneo (Da LANCASTER 2015, fig. 9a, p. 23.

Alcuni particolari tipi di aggregati sabbiosi, una volta miscelati con un legante calcico, andando ad interagire chimicamente con quest'ultimo in processi di che vengono comunemente definiti in letteratura "pozzolanici"[100] e permettono la produzione di malte e calcestruzzi connotati dal forte potere impermeabilizzante, spiccate proprietà idrauliche e una miglior resistenza meccanica[101]. Come già detto, il termine prende il suo nome da una particolare sabbia vulcanica piroclastica, la *pulvis puteolana*, che si trova distribuita nei depositi dell'area flegrea nei pressi di Pozzuoli[102]. Oltre a questa, ceneri vulcaniche dalle simili proprietà erano anche il *pumex Pompeianus*[103] e soprattutto le *harenae fossiciae*, sabbie di cava di area etrusco laziale, ampiamente impiegate nell'edilizia romana[104]. Inoltre, da letteratura altri tipi di ceneri vulcaniche, non citati dalle fonti, che trovano però applicazione nell'ambito della produzione di malte e calcestruzzi di età romana (fig. VIII.10)[105]. Recenti acquisizioni hanno dimostrato che in particolar modo pomici e polveri vulcaniche di era flegrea e laziale (*pulvis puteolana*) siano state oggetto di ampia distribuzione in tutto il bacino mediterraneo durante l'epoca romana[106].

Gli impieghi documentati dell'uso di "pozzolane" in miscele leganti aquileiesi sono estremamente limitati. L'unico caso certificato sono alcuni campioni provenienti dal complesso delle Grandi Terme (GTR_VM_1; GTR_VM_4 = tipo CP3[107]). L'uso appare intenzionale e evidente nelle le malte costituenti l'*opus caementicium* di alcune volte dell'edificio, dove è stata osservata la

[99] MCGRAIL 1989, p. 357.
[100] Sui processi di reazione pozzolanica cfr. Cap. III, §4.
[101] Cfr. Cap III, §2.3.
[102] *Ibidem*; cfr. inoltre Cap. VI, §4.6.
[103] VITR. *De arch*. II, 6, 2-3; GRECO 2011, p. 62
[104] Sulla distinzione terminologica dei due tipi di sabbie vulcaniche e sulla loro provenienza cfr. da ultimi JACKSON *et alii* 2007; LANCASTER 2015, pp. 20-25; D'AMBROSIO *et alii* 2015. Cfr. inoltre Cap. III, §2.3
[105] Per una visione, molto generale, delle attestazioni cfr. LANCASTER 2015, pp. 22-23 e WebCat. 2-A.
[106] Per una visione generale di questi commerci cfr. HOHLFENDER, OLESON 2014, pp. 223-226.
[107] Cfr. §2.1.3.4.

diffusa presenza di clasti sub-millimetrici e millimetrici di pomici, scorie piroclastica e lava vulcanica. Seppur non sia stata fatta alcuna analisi specifica dei singoli clasti, dalla conformazione tessiturale e dalle caratteristiche petrografiche dei clasti, nonché sulla base delle presenza di alcune fasi mineralogiche e chimiche indicative desunte dalle analisi XRPD-*bulk* e SEM-EDS del campione massivo[108], i litotipi presenti sembrano compatibili con i grossolani *caementa* d'alleggerimento presenti nelle medesime strutture, per i quali, grazia anche all'ausilio di dettagliata analisi geochimiche, è stato possibile desumerne la provenienza dal distretto vulcanico flegreo-vesuviano[109]. Una frazione fine di queste, venne utilizzata con funzione di aggregato nelle miscele stesse, è chiaramente accostabile alla *pulvis puteolana* (o al *pumex Pompeianus*) celebrata da Vitruvio[110] e dagli autori seguenti[111]. Tuttavia, nel caso aquileiese l'utilizzo è differente in quanto le ceneri vulcaniche non vennero impiegate per la realizzazione di strutture marittime[112], ma fungono piuttosto da aggregato a ridotto pese specifico che, oltre a migliorare la coesione dei composti, contribuisce all'alleggerimento delle strutture cementizie stesse[113].

Evidenze della presenza di ceneri e lave vulcaniche sono state trovate anche in alcuni campioni provenienti da preparazioni pavimentali (GTR_PREP_7.2) e intonaci (GTR_INT_4.2) del complesso termale. Occorrendovi in tracce minime (< 1% vol tot.), rappresentano presenze accidentali, involontariamente finite all'interno degli impasti preparatori di miscele a diversa destinazione nel corso delle attività di cantiere[114]. Non è stata fatta alcuna indagine specifica rivolta a verificarne la provenienza, che appare comunque alloctona all'area friulana[115] e non si esclude ancora l'area campana.

L'uso di pozzolane ad Aquileia non sembra quindi finalizzato alla produzione di materiali cementizi dalle caratteristiche idrauliche alla maniera con cui doveva essere utilizzata invece la *pulvis puteolana* secondo quanto tramandato dagli autori latini, ma appare piuttosto rivolto a funzioni differenti (alleggerimento, incremento della resistenza meccanica). Nel complesso la distribuzione di "pozzolane" nei territori del nord Italia non doveva risultare particolarmente diffuso in epoca antica quanto in area laziale e campana, dato che finora i casi aquileiesi risultano gli unici per cui sia certificata l'importazione di questi prodotti[116]. L'unico confronto certo in letteratura è offerto dalla presenza di "pozzolane euganee", costituite da brecce riolitiche vetrose, nelle miscele costituenti le strutture dell'anfiteatro e del teatro di *Patavium*[117]. Oltre alla

---

[108] Cfr. Cap. VI, §§4.5.1.1, 4.5.2.1, 4.5.3.

[109] Cfr. *infra* §1.5.2.

[110] VITR., *De arch.*, II, 6, 1-2; V, 12, 2, per il *pumex Pomeianus* (Vitr. *De arch.*, II, 6, 2-3).

[111] Ulteriori chiari riferimenti alla *pulvis puteolana* sono in PLIN., *N. H*. XXXV, 166; VIRG., *Aen*., IX, 691-709; STRAB., *Geog*., V, 6, 4; ISID., *Etym*., XVI, 1, 8; Cfr. inoltre Cap. III, §3.2. Sulla problematica, nella letteratura tecnico-ingegneristica della distinzione tra pozzolana (polvere vulcanica incoerente e pomicea, eruttata dal distretto vulcanico dei Campi Flegrei) e pomici con proprietà pozzolaniche cfr. JACKSON, OLESON 2014, p. 238.

[112] VITR. *De arch.* II, 6, 1; Sul tema dell'impiego nei moli e fondazioni subacquee cfr. GIULIANI 2006, p. 173; Un ampio studio sul tema è in BRANDON, HOELFENDER, JACKSON, OLESON 2014.

[113] Come egualmente ricordato da Vitruvio (*De arch*. II, 6, 1). In diversi contesti romani è stato osservato l'utilizzo di pomici sub-centimetriche di provenienza flegrea con funzione di aggregato in miscele per strutture voltate, a lato della compresenza anche di clasti grossolani utilizzati come *caementa* (cfr. ad esempio per il Foro di Cesare JACKSON *et alii* 2010, pp. 145-148. Molta importanza era anche riconosciuta dalle maestranze antiche nell'impiego di *pulvis puteolana* al fine di realizzare composti duraturi nel tempo. Cfr. le considerazioni sull'argomento in JACKSON 2016, in part. pp. 22-25.

[114] Cfr. Cap. VI, §4.6.

[115] PECCERILLO 2005, in part. pp. 10-15.

[116] L'assenza di polveri pozzolaniche flegree nelle colate cementizie delle mura repubblicane di Aquileia è stata dimostrata analiticamente (cfr. Cap. VI, §§1.5.3, 1.6.1); L'evidenza su base mineralogica di fasi di diopside nelle malte di allettamento dei giunti murari della cinta urbica repubblicana di *Mutina* (COSTA, GOTTI, TOGNON 2001) non sembra inoltre in alcun modo riconducibile alla presenza di polveri pozzolaniche. Anche nelle miscele leganti dell'anfiteatro di Padova alcuni clasti vulcanici preliminarmente interpretati come *harenae fossiciae* del tipo delle Pozzolane Rosse (cfr. SECCO, VALENTINI, ADDIS 2019, fig. 10.5, p. 220) si sono rivelati essere, ad analisi più approfondita, delle brecce riolitiche vulcaniche cavate da affioramenti del comprensorio dei monti Euganei (cfr. nota successiva).

[117] VOLPIN 2017/2018, pp. 160-165; L'area di cava specifica è stata riconosciuta più precisamente in Monte Alto. Cfr. inoltre §3.1.

distribuzione locale non sembra - per ora - esserne stata provata una commercializzazione trans-regionale.

1.3.1.4 - Aggregato di origine terrigena (limi e argille)

Contaminazioni e infiltrazioni di clasti a granulometria fine riconducibili a limi e argille sono state di frequente rinvenute nei composti cementizi analizzati. Spesso la presenza di impurità terrigene nelle miscele è dovuta al mancato lavaggio e pulizia dell'aggregato sabbio-ghiaioso utilizzato. Seppur tali infiltrazioni siano sempre state valutate quali dannose per la qualità complessiva di un composto cementizio[118], in alcuni casi sembra che aliquote argillo-siltose consistenti siano state aggiunte intenzionalmente quale "smagrante" economico di strutture in *opus caementicium*. Abbondanti infiltrazioni terrigene sono state documentate in campioni della platea di fondazione dell'anfiteatro aquileiese (BRU Gr 4)[119]. In altri composti invece, la presenza di ricorrenti laminazioni terrigene fini deve essere ricondotta ad una messa in opera alquanto sommaria di malte e calcestruzzi (COS Gr 4)[120].

Sotto il profilo petrografico/mineralogico tali intrusioni terrigene risultano del tutto compatibili con i terreni alluvionali dell'area veneto-friulana[121].

1.3.2 - *Aggregato litico meccanicamente frammentato*

Non di rado sono stati rinvenuti negli impasti cementizi clasti di rocce o singoli minerali in frammenti. Questi aggregati, facilmente riconoscibili, sia macroscopicamente che microscopicamente, per la conformazione angolosa e il ridotto arrotondamento, sono il prodotto del taglio e della macinazione meccanica di elementi lapidei.

Clasti di calcite spatica o di marmo sono stati spesso documentati in strati di rivestimento di intonaci[122].

Più sporadicamente, si è osservata la presenza di schegge e frammenti di rocce, in particolar modo calcaree, che costituiscono prodotti non finiti, semilavorati o scarti di taglio di blocchi lapidei, lastre pavimentali e tessere musive, reimpiegati quali aggregato grossolano nelle miscele leganti, con ricorrenza in ambito preparatorio pavimentale[123].

1.3.2.1 - Calcite spatica e marmo

Con calcite spatica è comunemente inteso un minerale carbonatico altamente cristallino, formatosi in seguito a fenomeni di dissoluzione e ricristallizzazione di calcite all'interno di fessurazioni in rocce carbonatiche. Di conseguenza, la calcite spatica è estremamente diffusa in natura e, pur non distinguendosi dal punto di vista mineralogico dal normale carbonato di calcio ($CaCO_3$), ad osservazione microscopica può essere riconosciuta dalla forma euedrale ben squadrata dei granuli. Il marmo non si differenzia da quest'ultima sotto il profilo chimico-mineralogico, ma se ne distingue per la genesi, in quanto è il prodotto della ricristallizzazione di calcite

---

[118] L'inclusione di tenori superiori al 10% di parti fini, terrose o argillose, sono causa di una scarsa aderenza tra la componente d'aggregato e quella legante (cfr. MENICALI 1992, p. 130). Vitruvio consigliava infatti di testare empiricamente la qualità delle sabbie tramite empirica verifica manuale (*De arch*. II, 4, 1). Una più elaborata verifica prevedeva inoltre di predisporre tessiti bianchi su cui riversare il materiale sabbioso (*ibidem*). Cfr. inoltre GRECO 2011, p. 59.

[119] Cfr. Cap. VI, §3.6.

[120] Cfr. Cap. VI, §6.6.

[121] FONTANA 2006, pp. 60-63.

[122] Cfr. tipo ST, §2.1.2.

[123] Cfr. tipo CBT 1b, §2.2.2.2.

in seguito a fenomeni connessi al metamorfismo secondario. Sotto il profilo petrografico, si presenta sotto forma di minerali policristallini a granuli anedrali variabilmente deformati[124].

Ad Aquileia la calcite spatica è un aggregato estremamente diffuso tra le stesure costituenti il *tectorim* di intonaci e frequentemente impiegata negli strati di intonachino a supporto delle patine pittoriche[125]. Di contro, il marmo è estremamente limitato, ma ciò non deve stupire. È noto come fra le tecniche di produzione dell'intonaco romano si faccia spesso riferimento, negli studi in materia, all'impiego di aggregato marmoreo negli strati più superficiali del *tectorium*[126]. Tuttavia, recenti analisi, condotte anche sul piano filologico, hanno portato ad una rilettura dei passi vitruviani in riferimento alle modalità preparatorie dell'intonaco[127]. É stato così evidenziato come l'autore romano faccia menzione di brillanti grani all'interno di venature nella roccia da intendersi, secondo la terminologia moderna, come calcite spatica di vena[128]. Tuttavia, solo tramite l'impiego di analisi petrografiche al microscopio ottico è possibile distinguere chiaramente la genesi di questi due minerali. Dai lavori che hanno preso in esame le caratteristiche composizionali di intonaci romani di area nord-italica è stato dimostrato un maggioritario impiego di calcite spatica nelle malte dei *tectoria*, mentre il marmo appare ovunque largamente meno attestato (figg. VIII.11a, 11b)[129].



Fig. VIII.11a - Cividate Camuno (Brescia). Si osserva la presenza ricorrente di cristalli euedrali di calcite spatica in un intonaco parietale di una *domus* di età altoimperiale (Da BUGINI, FOLLI 2013a, fig. 4, p. 97).

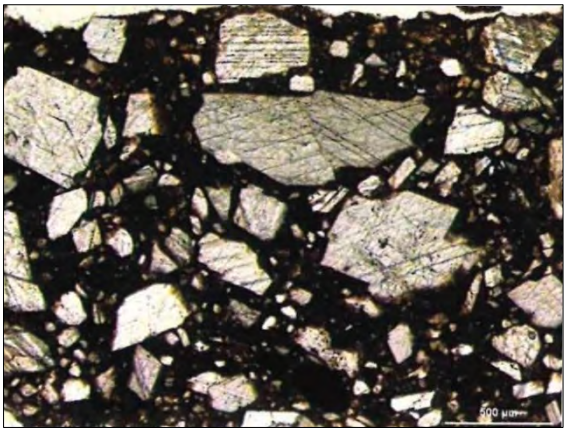


Fig. VIII.11b - Santuario di Minerva a Breno (Brescia). Si osserva la presenza ricorrente di cristalli euedrali di calcite spatica in un intonaco parietale (Da BUGINI, FOLLI 2017, fig. 3, p. 208).

L'impiego di questo tipo di aggregati nelle miscele immediatamente sottostanti agli strati pittorici è chiaramente intenzionale, in quanto i granuli brillanti rendevano più acceso il colore del pigmento, migliorando l'estetica complessiva della decorazione pittorica e rendendo il supporto preparatorio nel complesso più tenace[130]. In taluni casi una componente minoritaria di

[124] Si farà sempre riferimento qui a marmo nel senso petrografico-mineralogico del termine e non nell'accezione commerciale del termine quale rocca da taglio lucidabile. Sulla distinzione tra calcite spatica e marmo con particolare riferimento al loro uso in intonaci cfr. BIANCHETTI, CAMPISI, MELAZZI, MELUCCO VACCARO 1990; DANIELE, GRATZIU 1996, pp. 545-547

[125] Cfr. Cap. VII, §1.3. Si ringrazia in questo frangente dell'analisi il sostanziale contributo fornito dal prof. F. Antonelli del laboratorio L.A.M.A (Laboratorio Analisi Materiali Antichi) dell'Università IUAV di Venezia.

[126] Cfr. ad esempio GRECO 2011, *passim*.

[127] VITR., *De arch*. VII, 6, 1.

[128] BIANCHETTI, CAMPISI, MELAZZI, MELUCCO VACCARO 1990; DANIELE, GRATZIU 1996.

[129] Cfr. FOLLI, BUGINI 1999; BUGINI, FOLLI 2001; BUGINI, FOLLI 2012 soprattutto in riferimento all'area lombarda; per una selezione di singoli casi studio per l'area veneto-friulana cfr. MAZZOCCHIN, VIANELLO, MINGHELLI, RUDELLO 2010, p. 648; MAZZOCCHIN, AGNOLI, SALVADORI 2004, pp. 733, 737, 736; MAZZOCCHIN, AGNOLI, MAZZOCCHIN, COLPO, pp. 566, 572; MAZZOCCHIN, MAZZOCCHIN, RUDELLO, pp. 179, 182, 185; in generale per l'Italia romana, con particolare riferimento al centro Italia cfr. BIANCHETTI, CAMPISI, MELAZZI, MELUCCO VACCARO 1990. In generale sulla problematica BARBET, ALLAG 1972, pp. 969-970.

[130] MAZZOCCHIN, AGNOLI, SALVADORI 2004, p. 736; MAZZOCCHIN, AGNOLI, MAZZOCCHIN, COLPO 2011 p. 572.

calcite spatica poteva essere aggiunta anche negli impasti di strati dell'arriccio sottostanti all'intonachino. Questa pratica è stata osservata in alcuni intonaci di III stile pompeiano del sottogruppo INT Gr 5a, provenienti in gran parte dagli scavi presso la *Domus* di Tito Macro[131].

La presenza di clasti di calcite spatica e marmo è stata documentata non solo nelle stesure del *tectorium* di intonaci, ma si ritrova di frequente anche nei sottili strati di allettamento in stucco dei pavimenti musivi[132]. Seppur non vi sia alcun riferimento in letteratura a questa prassi preparatoria pur ampiamente documentata a livello archeologico[133], la presenza di calcite o marmo nelle sottili stesure di allettamento delle tessere musive richiama fortemente quella pratica, riportata da Vitruvio, dove l'autore romano faceva riferimento allo spargimento di sabbia marmorea (*incernatur marmor*), cementata con calce e sabbia sopra ai mosaici[134], chiaramente col fine di migliorare le qualità estetiche delle pavimentazioni.

Infine, soprattutto in età tarda, sporadiche presenze di calcite o marmorei si rinvengono inglobate in miscele aquileiesi di diversa funzione. Tale occorrenza deve essere intesa comunque come accidentale e non finalizzata a migliorare le caratteristiche fisiche o estetiche del composto.

Per quanto riguarda la provenienza di questi materiali possiamo affermare con sicurezza che filoni di calcite spatica sono frequenti nelle rocce carbonatiche locali tanto più che speleotemi, la cui genesi deriva da fenomeni di dissoluzione e ricristallizzazione di calcite sotto forma di stalattiti e stalagmiti nelle grotte carsiche, sono stati documentati in funzione di degrassante in ceramiche di età pre-protostorica di area veneto-friulana[135].

Sul marmo, che non è un materiale disponibile localmente, è interessante verificare le cronologie dei primi impieghi ma risulta complesso, sulla base della sola analisi petrografica di clasti di dimensione sempre inferiore ai 2,0 mm, stabilirne la provenienza. Da dati di letteratura, sappiamo che non è vi prova di una circolazione di manufatti marmorei ad Aquileia in fasi precedenti alla seconda metà del I sec. a.C., momento in cui si cominciò ad importare il marmo per la realizzazione di statue ed elementi architettonici oltre alle pietre calcaree locali[136]. I dati qui discussi sembrano allinearsi con quanto già noto, in quanto l'aggregato marmoreo è assente in tutti i frammenti riferibili a nuclei di I stile analizzati, mentre risulta essere presente, pur in maniera molto limitata, in intonaci di III e IV stile (tab. VIII.3).

N° campione	Datazione		Marmo
	stilistica	cronologica	
COS_INT_1	III stile	20 a.C - 45 d.C.	t
COS_INT_2	III stile	20 a.C - 45 d.C.	t
COS_INT_3	III stile	20 a.C - 45 d.C.	t
COS_INT_4	III stile	20 a.C - 45 d.C.	t
CBF_INT_1	IV stile	45 d.C. - fine I d.C.	t
CBF_INT_3	IV stile	45 d.C. - fine I d.C.	t
CBF_INT_4	IV stile	45 d.C. - fine I d.C.	t
CBF_INT_8	n.d.	fine II d.C. - inizio III d.C.	t
CBF_INT_11	II finale - III stile	(entro prima metà I d.C.)	t
CBF_INT_14	IV stile	45 d.C. - fine I d.C.	t
CBF_INT_18	n.d.	post inizio I d.C.	t
BRU_INT_4	n.d.	pre 41-54 d.C.	t
LIC-AM_INT_1	n.d.	II-III d.C.	p
LIC-AM_INT_2	n.d.	II-III d.C. (?)	p
P-CAP_INT_1	n.d.	metà III d.C. - metà IV d.C.	p
P-CAP_INT_2	n.d.	metà III d.C. - metà IV d.C.	p

Tab. VIII.3 – Tabella di confronto dell'occorrenza di clasti marmorei negli intonaci aquileiesi. t = presenza minima (<2% tot. agg.); p =presenza secondaria (< 10% tot. agg.).

131 Cfr. Cap. VII, §1.3.
132 Cfr. §2.1.2.1.
133 MOORE 1968; WOOTTON 2012; WOOTTON 2013. Cfr. in dettaglio §3.5.
134 VITR., *De arch.*, VII, 1, 4, successivamente compendiato in FAV., XIX, 2; PALL., *Op. agr.*, I, 9, 5.
135 TENCONI *et alii* 2013.
136 PREVIATO 2015, p. 479.

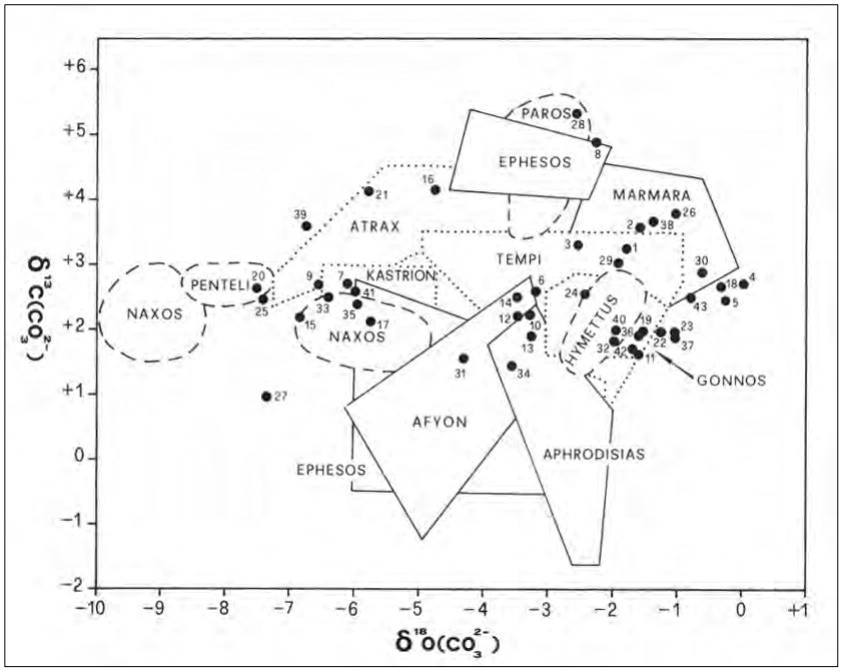


Fig. VIII.12 – Aquileia. Provenienza dei marmi di statue ed elementi architettonici di età medio e tardo imperiale sulla base dei rapporti isotopici dell'ossigeno e del carbonio (da BERTACCHI, D'ANGELA, LONGINELLI, STOLFA 1985, fig. 1, pcc. 437-438.

Pur rimanendo sempre del tutto minoritario rispetto alla calcite spatica, un sensibile incremento di clasti di marmi bianchi si osserva in frammenti riferibili a nuclei di età medio imperiale. Ciò rappresenta sicuramente l'esito di un più generalizzato commercio di questo materiale, ma non si escludono i primi fenomeni di reimpiego da elementi marmorei di età più antica. Per quanto riguarda la tarda antichità, la generale modificazione delle tecniche produttive dell'intonaco aquileiese, evidente soprattutto in relazione alle modalità di realizzazione degli strati di intonachino, in questo periodo prodotti con sabbia locale miscelata ad abbondante frazione legante[137], non consente di valutare adeguatamente la ricorrenza né della calcite spatica né del marmo e le modalità di circolazione di questi materiali nell'Aquileia tardo antica. Deve essere comunque sottolineato come, a differenza della calcite spatica, appositamente richiesta, la ridotta presenza di clasti marmorei nei *tectoria* dimostri come questo materiale non venisse commissionato apposta per la produzione di intonaci ma derivi piuttosto dal reimpiego in cantiere di schegge avanzate da mosaicisti e scultori. Questa è una prassi che doveva essere comune in antico tanto da essere menzionata da Vitruvio[138].

Resta comunque difficile riconoscere a provenienza dei marmi bianchi impiegati negli intonaci se non andando ad analizzare direttamente gli elementi architettonici, scultorei e decorativi marmorei aquileiesi. In tal senso, per l'età alto imperiale, recenti analisi petrografiche sembrano attestare la presenza di tessere in marmo bianco, forse lunense, in associazione a più comuni calcari locali, in una pavimentazione musiva a motivo geometrico della Casa delle Bestie ferite datata, su base stilistica, alla fine del I sec. a.C.[139]. Abbiamo maggiori informazioni per l'età medio imperiale, grazie alle analisi geochimiche e isotopiche condotte su diversi elementi architettonici o scultorei aquileiesi, che sembrano dimostrare, per ora, una prevalenza ad Aquileia, in questo periodo, di marmi bianchi provenienti da area egea e microasiatica (fig. VIII.12)[140].

1.3.2.2 - Schegge di taglio di tessere musive

Nei massetti preparatori di alcune pavimentazioni aquileiesi, è stato riconosciuto l'impiego, quale aggregato, di schegge e clasti semilavorati lapidei sicuramente riconducibili a scarti

[137] Cfr. §3.7.

[138] VITR. *De arch*., VII, 6, 1. Inoltre, secondo l'autore, si deve ricorrere all'uso di schegge di marmo avanzate dall'attività di mosaicisti e scultori solo laddove non fossero disponibili *glebae* di calcite spatica.

[139] BOSCHETTI C., DILARIA S., MAZZOLI C., SALVADORI M. c.s

[140] LAZZARINI 1978; BERTACCHI, D'ANGELA, LONGINELLI, STOLFA 1985.

di taglio di tessere[141]. I litotipi riconosciuti sono infatti riconducibili principalmente a rocce calcaree con caratteristiche petrografiche del tutto compatibili con quelli costituenti le tessere stesse[142]. La prassi del riutilizzo delle schegge di taglio nei massetti preparatori non è riportata in alcuno dei trattati tecnici di età antica, ma deve essere ricondotta a pratiche di cantiere funzionali allo smaltimento degli scarti lapidei di risulta dall'attività di mosaicisti e *pavimentarii*[143]. W. Wootton ha ampiamente dimostrato la dinamica della pratica che, molto spesso, si muove di pari passo con le fasi di realizzazione delle pavimentazioni musive (fig. VIII.13)[144].

Inoltre, seppur non sia stato condotto alcuno studio sistematico in tal senso, oltre alle tessere musive anche schegge di tarsie marmoree per *opus sectile* si possono trovare reimpiegate oltre che nei massetti dei pavimenti anche negli stessi sottofondi preparatori[145].

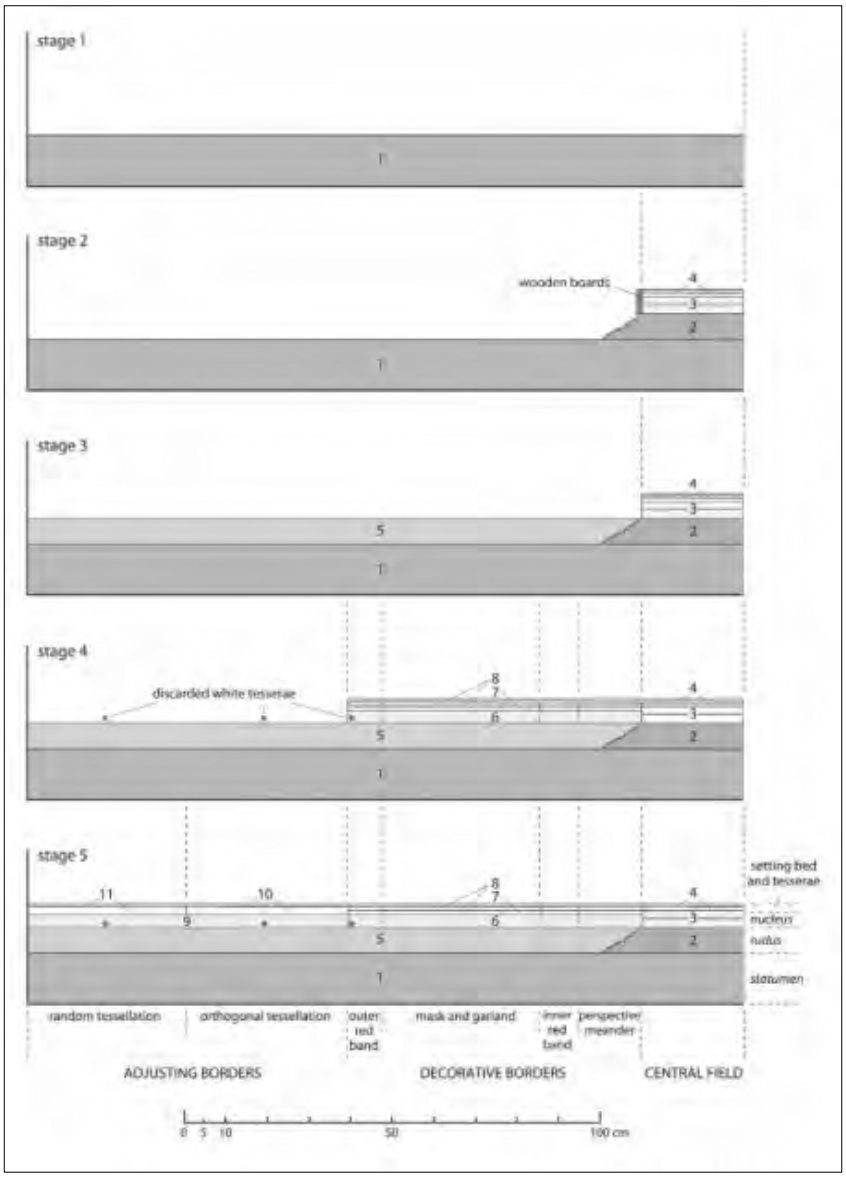


Fig. VIII.13 – Procedura di realizzazione di un mosaico in *vermiculatum* di età ellenistica da Tel Dor (Israele). Si osserva come le tessere di scarto siano gettate negli strati più profondi del massetto preparatorio man mano che la messa in opera del pavimento procede (da WOOTTON 2012a, fig. 2, p. 214)

[141] In particolar modo provenienti dalle abitazioni dell'Insula delle Bestie ferite. Scarti di tessere semifinite sono stati riconosciuti anche nel sottofondo preparatorio di un mosaico di una abitazione presso i Fondi ex Cossar (cfr. DILARIA 2013/2014, scheda COS_PREP_20).

[142] Particolarmente frequente è la Pietra d'Aurisina Cfr. Cap. VI, §5.5; cfr. inoltre BOSCHETTI, DILARIA, MAZZOLI, SALVADORI c.s; in alcuni frammenti di pavimentazioni musive delle abitazioni nell'area a nord del porto fluviale invece appare un prevalente utilizzo di calcari della Carnia (cfr. PORTULANO, BUGINI, FOLLI 2002); Analisi condotte su alcune tessere di pavimentazione dell'area meridionale delle Grandi terme sembrano invece attestare l'uso di tessere in Scaglia Rossa cfr. Cap. VI, §4.5.

[143] In diversi contesti sono state trovati scarti di taglio di tessere musive o prodotti semifiniti e finiti all'interno dei massetti preparatori (WOOTTON 2012a; WOOTTON 2012b).

[144] WOOTTON 2012a, in part. pp. 213-227.

[145] Nei livelli preparatori di pavimenti musivi delle Grandi Terme, miscelati alle malte preparatorie o nei vespai di sottofondo, è stato documentato il reimpiego di scarti di tagli di tarsie marmoree di pavimentazioni in *opus sectile*. Cfr. Cap. VI, §4.3.3 e 4.6.

1.3.2.3 - Frammenti di altri elementi litici

Oltre ai reimpieghi dei prodotti degli scarti e dei prodotti semilavorati del taglio di tessere musive e tarsie marmoree, schegge di pietra sono state sporadicamente rinvenute in diversi campioni analizzati. Data la ridotta presenza, sembra che fosse prediletto l'utilizzo di sabbie e ghiaie rispetto al pietrisco per la produzione dei materiali cementizi aquileiesi.

I litotipi riconosciuti sono i medesimi già trattati da C. Previato nel suo studio sulle forme di approvvigionamento e modalità di utilizzo della pietra nell'edilizia aquileiese[146].

1.3.3 - *Aggregati artificiali*

Gli aggregati artificiali sono tutti quei materiali non esistenti in natura e prodotti dall'uomo. Nelle miscele aquileiesi è documentato un vasto utilizzo di elementi fittili, mentre non sono attestati altri materiali artificiali quali vetri e soprattutto scorie ferrose. L'utilizzo in antichità di queste ultime non doveva essere del tutto insolito, dato che è riportato dalle fonti letterarie di età tardo antica[147].

1.3.3.1 - Frammenti e polvere fittile

I frammenti e la polvere fittile sono un aggregato artificiale, ottenuto da frantumazione di elementi in terracotta (mattoni, tegole, elementi ceramici ed anforacei), che trovano largo impiego nelle miscele leganti aquileiesi e più in generale, nel mondo romano. Come ricordato da Vitruvio, in virtù delle proprietà pozzolaniche di questi materiali, l'uso di aggregato fittile finemente frammentato (*testa tusam et succretam*) in malte e calcestruzzi era funzionale alla realizzazione di miscele impermeabilizzanti[148], in alternativa alle "pozzolane" naturali. Tuttavia, si è già dimostrato come solo attraverso l'uso di polvere fittile micrometrica si possano ottenere miscele dalle buone proprietà pozzolaniche, mentre la componente fittile, se presente esclusivamente sotto forma di frammenti centimetrici o millimetrici, fungeva da aggregato comune con minima partecipazione pozzolanica[149]. Sulla differenza di trattamento nel grado di frammentazione della frazione fittile non sembra però esservi alcuno specifico riferimento nella letteratura di età antica[150]. Anche il tipo di argilla (kaolinitica, illitica) di cui sono composti gli elementi fittili gioca un ruolo fondamentale nelle modalità di formazione e diffusione di questi processi[151].

La macinazione di elementi lapidei e materiali ceramici da frammenti a una polvere di dimensione micrometrica doveva essere un processo lungo e dispendioso. Pertanto, ad Aquileia l'utilizzo di polvere fittile risulta finalizzato alla produzione di miscele da applicare in strutture che avevano una relazione diretta con l'acqua, laddove quest'ultima dovesse essere conservata e non dispersa[152], quali vasche e cisterne. Tutte le vasche aquileiesi hanno dato prova dell'occorrenza di polvere fittile ma ne è attestata la presenza anche in strutture poste in contesti di

---

[146] PREVIATO 2015, pp. 411-457.

[147] PALL. *Op agr*., I, 40, 1. L'utilizzo di scorie ferrose dovrebbe inoltre conferire deboli proprietà pozzolaniche (cfr. ARCOLAO 2001, p. 19; GRECO 2011, p. 134, nota 613).

[148] VITR. *De arch*. V, 2, 1.

[149] In miscele con aggregato fittile grossolano le reazioni idrate sono limitate alle porzioni di interfaccia con tra legante e la componente fittile (CHAROLA, HENRIQUES 2000; BARONIO, BINDA 1997) e non influenzano particolarmente la pozzolanicità del materiale (BARONIO, BINDA 1996), mentre in presenza di polvere micrometrica di ⌀ < 75 μm (TEUTONICO, ASHALL, GARROD, YATES 2000, p. 340; COUTELAS, GODARD, BLANC, PERSON 2004, p. 131; LANCASTER 2019, p. 34) le aree in contatto sono maggiori e determinano quindi la formazione più diffusa di prodotti idrati nei composti.

[150] L'unica differenza terminologica riguarda l'utilizzo della formula *testae tusae* in Vitruvio (*De arch*. II, 5, 1; VII; 1, 5) e Plinio (*N.H.* XXXVI, 174-175; XXXVI, 186;) poi mutuata nei compendi letterari degli autori più tardi quali Faventino e Palladio in *testae cretae* (Fav. IX, 9; PALL. *Op. agr.* 1, 10, 3) o in *testam minutam* (PALL., *Op. agr.* 1, 40, 1-3).

[151] Cfr. BÖKE, AKKURT, İPEKOĞLU, UĞURLU 2006, p. 1116; cfr. inoltre da ultimo LANCASTER 2019, pp. 32-33.

[152] Si è osservato infatti come nelle strutture di scarico dell'acqua, quali le canalette, le miscele impiegate siano sempre totalmente aeree, spesso prodotte senza l'impiego di polvere o frammenti fittili (cfr. §3.4.1).

in contesti particolarmente umidi[153]. I dosaggi e le modalità di trattamento e miscelazione dei composti appare influire in maniera determinante sulla "qualità" pozzolanica del prodotto finale[154].

Se paragonati con la controparte litica, elementi fittili sub-centimetrici e centimetrici erano un aggregato dal ridotto peso specifico ed erano quindi utilizzati per la produzione di composti dalla buona elasticità e dal minor carico strutturale rispetto ai corrispettivi a base di calce, sabbia e ghiaia[155]. Ne troviamo quindi diffusa applicazione in miscele per composti preparatori, rivestimenti di pavimentazioni o, in taluni casi, negli strati più profondi del *tectorium* di intonaci. In misura minore si ritrovano in miscele strutturali e in giunti di allettamento di strutture murarie[156].

Dai risultati delle analisi petrografiche, mineralogiche e chimiche risulta che nella maggioranza dei casi i frammenti fittili impiegati nelle miscele aquileiesi siano soprattutto derivati dalla frantumazione di elementi da costruzione in terracotta (mattoni, tegole etc.) e in misura minore da materiali ceramici. I clasti consistono infatti prevalentemente in argille carbonatiche sinterizzate, con ridotta frazione smagrante di natura silicatica (fig. VIII. 14, a-c).

Sotto il profilo mineralogico, i clasti fittili sono ottenuti dalla frammentazione di laterizi cotti a temperature superiori agli 800 °C in atmosfera ossidante[157], con frazione smagrante prevalentemente silicatica, data da quarzo, plagioclasi e k-feldspati. Sotto il profilo chimico si caratterizzano per i tenori significativi di calcio e magnesio, a conferma della natura carbonatica delle argille base utilizzate come materia prima (fig. VIII. 14, d).

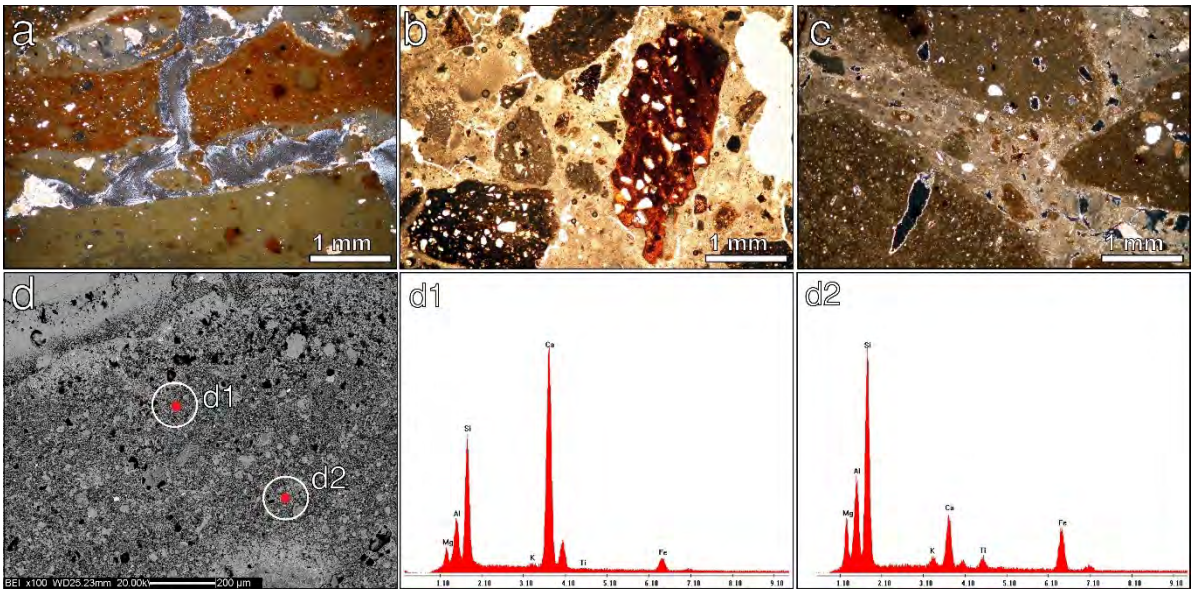


Fig. VIII.14 – Frammenti fittili nelle miscele aquileiesi. a) Aggregato fittile a debole frazione smagrante; b) Aggregato fittile con discreta occorrenza di frazione smagrante di natura prevalentemente silicatica (quarzo); c) aggregato fittile con ridotta frazione smagrante, prevalentemente di natura silicatica (quarzo) e carbonatica.; d) microanalisi EDS su un frammento fittile. Si osserva come la matrice restituisca discreti tenori di calcio, riferibili alla natura carbonatica delle argille originarie (d1-d2).

Seppur appaiano compatibili con i depositi argillosi locali, il confronto delle caratteristiche degli elementi fittili utilizzati nelle malte con le argille usate per la produzione dei laterizi

153 Cfr. a riguardo il composto rinvenuto sul fondo della massicciata di fondazione del teatro aquileiese (campione COM_PREP_13/13B). Cfr. a riguardo Cap. VI, §2 *passim*.

154 Cfr. §§2.1.3.2; 2.1.3.3.

155 BARONIO, BINDA, LOMBARDINI 1997, p. 40; MASSIDA, MELONI, FLORIS 2007, p. 290; BÖKE, AKKURT, İPEKOĞLU, UĞURLU 2006, p. 1116.

156 Sulle tipologie di miscele leganti in cocciopesto/cocciopesto grossolano e loro applicazione cfr. §2.1.3.

157 NODARI *et alii* 2004; MARITAN, MAZZOLI, NODARI, RUSSO 2005; MARITAN *et alii* 2006b, pp. 6, 13.

impiegati nell'edilizia aquileiese non è possibile in quanto fino ad oggi non è stato compiuto alcuno studio archeometrico su questi materiali[158].

1.3.4 - *Aggregati inorganici di origine animale*

Alcuni degli aggregati documentati nelle miscele leganti aquileiesi possono avere origine animale. I più diffusi tra questi sono le conchiglie e i gusci di molluschi di specie differenti, che venivano utilizzati interi o più frequentemente, in frammenti meccanicamente tritati.

1.3.4.1 - Conchiglie

Un particolare aggregato inorganico di origine animale utilizzato nelle miscele aquileiesi sono le conchiglie. Questi materiali, in virtù della loro composizione carbonatica, possono svolgere la funzione di ottimi aggregati, soprattutto se fratturati, migliorando la coesione delle miscele[159]. Le qualità fisico-meccaniche offerte dall'impiego di conchiglie negli impasti di malte e intonaci dovevano essere ben note ai costruttori antichi, tanto che ne sono state documentate forme di impiego, o reimpiego, in elementi strutturali e composti leganti già dall'Età del bronzo, soprattutto nelle aree del Mediterraneo orientale[160]. Il primo riferimento a tale la pratica è tuttavia attestato nelle fonti letterarie solo dall'età romana tardo antica da Rutilio Tauro Palladio. Tra le particolari miscele citate dall'autore, vissuto probabilmente tra IV e V sec. d.C., vi è anche il suggerimento all'uso di conchiglie opportunamente tritate (*ostrei testae*) negli impasti dei rivestimenti di ambienti termali e bagni tiepidamente riscaldati in occasione di restauri, al fine di migliorare la presa del composto [161].

Seppur tracce di gusci conchigliferi siano state rinvenute in un buon numero di campioni aquileiesi analizzati in questo studio, il loro impiego massiccio appare caratterizzare sono una limitata frazione di essi.

In particolar modo la presenza di conchiglie di litorale sabbioso marino caratterizza le malte dei giunti murari delle mura bizantine di Aquileia. L'elevato tasso di frammentazione di buona parte dei gusci implica una macinazione manuale e quindi un impiego intenzionale. Le specie presenti (*Cardidae* sp.*, Glycymeridae* sp.) sono infatti tipiche delle aree costiere sabbiose del nord Adriatico[162] e la provenienza era quindi locale. È altamente verosimile, anche in base ad una serie di considerazioni di stampo socio-economico e storico[163], che l'area di approvvigionamento specifico delle conchiglie, e quindi, verosimilmente, anche delle sabbie d'aggregato, debba essere ricercata nel litorale costiero nei pressi di Grado.

In alcuni casi è riscontrata anche la presenza di altre specie. In diverse stesure in malta o calcestruzzo predisposte come sottofondi di pavimentazioni, sono stati rinvenuti abbondanti resti di ostriche e di gasteropodi afferenti a specie differenti del murice (*Murex Trunculus*, *Murex Brandaris*). Le prime rappresentano sicuramente forme di reimpiego a fine edilizio dei gusci di un animale che veniva procacciato a scopi alimentari. Anche il consumo alimentare del mollusco del murice sembra essere particolarmente attestato nel nord Italia in età romana[164]. È anche ben noto come da una specifica ghiandola dell'animale si ricavasse, in antico, la porpora. Seppur non sia facile distinguere dai resti conchigliferi, le modalità di approvvigionamento e consumo dell'animale, l'accentuato stato di frammentazione dei gusci di *murex* sembrerebbe indicare

[158] Cfr. a riguardo PREVIATO 2015, p. 482 e nota 400.

[159] BRYSBAERT 2007, p. 43; DILARIA 2017b, p. 27.

[160] Per una rassegna degli impieghi di conchiglie nelle miscele leganti, cfr. da ultimo DILARIA 2017b, pp. 27-34.

[161] PALL. *De Agr*., I, 40, 3; l'utilizzo del termine *testae*, in genere utilizzato per i laterizi in frammenti, potrebbe rappresentare la modalità di triturazione dei gusci conchigliferi, che non dovrebbe quindi distinguersi da quella applicata per i frammenti ceramici (GRECO 2011, pp. 133-135).

[162] Si ringrazia per il riconoscimento delle specie e le informazioni fornitemi la dott. S. Bandera.

[163] Cfr. Cap. VI, §1.6.4.

[164] Cfr. da ultimo DILARIA 2017b, p. 42.

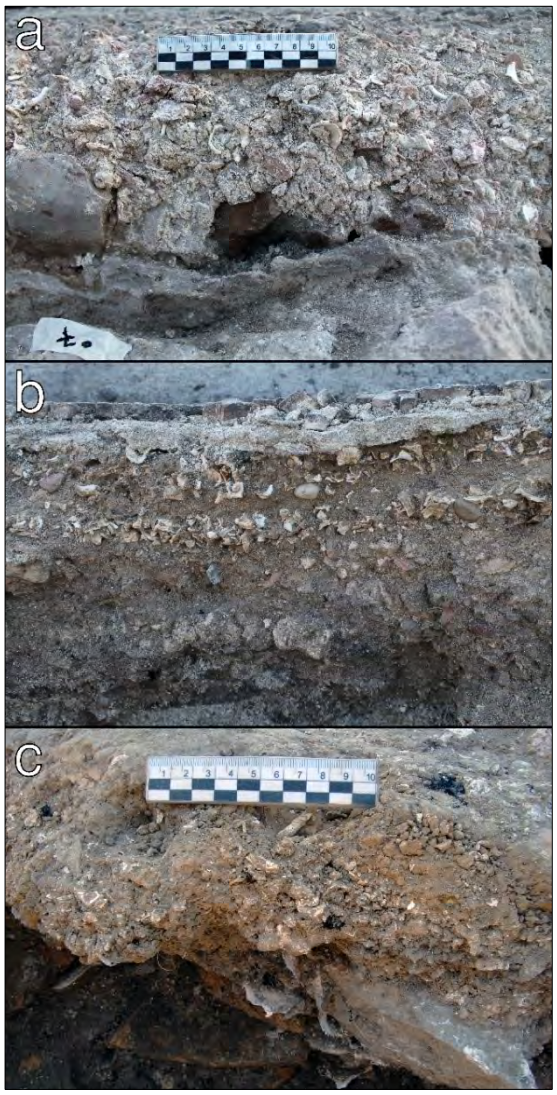


Fig. VIII.15 - Aquileia. Presenza di aggregato conchigliifero in diversi elementi strutturali nell'area dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite. a) Preparazione pavimentale di un piano in lastre di un vano nei settori occidentali; d) preparazione pavimentale di un tessellato tardoantico presso l'area orientale dell'isolato; e) piano battuto contenente diversi gusci conchigliferi riferibile ad una attività artigianale altomedievale, dai settori nord dell'area in corso di indagine.

l'esito del processo di lavorazione della pregiata tintura, mentre l'integrità testimonierebbe un consumo alimentare del mollusco[165]. Seppur non oggetto di campionatura ed analisi archeometrica, murici interi costituiscono l'aggregato principale del massetto preparatorio di un mosaico nell'area dei fondi ex-Cossar rinvenuto negli scavi di L. Bertacchi del secolo scorso[166].

Ulteriori esempi provengono dalle abitazioni dell'*Insula* delle Casa delle Bestie ferite, dove ostriche intere sono state rinvenute nella preparazione di un pavimento musivo datato alla fine del V sec. d.C.[167]. A questo si deve aggiunge la preparazione di un pavimento in lastre litiche e marmoree, preliminarmente inquadrato tra fine IV sec. d.C. e inizio V sec. d.C. (fig. VIII.15, a)[168], contenente diffusi residui altamente frammentati di gusci di murice, per i quali è difficile riconoscere la specie. Seppur non impiegati all'interno di miscele leganti, concentrazioni di *murex* in frammenti sono state rinvenute anche nel sottofondo di un ulteriore mosaico della prima metà del IV sec. d.C. (fig. VIII.15, b)[169] e all'interno di un piano battuto riferibile ad un'attività artigianale preliminarmente inquadrata tra la seconda metà del V e il VI sec. d.C., ancora inedito (fig. VIII.15, c).

L'elevata concentrazione di gusci conchigliferi, sia negli strati preparatori che all'interno di miscele leganti, dimostra un impiego sicuramente intenzionale, ma non è chiaro se questi materiali fossero stati qui predisposti con una funzione specifica o non rappresentino altro che il reimpiego, quale riuso "intelligente", di scarti di lavorazione di un'attività di produzione della porpora, forse attiva dall'epoca tarda[170], nelle vicinanze dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite, vista la ricorrenza di contesti che hanno restituito questo tipo di evidenza, non attestata altrimenti ad Aquileia con tale frequenza (VIII.16).

Seppur come già osservato, la presenza di gusci conchigliferi in miscele leganti non debba essere inteso come un elemento caratteristico di fasi storiche tardoantiche o bizantine, dai casi presentati si evidenzia come ad Aquileia, nonché nella vicina Grado[171], il loro uso in miscele leganti a diversa destinazione (giunto di allettamento, preparazione pavimentale) appaia particolarmente diffuso soprattutto a partire dall'epoca tardo antica ed altomedievale (IV-VI sec. d.C).

[165] *Ibidem*, pp. 25-27 e 42, nota 83.
[166] *Ibidem* 2017b, p. 39-40, caso 3.
[167] *Ibidem* 2017b, pp. 38, caso 1.
[168] BALLANCIN 2016, pp. 58-59.
[169] DILARIA 2017b, pp. 38-39, caso 2 e bibliografia *ivi* citata.
[170] Sulla lavorazione della porpora ad Aquileia, una breve nota è in DILARIA 2017a.
[171] ZANETTO 2017, pp. 246-247; Cfr. inoltre Cap. VI, §1.6.4.

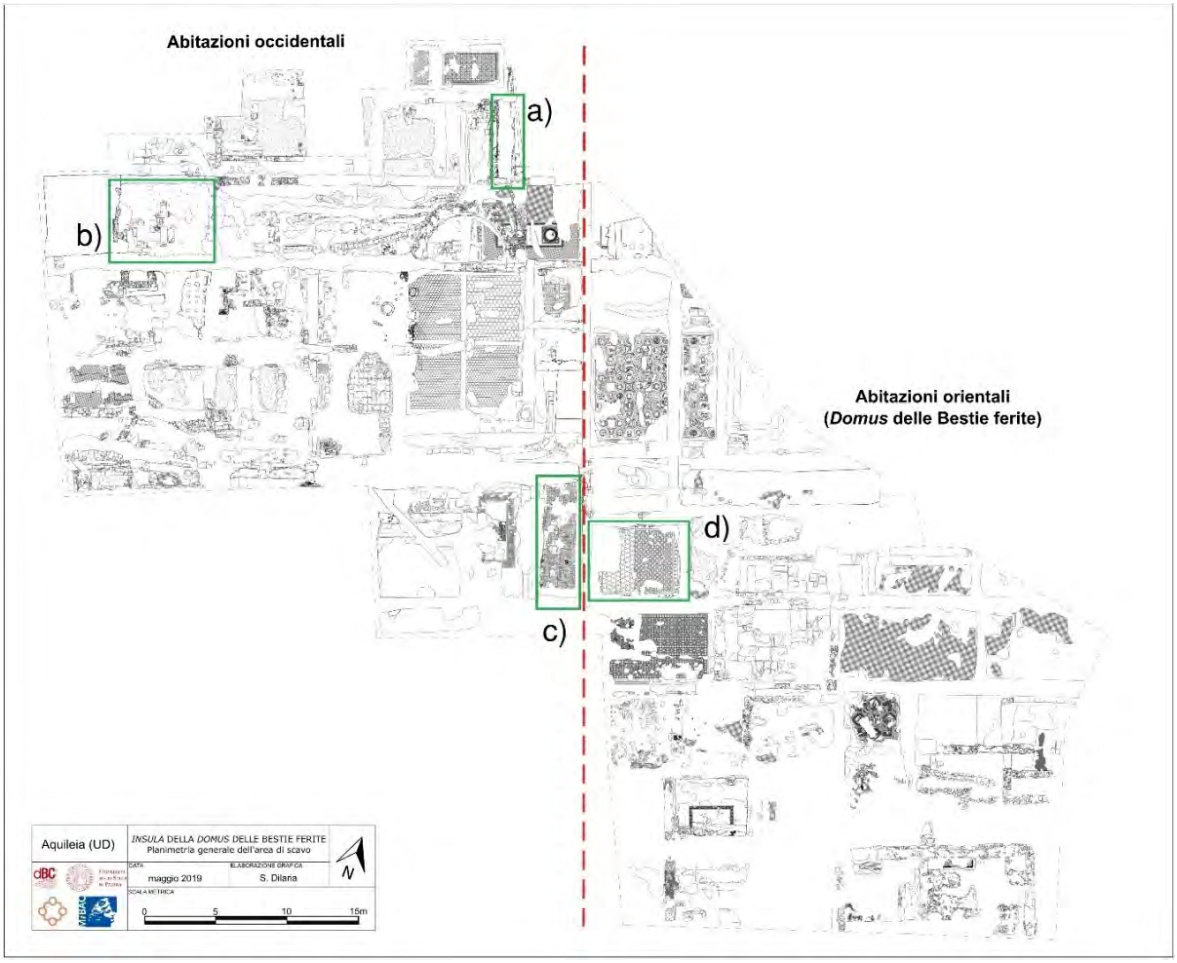


Fig. VIII.16 - Aquileia, *Insula* della Casa delle Bestie ferite. Pianta generale di fine scavo alla conclusione della campagna archeologica 2018. In evidenza le aree da cui sono state osservate concentrazioni di conchiglie impiegate a fini costruttivi. a) Piano di lavorazione di attività artigianale altomedievale (seconda metà del V e il VI sec. d.C.); b) pavimentazione in lastre di un vano di epoca tardo antica (IV sec. d.C. e inizio V sec. d.C.); c) Tessellato tardoantico dall'area occidentale dell'isolato (fine del V sec. d.C.); d) Tessellato tardoantico dall'area orientale dell'isolato (prima metà del IV sec. d.C.).

1.4 - ADDITIVI

L'unico additivo impiegato intenzionalmente nelle miscele aquileiesi risultano essere le fibre di origine vegetale e forse animale. Non vi è prova dell'utilizzo intenzionale di alcuno degli altri additivi conosciuti ed impiegati in antico[172]. Seppur, come osservato, carboni e cenere di origine vegetale o animale possano avere proprietà pozzolaniche, l'impiego di questa tipologia d'additivo non appare affatto frequente nelle miscele aquileiesi, ma è alquanto occasionale; si tratta probabilmente di contaminazioni derivate dal combustibile impiegato per la produzione della calce o da inclusioni naturali all'interno dell'aggregato sabbioso con cui sono stati prodotti questi composti.

1.4.1 - *Fibre vegetali*

L'unico additivo impiegato nelle miscele aquileiesi risulta essere le fibre di natura vegetale, la cui presenza tuttavia, se saltuaria e non preponderante, può essere interpretata come accidentale e deriva da residui di vegetali inclusi nelle sabbie d'aggregato o nei contenitori stessi

[172] Cfr. Cap. III, §2.4.

delle materie prime. Un impiego forse intenzionale è stato riconosciuto solo negli strati più profondi del *tectorium* di alcuni intonaci. Tracce di fibre vegetali di origine vegetale o animale si rinvengono solamente nei campioni/strati BRU_INT_7.3; CBF_INT_7.5; CBF_INT_8.2; CBF_INT_12.2; TEOD_INT_1.2; L-AMB_INT_2.2; VLN_INT_4.3, costituenti stesure di arriccio o rinzaffo. Le fibre erano quindi aggiunte agli impasti per migliorare l'elasticità e ai fini di un blando sistema di alleggerimento dei rivestimenti parietali, secondo pratiche ampiamente attestate a livello archeologico[173].

In sporadici casi tracce consistenti di fibre vegetali sono state osservate anche in malte di allettamento di strutture murarie (CBF_WM_18)[174] e in miscele per altre strutture di diversa funzione (PFE_PREP_1 e 2)[175].

1.5 - *CAEMENTA* (*opus caementicium)*

Con *caementa* vengono qui definiti tutti quegli elementi, in genere lapidei, che potevano essere gettati sciolti o allettati per livelli direttamente nel luogo di impiego su un letto di malta o di calcestruzzo, in un momento successivo alla preparazione degli impasti cementizi, secondo la tradizionale modalità produttiva dell'*opus caementicium*[176]. È noto come un tipo particolare di *caementa* erano quelli da utilizzare nell'ambito della realizzazione di strutture particolari quali le volte, dove era necessario utilizzare materiali solidi ma al contempo leggeri, in modo da non gravare troppo sul carico statico delle strutture. Evidenza di questo tipo di *caementa* a ridotto peso specifico (*lightweight caementa* nella letteratura in lingua anglosassone) è stata riconosciuta in alcuni casi aquileiesi analizzati in questo studio.

Vengono quindi di seguito descritti i "*caementa* tradizionali" per distinguerli dai "*caementa* d'alleggerimento" in quanto i secondi, a differenza dei primi, erano impiegati per una specifica funzione.

1.5.1 - Caementa *tradizionali*

Seppur non siano state effettuate analisi sistematiche in questo studio, i *caementa* impiegati nell'*opus caementicium* di nuclei murari e strutture di fondazione ad Aquileia risultano essere blocchetti, scapoli e schegge lapidee delle medesime litologie impiegate nell'edilizia, quali elementi costituenti di strutture murarie o idrauliche[177]. Non di rado possono essere presenti anche grossolani frammenti fittili in associazione alla componente lapidea. In casi particolari è stato documentato l'impiego di alti materiali quali elementi vitrei o frammenti d'osso[178].

1.5.2 - Caementa *d'alleggerimento*

Al fine del ridurre il carico statico di imponenti volte in *opus caementicium* realizzate per la copertura di vasti ambienti, venivano adottati diversi sistemi. Tra i più diffusi vi è la tecnica

[173] Fibre vegetali sono spesso rinvenute negli strati più profondi di *tectoria* (cfr. BARBET, ALLAG 1972, p. 970).

[174] Cfr. Cap. VI, §5.5.1. L'impiego di paglia nelle miscele strutturali sembra richiamare, ancora, tecniche preparatorie di età repubblicana richiamate da Catone (*De agr*., XIV, 3).

[175] Nel campione in oggetto sono strati trovati frammenti vegetali riferibili a quercia (Cfr. Cap. VI, §7.5.1).

[176] (GINOUVÈS, MARTIN 1985, pp. 51-52). Il composto poi poteva era pressato al momento della messa in opera (struttura cementizia calcata). Spesso per le fondazioni di strutture imponenti a Roma, i *caementa* di grosse dimensioni erano gettati o allettati per livelli nella miscela, preparata a parte (DELAINE 1997, p. 135 e nota 6).

[177] Sui litotipi impiegati nell'edilizia aquileiese cfr. PREVIATO 2015, pp. 411-457

[178] Frammenti d'osso erano frammisti alla matrice legante del nucleo murario di una delle torri addossate alla cinta M1 presso il porto fluviale nel corso del restauro medio-imperiale di quest'ultima. Da questa struttura è stato analizzato il campione M1_WM_5.

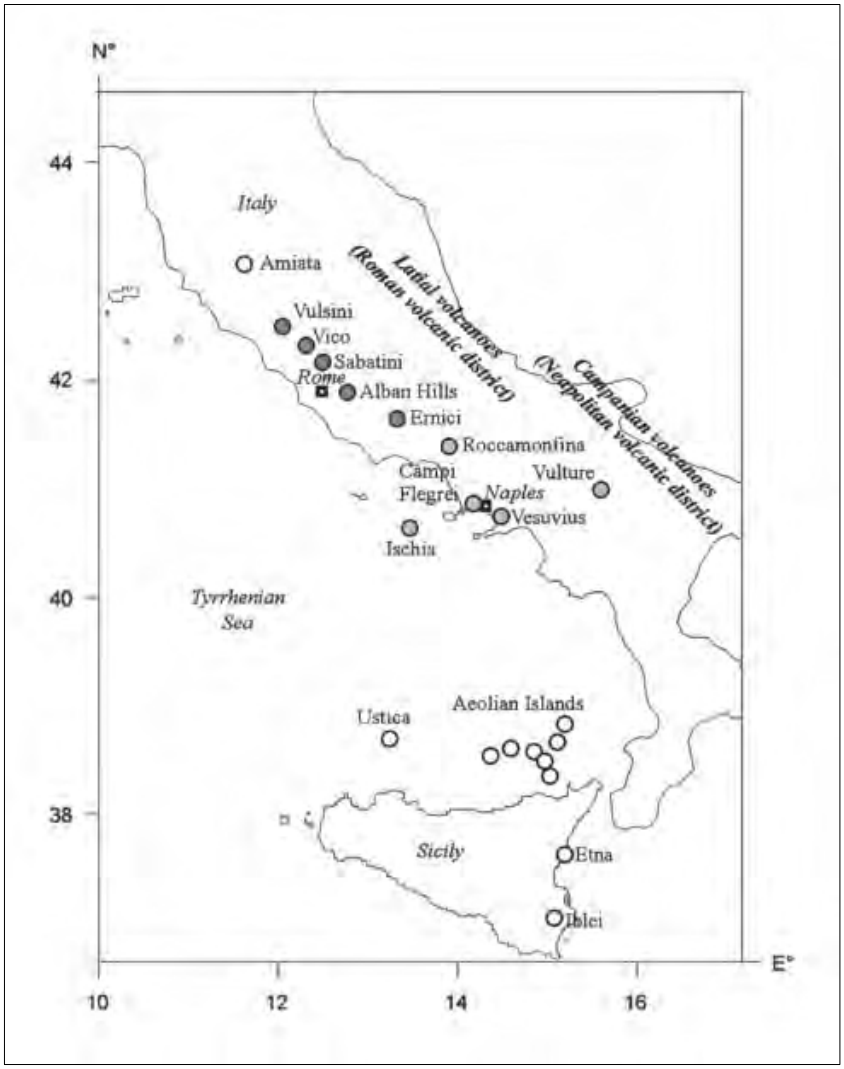


Fig. VIII.17 - Distribuzione geografica dei depositi vulcanico-piroclastici attestati in Italia e sfruttati in epoca antica nella produzione di malte ed opere in *opus caementicium*. (da LANCASTER, SOTTILI, MARRA, VENTURA 2011, fig. 1, p. 708).

dell'inglobamento di anfore o tubuli fittili nelle strutture cementizie[179]. In alternativa, un'ampia serie di attestazioni da edifici a Roma così come in diverse aree del Mediterraneo antico, dimostrano nella costruzione di volte cementizie venissero di frequente impiegati quali *caementa* d'alleggerimento, pomici, scorie piroclastiche e frammenti di rocce effusive porose[180]. Tutte queste rocce di origine vulcanica sono caratterizzate da una tessitura semi-vetrosa ed una struttura variamente vacuolata che li rende materiali particolarmente leggeri.

La pomice è costituita interamente da vetro vulcanico altamente vescicolato. Ha una colorazione tipicamente chiara, dal bianco al giallo fieno. Si origina durante eruzioni vulcaniche esplosive, quando il magma è eiettato ad alta velocità fuori dal condotto vulcanico.

La tipica struttura vescicolata delle pomici è dovuta alla simultanea, e velocissima, depressurizzazione e conseguente raffreddamento di lapilli vulcanici.

La scoria si può distinguere dalla prima in quanto rispetto alle pomici ha densità leggermente maggiore e la colorazione più scura[181].

Con lava vulcanica si intende infine una roccia effusiva prodotta dalla solidificazione del magma che, nel caso in cui il raffreddamento sia avvenuto in maniera repentina, può presentarsi come parzialmente vetrosa e mediamente vacuolare.

La leggerezza, empiricamente apprezzabile, rendeva questi materiali degli ottimi *caementa* d'alleggerimento per volte in *opus caementicium*. Seppur non vi siano chiari riferimenti nelle fonti latine a questa pratica, Faventino consigliava l'utilizzo di pomici nelle malte (*impensa*

[179] Cfr. i principali studi sul tema sono in: LANCASTER 2005, pp. 60-85; LANCASTER 2012, pp. 151-160; LANCASTER 2015, pp. 99-151.

[180] DELAINE 1997, pp. 159-160; ADAM 2005, p. 380; GIAVARINI 2005, p. 136; LANCASTER 2005, pp. 59-67; LANCASTER 2006; LANCASTER 2010; LANCASTER, MARRA, SOTTILI, VENTURA 2010; LANCASTER, SOTTILI, MARRA, VENTURA 2011; LANCASTER 2011; MARRA, D'AMBROSIO, SOTTILI, VENTURA 2013; LANCASTER 2015, pp. 29-38.

[181] MCPHIE, DOYLE, ALLEN 1993, p. 27.

pumicea) degli strati di rinzaffo per rivestimenti ad intonaco su murature a craticcio, in modo tale che il peso dei rivestimenti non gravasse troppo sulle strutture portanti[182].

Ad Aquileia è stata documentata la presenza sia di pomici e scorie piroclastiche che di porose rocce magmatico-effusive nelle volte in crollo della Grandi Terme costantiniane[183]. L'assenza di depositi vulcanico-piroclastici nei territori della *X Regio* richiedeva l'importazione di queste materie prime da altre aree geografiche con formazioni vulcano-magmatiche[184]. Come noto, i bacini storicamente meglio conosciuti sono distribuiti nei distretti vulcanici di area etrusco-laziale, campana ed insulare (fig. VIII.17). Diverse erano tuttavia le aree del Mediterraneo con depositi di ceneri vulcaniche già sfruttati in epoca antica oltre a quelli tradizionalmente noti[185].

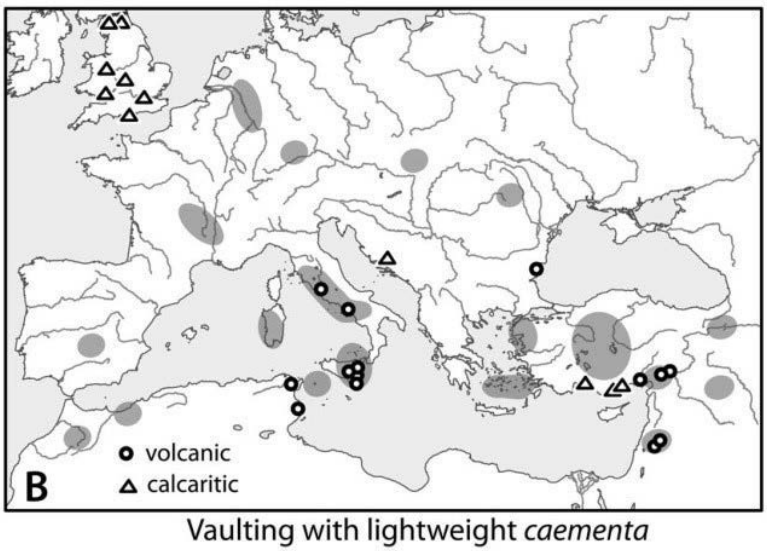


Fig. VIII.18 - Carta distributiva delle principali attestazioni dell'impiego di *caementa* a fini di alleggerimento in strutture voltate di edifici di età romana nel Mediterraneo (Da LANCASTER 2015, fig. 9b, p. 23.

Come provato dalle analisi degli elementi in traccia[186], nel complesso termale tardoantico di Aquileia sono impiegate, in maniera che non appare sistematica, tre tipi di rocce vulcaniche, due di natura piroclastica (GTR_VM_1_G e GTR_VM_1_N) e una magmatico-effusiva (GTR_VM_4_R). Una componente fina sub-millimetrica, probabilmente degli stessi litotipi, venne impiegata come aggregato pozzolanico con funzione d'alleggerimento anche nella realizzazione delle stesse miscele leganti delle volte dell'edificio[187].

Se la presenza abbondante di sanidino in tutti i tre campioni di *caementa* analizzati ne ha permesso di ipotizzarne la provenienza dai distretti vulcanici di area centro-italica[188]. La distribuzione chimica degli elementi in traccia sembra dimostrare la provenienza delle scorie dall'area campana. Nello specifico, le scorie pumicee di colore grigio-nerastro avrebbe provenienza flegrea (GTR_VM_1_N), così come le pomici di colore giallastro (GTR_VM_1_G), ma non se ne esclude una provenienza dalla zona vesuviana. Solo le lave porose rossastre (GTR_VM_4_R) sembrano avere essere sicuramente pertinenti ai depositi delle eruzioni di Somma-Vesuvio precedenti all'eruzione del 79 d.C.[189].

---

[182] FAV., XXI; cfr. a riguardo GRECO 2011, p. 109.

[183] Cfr. Cap. VI, §4, *passim*.

[184] Sui bacini magmatici presenti in Italia cfr. PECCERILLO 2005, in part. pp. 10-15.

[185] Cfr. in particolare, da ultimo LANCASTER 2015, pp. 29-38. Di recente sono stati riconosciuti depositi vulcanico-piroclastici di pomici e scorie vulcaniche di altre aree geografiche (Sardegna, Sicilia, Turchia), che sembrano aver fornito i *caementa* impiegati nella costruzione di diverse strutture voltate di grandi edifici di età imperiale in Tunisia e Cilicia (cfr. in particolare LANCASTER, MARRA, SOTTILI, VENTURA 2011; LANCASTER 2011, pp. 65-72).

[186] Cfr. Cap. VI, §§5.5, 5.6 Si ringrazia il dott. D. Miriello e la dott.ssa D. Barca (Università degli Studi della Calabria, Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienza della Terra) per il fondamentale contributo nell'analisi geochimiche di provenienza delle pomici e scorie delle volte delle Grandi Terme di Aquileia.

[187] Cfr. §1.2.1.3

[188] Cfr. Cap. VI, §4.5.2.2.

[189] Cfr. Cap. VI, §4.5.2.4.

La presenza di questi materiali in funzione di *caementa* d'alleggerimento in edifici della Cisalpina romana appare, finora, un *unicum*, dato che l'uso di rocce vulcaniche variamente porose non sembra comune nella costruzione di strutture voltate. Questo aspetto risulta particolare se si confronta con quanto noto per varie aree del bacino mediterraneo, dove diversi sono i casi riportati in letteratura dell'uso di *caementa* d'alleggerimento (*lightweight caementa*) in volte di edifici di età romano imperiale (fig. VIII.18). Deve essere però tenuto in considerazione quanto influisca sulle nostre conoscenze dei sistemi di copertura antichi e sui materiali in essi utilizzati il generale stato di profonda spoliazione degli elementi architettonico-strutturali che molto spesso determina la conservazione di edifici e strutture esclusivamente a livello fondazionale non solo ad Aquileia ma, più in generale, nella Cisalpina romana. Per queste aree territoriali si sente inoltre la mancanza di studi approfonditi sull'argomento.

Da quanto conosciuto, l'uso di rocce vulcaniche di importazione in edifici romani del nord Italia non risulta così diffuso quanto in area laziale e campana[190].

Per quanto riguarda Aquileia, si è potuto direttamente constatare in questo studio che nel lacerto di *opus caementicium* rinvenuto, in giacitura secondaria, dall'anfiteatro e interpretato, seppur con riserve, come volta, i *caementa* maggiori consistano in schegge e scapoli di calcari isontini e triestini (Aurisina) della medesima litologia rispetto a quelli usati, in ambito edilizio, per la realizzazione dei blocchetti costituenti i paramenti di strutture murarie e nelle decorazioni architettoniche dell'edificio per spettacoli[191]. Tuttavia, essendo un blocco sporadico, non si conosce l'ampiezza di questa struttura voltata né si è certi della sua conformazione; non sembra infatti cosa rara che, nel caso di coperture di piccoli ambienti quali corridoi o ambulacri, non fosse necessario l'impiego nelle volte cementizie dei *caementa* con funzione di alleggerimento[192].

Se si passa ora a considerare anche un altro dei pochi edifici della Cisalpina romana che preserva ancora *in situ* volte in *opus caementicium* di una certa ampiezza, ossia la Villa imperiale di Sirmione (c.d. Grotte di Catullo) di età augusteo-tiberiana, le analisi petrografiche condotte sui materiali lapidei *ivi* impiegati hanno dimostrato l'utilizzo, a fini d'alleggerimento, di travertini afferenti a bacini sedimentari del vicino Lago d'Iseo (Brescia)[193]. Seppur non sia stata effettuata alcuna indagine archeometrica, sembra che pure nelle volte di copertura dei corridoi nell'Arena di Verona i *caementa* impiegati consistessero in grossolani ciottoli e frammenti di pietra[194] a volte concatenati con strati di cotto[195]. Nelle volte cementizie del criptoportico del *capitolium* veronese erano invece presenti schegge di rocce definite "tufi"[196] termine con cui, nel veronese, si descrive un'arenaria marnosa presente ad Avesa, Quinzano, a Verona stessa e in Valpolicella, che era particolarmente adatta per la costruzione di le volte dato il suo ridotto peso specifico[197].

La conformazione del travertino e delle marne veronesi non è comparabile con la struttura altamente alveolata delle rocce vulcaniche utilizzate nelle volte delle Grandi Terme di Aquileia. La difficoltà d'approvvigionamento o forse gli elevati costi di trasporto devono aver determinato la preferenza per l'utilizzo di materiali di provenienza locale, facilmente raggiungibili.

---

[190] L'assenza di polveri pozzolaniche flegree nelle colate cementizie delle mura repubblicane di Aquileia è stata dimostrata (cfr. Cap. VI, §§1.5.3, 1.6.1); L'evidenza su base mineralogica di fasi di diopside nelle malte di allettamento dei giunti murari della cinta urbica repubblicana di *Mutina* non sembra inoltre in alcun modo riconducibile alla presenza di polveri pozzolaniche (COSTA, GOTTI, TOGNON 2001). Anche nelle miscele leganti dell'anfiteatro di Padove alcuni clasti vulcanici preliminarmente interpretati come *harenae fossiciae* del tipo delle Pozzolane Rosse (cfr. SECCO, VALENTINI, ADDIS 2019, fig. 10.5, p. 220) si sono rivelati essere, ad analisi più approfondita, delle brecce riolitiche vulcaniche cavate da affioramenti del comprensorio dei monti Euganei. L'area di cava specifica è stata riconosciuta più precisamente in Monte Alto (cfr. VOLPIN 2017/2018, pp. 160-165).

[191] PREVIATO, MAZZOLI 2018.

[192] Cfr. a riguardo Cap. VI, §§3.2; 3.6. cfr. inoltre DILARIA, SECCO 2018, p. 184, nota 435.

[193] ROFFIA, BUGINI, FOLLI 2009, pp. 564, 569.

[194] BESCHI 1960, p. 469

[195] DALLA ROSA 1821, p. 75.

[196] CAVALIERI MANASSE 2008, 90-91.

[197] BOLLA 2014, p. 24.

Va comunque considerato come tutti i monumenti nord italici presi a confronto siano inquadrabili in età alto imperiale, ma è probabile che le dinamiche economico commerciali in età tardo antica non fossero le medesime. Il quadro documentario è quindi ancora troppo lacunoso per definire con chiarezza le dinamiche commerciali e la distribuzione dei materiali locali e di importazione nei diversi periodi storici.

Tornando al caso aquileiese, appare comunque evidente come l'impiego di rocce di importazione altamente porose influisse particolarmente sulla qualità complessiva delle volte cementizie, riducendone sensibilmente il peso specifico complessivo. Solo un committente particolarmente facoltoso, quale doveva essere la famiglia imperiale costantiniana, poteva permettersi garantirsi l'importazione di ingenti quantità di questi materiali lapidei, altresì assenti in Nord Italia, che dal Golfo di Napoli raggiungevano, probabilmente per via marittima, i porti tardo antichi di Aquileia o di Grado.

La cronologia tarda di costruzione dell'edificio termale apre inoltre nuovi scenari sul commercio di questi materiali e sul movimento di maestranze nel corso della Tarda Antichità. L'impiego di *caementa* d'alleggerimento è infatti attestato anche in strutture voltate di grandi edifici tardo antichi a Roma. L'esempio meglio studiato sono le terme di Diocleziano, dove sono presenti pomici e scorie provenienza dall'area flegrea[198]. Rocce vulcaniche porose grigio-scure risultano impiegate anche nelle volte di altri edifici tardo antichi quali la basilica di Massenzio e il tempio di Minerva Medica (prima metà IV sec. d.C.)[199], ma non sono state fatte indagini archeometriche mirate a stabilirne la provenienza.

Viene posto in evidenza da L. Lancaster come il cambio nella cernita dei *caementa* d'alleggerimento nelle strutture voltate di edifici di Roma dall'età di Diocleziano in poi sia evidenziato dall'uso di pomici dell'area flegrea piuttosto che i prodotti delle eruzioni vesuviane, che trovano più largo utilizzo negli edifici dell'Urbe fino alla fine del III sec. d.C.[200]. L'ipotesi formulata dall'autrice non trova però conferma nel comparto aquileiese dove, nel medesimo edificio, sembra esserci prova dalla compresenza di prodotti vulcanici di provenienza vesuviana e flegrea.

[198] LANCASTER, SOTTILI, MARRA, VENTURA 2011, pp. 719-720
[199] LANCASTER 2005, pp. 63-64.
[200] LANCASTER, SOTTILI, MARRA, VENTURA 2011, p. 725.

2 - Le tipologie di miscele leganti impiegate ad Aquileia

Si prenderanno ora in rassegna le principali tipologie di miscele leganti impiegate ad Aquileia, il loro ambito di applicazione e, qualora possibile, le cronologie in cui vennero prodotte.

La seriazione tipologica qui proposta è fondata in primo luogo sulle varianze delle più significative caratteristiche petrografico-mineralogiche e tessiturali dei composti cementizi aquileiesi, ma si propone di essere uno strumento valido per una descrizione, anche solo macroscopica, delle miscele leganti in sussidio all'analisi archeologico-stratigrafica.

Non verranno quindi messe in risalto alcune caratteristiche secondarie di natura petrografica, mineralogica o chimica ricorrenti nei materiali cementizi analizzati e fondamentali nelle analisi *intra sito* per una definizione di dettaglio dei singoli "interventi edilizi"[201], ma che in questa sede andrebbero solamente ad "appesantire" la definizione tipologica qui proposta.

In questa specifica sede sono state quindi innanzitutto distinte le "malte" dai "calcestruzzi" sulla base delle caratteristiche dimensionali dell'aggregato[202]. Queste due macro-classi sono poi state ulteriormente suddivise, al loro interno, in tipi specifici.

Come già anticipato, le tipologie sono state identificate sulla base dell'analisi statistica multivariata (PCA) dei dati petrografici parametrizzati tenendo in considerazione in particolar modo le caratteristiche del legante e dell'aggregato dei campioni oggetto di indagine archeometrica. Sono stati così enucleati tre tipi di malte a legante carbonatico, ossia la "malta di calce", il "cocciopesto" e lo "stucco", a loro volta distinti in sottotipi (fig. VIII.17). Alla stessa maniera sono stati identificati due tipi principali di calcestruzzi ossia il "calcestruzzo tradizionale" e il "cocciopesto grossolano", anche in questo caso distinguibili in sottotipi. Totalmente differenti appaiono infine le miscele a legante argilloso, definite come "malta di terra".

L'analisi PCA basata sui dati difrattometrici XRPD non consente di giungere ad un livello di risoluzione comparabile con quanto è stato possibile fare sulla base dei soli dati petrografici, in quanto le caratteristiche mineralogiche delle miscele leganti aquileiesi non risultano variare in maniera così significativa quanto quelle tessiturali[203]. Cionondimeno, in alcuni casi solo grazie ai dati in diffrazione è stato possibile quantificare con precisione alcune caratteristiche che non erano parametrizzabili tramite analisi petrografiche come, ad esempio, le fasi "pozzolaniche" di alcuni composti, standardizzate utilizzando il metodo quantitativo Rietveld (fig. VIII.20)[204].

Una rappresentazione grafica dei tipi riconoscibili tramite analisi macroscopica è stata riprodotta in appendice a questa sottosezione (fig. VIII.24a, b). Gli elementi costituenti le diverse tipologie di miscele leganti aquileiesi sono stati riassunti nella tabella VIII.4.

2.1 - Malte

Con malte vengono definite, in questa sezione, tutte quelle miscele con aggregato assente o avente dimensione media della frazione fina sempre ≤ 0,6 mm e dimensione media della frazione grossolana ≤ 5,0 mm. Le malte, computate sulla somma non solo dei campioni monostrato ma anche delle singole stesure di campioni pluristratificati, rappresentano oltre 90% delle miscele leganti aquileiesi qui analizzate e il loro ambito di impiego è assai vario.

2.1.1 - *Malte di calce (lime mortars - LM)*

Le malte di calce (*lime mortars*) sono una tipologia di miscele ampiamente documentata ad Aquileia, in quanto rappresentano il 57% del totale dei composti analizzati. Un'analisi più

[201] Su questi aspetti cfr. Cap. VI, *introduzione*.

[202] cfr. *infra* §2.1; 2.2. La terminologia adottata segue quanto definito, per massimi capi, in Ginouvès, Martin 1985, pp. 50-52.

[203] Come già osservato nel corso delle analisi dei singoli contesti di indagine.

[204] Sulla metodologia adottata per l'analisi mineralogica cfr. Cap. V, §3.3.

approfondita delle singole componenti principali ha permesso di individuare alcuni sottotipi, tra loro non facilmente enucleabili se non in rari casi (fig. VIII.18).

Si è osservato come alcune specifiche caratteristiche composizionali delle malte di calce siano correlabili con le cronologie di produzione. In particolare, il rapporto L/A sembra essere un buon indicatore in tal senso: le malte di età alto imperiale o precedente restituiscono proporzioni tra legante ed aggregato in rapporti compresi tra 1:1.5-1:3. Di contro, l'abbondanza di frazione legante caratterizza le malte di calce del periodo tardo imperiale, di frequente prodotte in rapporti L/A ≥ 1:1 (fig. VIII.19, a). Tale tendenza raggiunge i suoi estremi negli strati più profondi dei *tectoria* (arriccio, rinzaffo) di intonaci tardo antichi, dove i rapporti L/A possono raggiungere valori di 3:1 o superiori e l'abbondanza di frazione legante rispetto all'aggregato conferisce a questi composti un'estrema leggerezza, empiricamente apprezzabile. I campioni prelevati da miscele cementizie di età medio-imperiale sembrano, in buona misura, porsi a cavallo tra i macro-insiemi appena definiti. Per l'età bizantina invece, seppur il dato statistico non sia significativo (dato che i campioni pertinenti a questo periodo sono solamente tre), sembra esserci un ritorno ai rapporti proporzionali delle fasi repubblicane e alto-imperiali.

Anche la distribuzione granulometrica dell'aggregato sabbioso-ghiaioso può valere come un indicatore cronologico significativo. Malte di calce con aggregato grossolano (ghiaia) ricorrono con maggior frequenza in età alto-imperiale o nei periodi precedenti; durante l'età tardo imperiale invece, la frazione ghiaiosa grossolana nei composti appare spesso assente; l'aggregato delle malte di calce risulta costituito eminentemente da sabbia media, fina o finissima, variamente classata. Tale caratteristica sembra interessare tutti i composti di questa tipologia a prescindere dalla destinazione d'impiego (fig. VIII.19, b).

Come detto, in seguito ad analisi PCA i campioni non risultano, nella maggior parte dei casi, nettamente enucleabili in gruppi, se non i sottotipi LM4 e, in misura minore, LM5; le tipologie qui discusse sono state argomentate quindi nei termini di "tendenze" delle caratteristiche composizionali delle malte di calce aquileiesi.

2.1.1.1 - Malta di calce tradizionale (*traditional lime mortar* - LM1)

Le miscele del tipo LM1 presentano un legante carbonatico (calce), miscelato ad una frazione d'aggregato rappresentato da sabbia media o medio-fina (> 50% tot. agg.), con una componente più grossolana rappresentata da sabbia grossa, in rapporti L/A complessivi di circa 1:2 o 1:1.5. Queste proporzioni si allineano con quanto richiamato dalla tradizione scritta di età romana[205]. Possono essere sporadicamente presenti clasti di ghiaia, frammenti di rocce e frammenti fittili (< 5% tot. agg.). Macroscopicamente presentano un aspetto arenaceo e un colore variabile tra il grigiastro e il giallo pallido (*pale yellow*, 2.5Y 8/3). Sotto il profilo petrografico la componente sabbiosa è rappresentata da dominante frazione carbonatica, con secondari clasti di selce e quarzo. In traccia sono arenarie, miche e fillosilicati. L'*assemblage* petrografico-mineralogico dell'aggregato risulta del tutto compatibile con i sedimenti fluviali locali del comprensorio isontino[206]. Una modesta frazione fine di infiltrazione di natura terrigena può essere presente, in aliquote ridotte. Sotto il profilo mineralogico le malte del tipo LM1 presentano elevati tenori di calcite con dolomite variabile e secondaria occorrenza di quarzo. Plagioclasi (albite/anortite), miche (muscovite), fillosilicati (clorite) e ossidi di ferro-titanio (ilmenite) sono presenti in traccia, generalmente in percentuali < 5,0 % del campione totale.

Tra gli additivi possono essere presenti saltuariamente fibre vegetali o animali e cenere/carbone (< 2%).

---

[205] Le malte di calce aquileiesi del tipo LM1 risultano solo leggermente più grasse rispetto alle proporzioni tramandateci dalla tradizione scritta di età romana, secondo cui la calce andava miscelata con sabbia fluviale o marina in rapporti di 1:2, mentre le proporzioni erano di 1:3 se l'aggregato era costituito da *harenae fossiciae* (VITR. *De arch*., II, 5, 1; PLIN. *N.H.*, XXXVI, 174-175). Nelle opere più tarde di Faventino e Palladio scompare inoltre la distinzione delle sabbie da impiegare nelle malte di calce ed i rapporti vennero standardizzati ad 1:2 (FAV., IV, 3; PALL., I, 10, 3).

[206] Circa la provenienza delle sabbie e delle ghiaie impiegate nelle malte di calce cfr. §1.3.1.1.

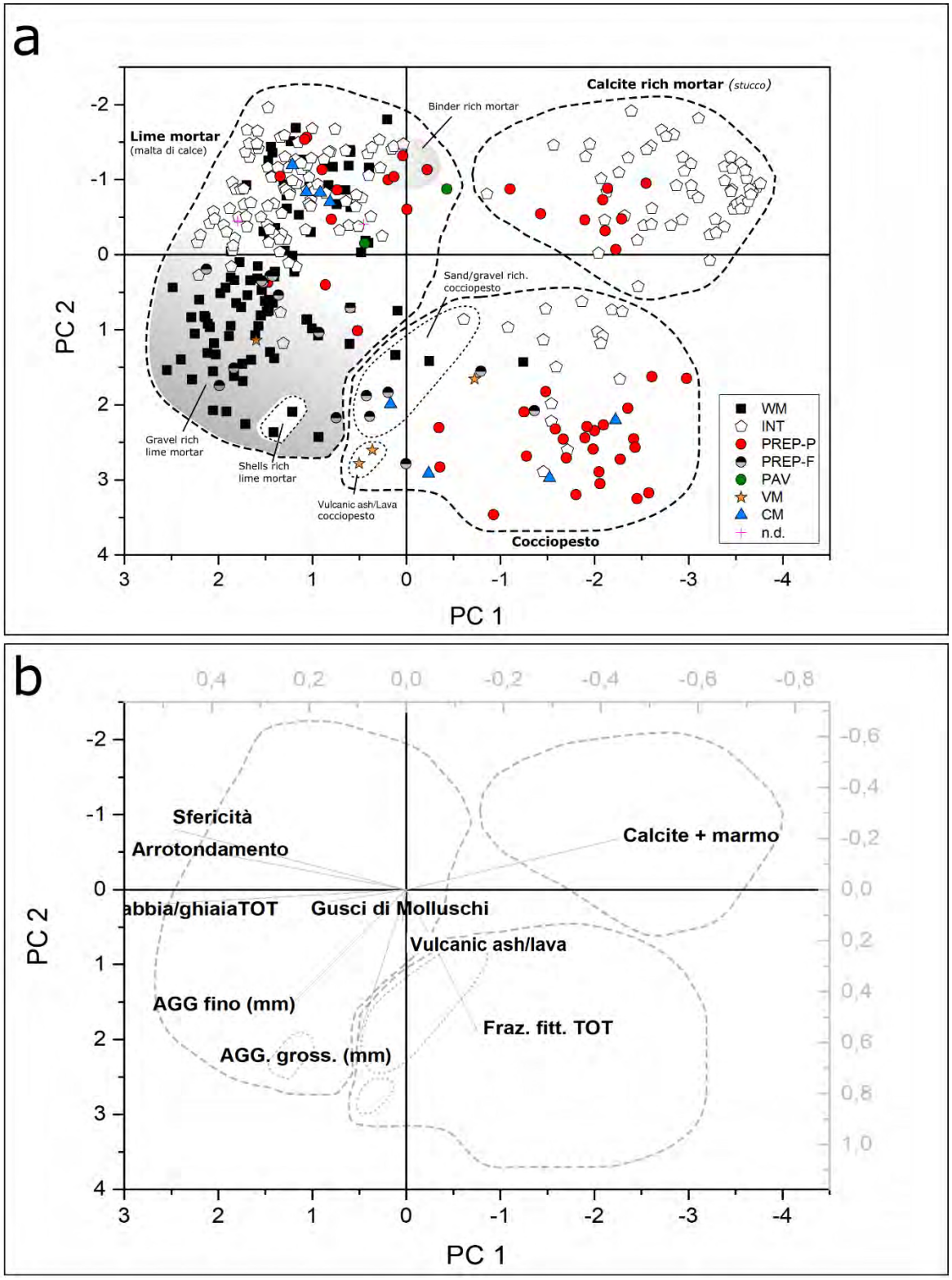


fig. VIII.17 - Grafico distributivo dei campioni di malte a legante carbonatico (rappresentatività di PC1+PC2: 57%). Negli assi X e Y sono rappresentate le componenti principali PC1 e PC2 dell'analisi PCA operata in relazione ad una selezione di dati petrografici di interesse. a) Distribuzione dei campioni in base all'impiego funzionale: WM - setti murari (alzati, nuclei, fondazioni); INT - intonaci parietali; PREP-P - masselli preparatori pavimentali; PREP-P - strutture in *opus caementicium* di fondazione; PAV - rivestimenti e piani pavimentali; VM - volte in *opus caementicium*; CM - strutture di carattere idraulico; n.d. - altra tipologia di elemento architettonico. I campioni si distribuiscono chiaramente in tre nuclei rappresentativi delle tipologie "malta di calce", "stucco" e "cocciopesto". Si possono in parte riconoscere raggruppamenti secondari dei sottotipi. b) Vettori di tendenza delle caratteristiche petrografiche prese in considerazione nell'analisi PCA.

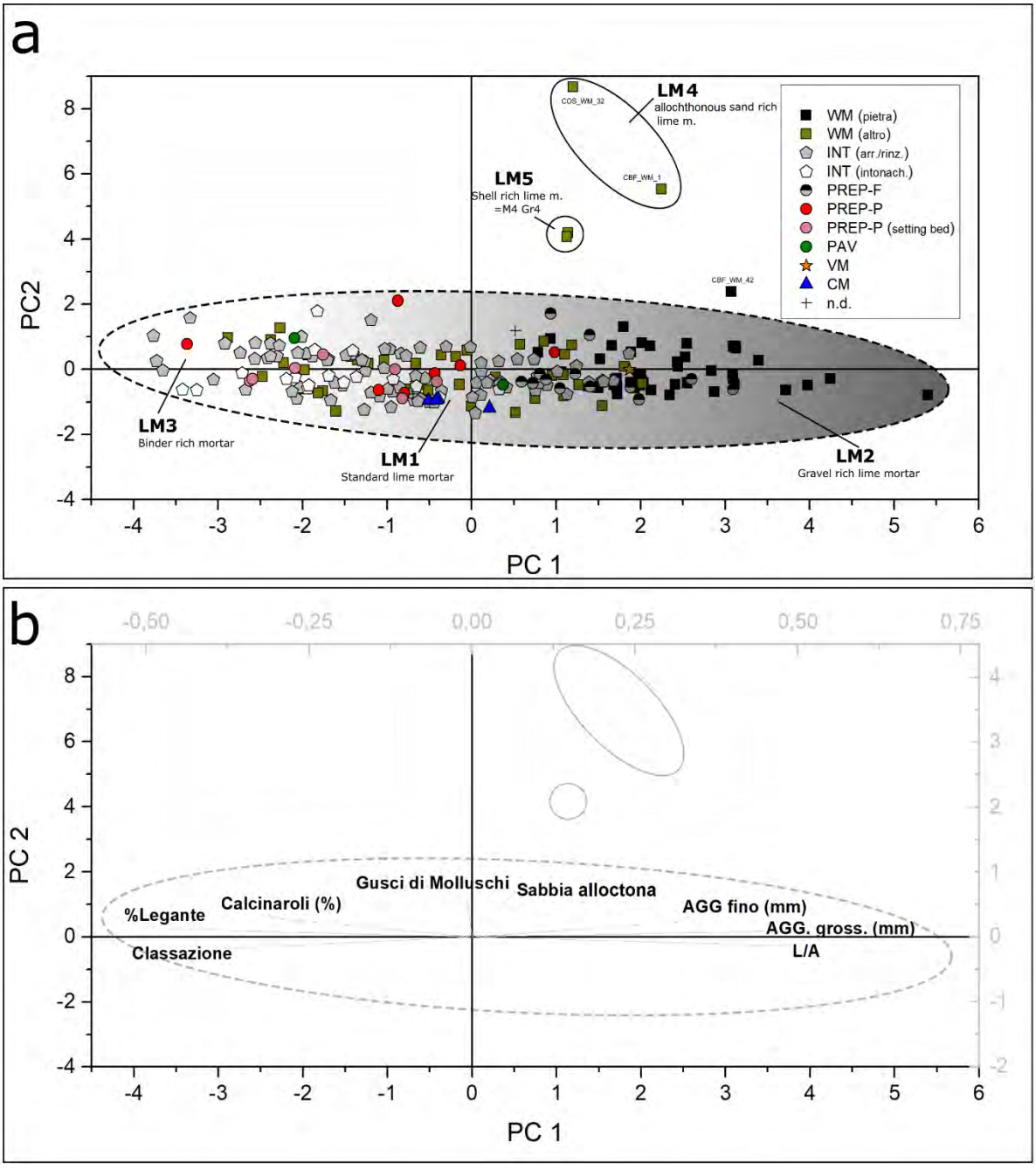


Fig. VIII.18 - Grafico distributivo dei campioni di "malta di calce" (LM). Negli assi X e Y sono rappresentate le componenti principali PC1 e PC2 dell'analisi PCA operata in relazione ad una selezione di dati petrografici di interesse (rappresentatività di PC1+PC2: 54%). a) Distribuzione dei campioni in base all'impiego funzionale: WM (pietra) - setti murari (alzati, nuclei, fondazioni) realizzati prevalentemente in pietra calcarea del tipo F2/A6; F7/A6; F11/A4; WM (altro) - setti murari (alzati, nuclei, fondazioni) in laterizi o in tecnica mista (es. F10/A13); INT (arr./rinz.) - strati preparatori di arriccio o rinzaffo di intonaci parietali; INT (intonach.) - strati superficiali strati superficiali di supporto al pigmento di intonaci; PREP-F - strutture in *opus caementicium* di fondazione; PREP-P - masselli preparatori pavimentali; PREP-P (setting bed) - strati di allettamento di tessere musive di tessellati pavimentali; PAV - rivestimenti e piani pavimentali; VM - volte in *opus caementicium*; CM - strutture di carattere idraulico; n.d. - altra tipologia di elemento architettonico. I campioni si distribuiscono in tre nuclei rappresentativi delle tipologie "LM1/3", "LM4" e "LM5". In sfumato viene rappresentata il progressivo "slittamento" tra campioni del tipo LM2 (a dx) al tipo LM3 (a sx). b) Vettori di tendenza delle caratteristiche petrografiche prese in considerazione nell'analisi PCA.

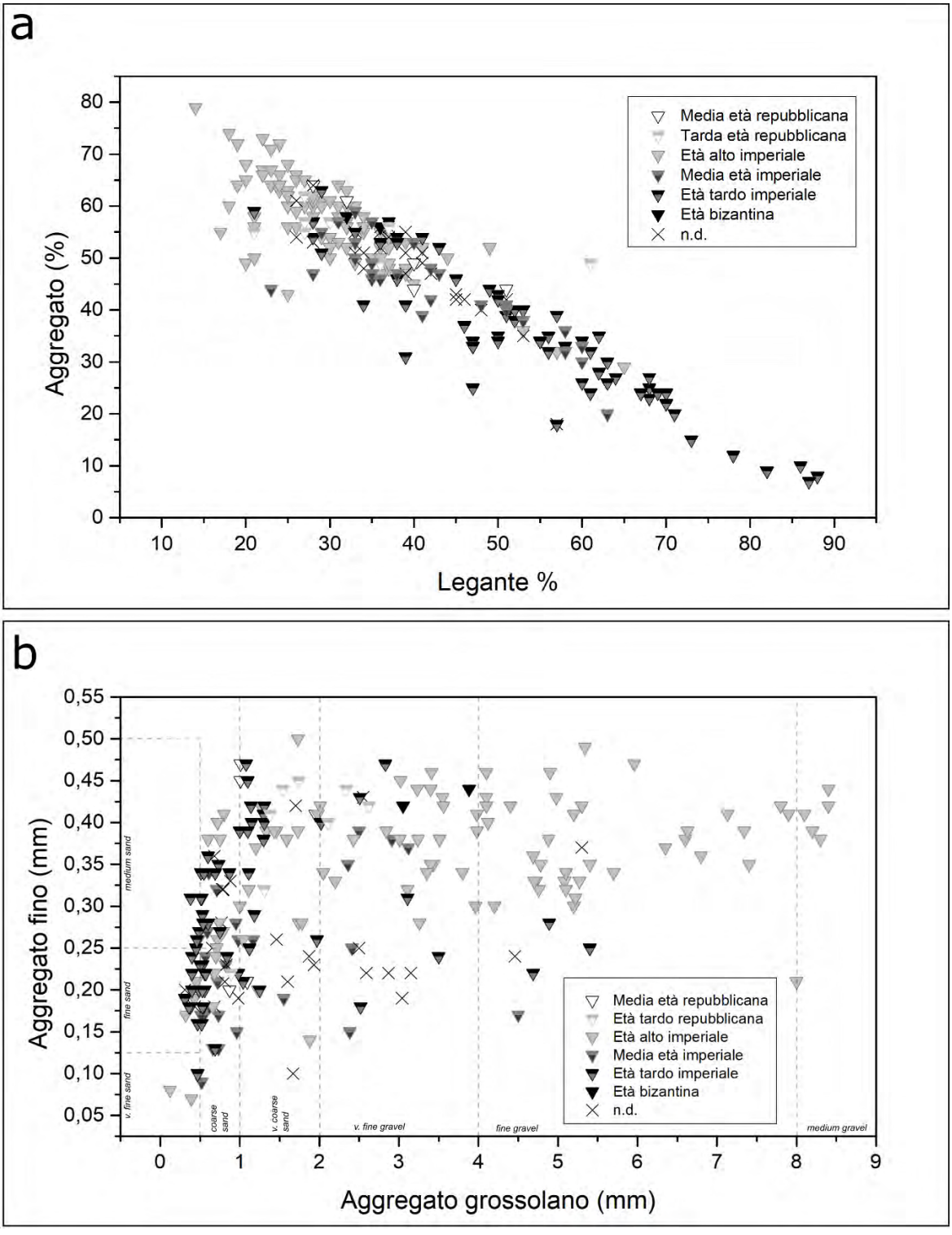


Fig. VIII.19 - Grafico distributivo dei campioni di "malta di calce" sulla base di due sole variabili di interesse. a) Distribuzione dei campioni di malta di calce (LM) in base al rapporto tra le percentuali della frazione legante (asse X) in relazione a quelle d'aggregato (asse Y). I valori percentuali sono stati desunti sul totale areale del campione tramite analisi d'immagine di sezioni sottili. Si può osservare una tendenza all'aumento percentuale di legante nei campioni di età medio imperiale (II-III sec. d.C.) e, soprattutto, tardo antica (IV-V sec. d.C.). b) Grafico distributivo dei campioni di malta di calce (LM) in base al rapporto tra la distribuzione dimensionale media dell'aggregato grossolano (asse X) in relazione all'aggregato fino (asse Y). I valori espressi in millimetri sono stati desunti da misurazioni dirette dei clasti d'aggregato secondo la procedura esposta al cap. V, §3.1. Si può osservare la progressiva rimozione della frazione ghiaiosa grossolana nei campioni di età medio imperiale (II-III sec. d.C.) e, soprattutto, tardo antica (IV-V sec. d.C.), una progressiva riduzione dimensionale anche della componente fine e, di conseguenza, una maggior classazione complessiva della frazione d'aggregato, a testimonianza di più intensi processi di setacciatura delle sabbie.

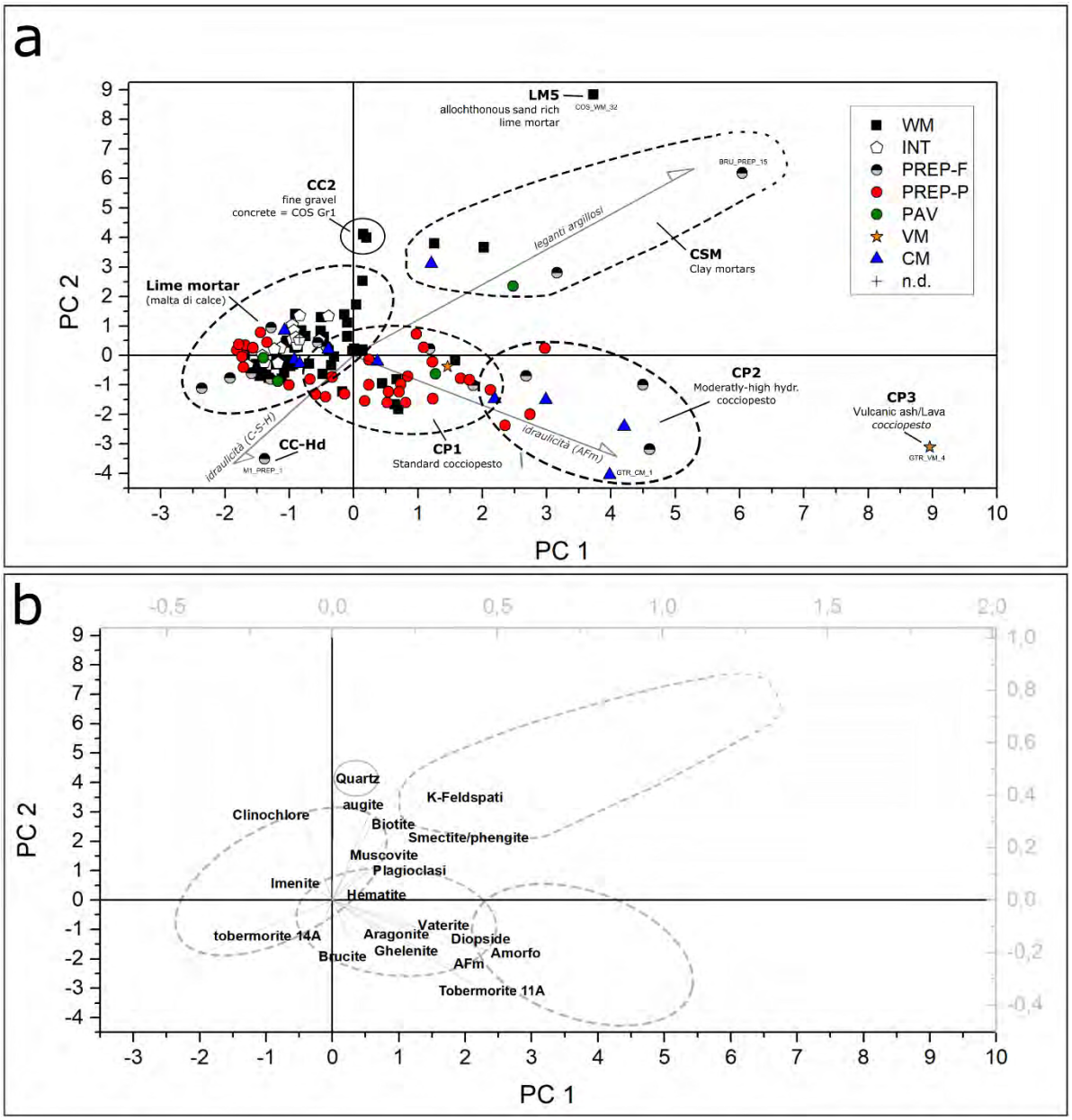


Fig. VIII.20 - Grafico distributivo della totalità dei campioni (o singoli strati), oggetto di analisi in diffrazione delle polveri XRPD (rappresentatività di PC1+PC2: 30%). Sono esclusi i rivestimenti argillosi sinterizzati della calcara tardoantica presso l'area del porto fluviale e il campione PFE_PREP_1/2 per le caratteristiche difficilmente parametrizzabili. cfr. Cap. VI, §8.5). Negli assi X e Y sono rappresentate le componenti principali PC1 e PC2 dell'analisi PCA operata in relazione ad una selezione di dati mineralogici quantitativi di interesse. a) Distribuzione dei campioni in base all'impiego funzionale: WM - setti murari (alzati, nuclei, fondazioni); INT - intonaci parietali; PREP-P - masselli preparatori pavimentali; PREP-P - strutture in *opus caementicium* di fondazione; PAV - rivestimenti e piani pavimentali; VM - volte in *opus caementicium*; CM - strutture di carattere idraulico; n.d. - altra tipologia di elemento architettonico. Il nucleo centrale è rappresentato da campioni di malta o calcestruzzo con legante carbonatico e aggregato sabbio-ghiaioso locale. Sono ben evidenziati i nuclei di campioni caratterizzati da *assemblage* mineralogico non-locale (sabbie vulcaniche; ceneri e lave vulcanico-piroclastiche) o con elevata ricorrenza di minerali argillosi (smectite) e miche (phengite/muscovite) e i campioni caratterizzati dalla formazione di fasi pozzolaniche cristalline (AFm; tobermorite 11Å; tobermorite 14Å). Si distinguono dal nucleo centrale anche i campioni di cocciopesto/cocciopesto grossolano per la presenza di fasi di diopside e gehlenite, e i campioni del tipo CC2 per gli elevati tenori di quarzo. b) Vettori di tendenza delle caratteristiche mineralogiche prese in considerazione nell'analisi PCA.

Applicazione. Il tipo LM1 trova applicazione soprattutto per stesure di allettamento di giunti murari o di condotti idraulici di scarico (canalette). Malte di questo tipo furono anche impiegate per le stesure preparatorie più profonde del *tectorium* di intonaci parietali (arriccio

o rinzaffo), in funzione di preparazione di pavimenti musivi nonché quale elemento costituente di piani in malta[207].

Cronologia. Il tipo LM1 non sembra essere distintivo di un determinato periodo storico, seppur la sua occorrenza risulti meno attestata nel periodo tardoantico, quando questa tipologia sembra essere progressivamente soppiantata dal tipo LM3.

2.1.1.2 - Malta di calce ricca in frazione ghiaiosa (*gravel-rich lime mortar* – LM2)

Le miscele del tipo LM2 si distinguono da quelle del tipo LM1 per la classazione bimodale dell'aggregato. La componente più grossolana è rappresentata da ghiaia fina-finissima con saltuaria occorrenza di ghiaia medio-grossolana (in genere 15-30% tot. agg.), mentre la frazione fina consiste in sabbia media-fina[208]. Macroscopicamente è in genere ben distinguibile la frazione ghiaiosa aggiunta ai composti, che non appare tuttavia dominante come nei calcestruzzi propriamente detti[209], seppur ad osservazione sommaria queste due tipologie risultino facilmente confondibili. Tuttavia, nei composti di tipo LM2 è presente una prevalente componente sabbiosa medio-fina, assente nei calcestruzzi tradizionali. Possono essere sporadicamente presenti elementi lapidei e fittili meccanicamente frammentati (< 5% tot. agg.). I rapporti L/A sono variabili ma in genere si attestano attorno a 1:2.5 – 1:3. Sotto il profilo petrografico l'aggregato grossolano è rappresentato da dominante frazione carbonatica (calcari e dolomie), con secondari clasti di selce. La componente fina presenta invece una maggior aliquota quarzosa. In traccia sono arenarie, miche e fillosilicati. L'*assemblage* petrografico-mineralogico dei clasti, che risulta del tutto compatibile con i sedimenti fluviali locali del comprensorio isontino[210], è del tutto affine al tipo LM1. Una modesta frazione terrigena di infiltrazione può essere presente, in aliquote ridotte. Tra gli additivi possono essere presenti saltuariamente fibre vegetali o animali e cenere/carbone (< 2%).

Applicazione. Il tipo LM2 trova applicazione nelle stesure di setti murari in pietra calcarea, delle tipologie F2/A6, F7/A6, F4/A8 e sembra essere una componente abbastanza distintiva delle murature realizzate con queste tecniche. Non sono assenti casi di impieghi in tipologie murarie differenti, seppur non sembrino egualmente ricorrenti. Il tipo LM2 può costituire spesso la componente legante di strutture in *opus caementicium*, come ben osservato nelle platee di fondazione del teatro e dell'anfiteatro, mentre è raro un suo impiego negli strati preparatori del *tectorium* di intonaci.

Cronologia. Il tipo LM2 è strettamente correlato con le tipologie murarie F2/A6; F2/A7; F4/A8. Queste tecniche sembrano essere tipiche del periodo alto imperiale. Come già detto, non si escludono comunque impieghi in strutture murarie di fasi più tarde, seppur non siano frequenti. Una malta del tipo LM2 è stata documentata in relazione ai giunti del setto di rinforzo dell'antemurale della cinta muraria M2 collocato presso il lato occidentale della città antica (M2_WM_7).

2.1.1.3 - Malte di calce ricche in frazione legante (*binder-rich lime mortar* – LM3)

Le miscele del tipo LM3 sono classificabili come "malte grasse"[211], in quanto la calce è miscelata ad una frazione d'aggregato in rapporti di 1:1 o superiori. La presenza di grumi di calce e calcinaroli nelle matrici è pertanto elevata. Tali proporzioni non trovano alcun confronto con la tradizione scritta di età romana. Macroscopicamente, i composti presentano un colore bianco

[207] Malte associabili al tipo LM1 sono quelle impiegate nei giunti dei setti in arenaria degli edifici di età repubblicana nell'area del Porto Fluviale (PORTULANO, URBAN 2001, pp. 37). Egualmente anche le malte per intonaci e strutture murarie di fase precedente al I sec. a.C., nonché i giunti dei pilastri tardo imperiali dei magazzini, presentano le medesime caratteristiche tessiturali (i*bidem*, p. 38 e nota 64).

[208] Per i riferimenti nelle fonti antiche all'uso di ghiaia (*glarea*) nelle malte cfr. §1.3.1.1.

[209] Cfr. §2.2.

[210] Circa la provenienza delle sabbie e delle ghiaie impiegate nelle malte di calce cfr. §1.3.1.1.

[211] Sulla definizione di "malte grasse" cfr. Cap. III, § 4.1.

vivo, dovuto all'abbondanza di frazione legante. L'aggregato è costituito da prevalente sabbia fina o finissima ben classata (> 50% tot. agg.). Sotto il profilo petrografico la componente sabbiosa è rappresentata da dominante frazione carbonatica, con una secondaria frazione quarzosa. La componente selcifera può essere presente in aliquote ridotte rispetto ai tipi LM1 e LM2 così come è attestata, ma rara, la presenza di frammenti fittili (< 5 % tot. agg.). In traccia sono arenarie, miche e fillosilicati. In alcuni casi la componente d'aggregato risulta pressoché assente. Infiltrazioni e contaminazioni con una minoritaria componente terrigena possono essere saltuariamente presenti. Sotto il profilo mineralogico sono difficilmente distinguibili dai campioni del tipo LM1, se non per un contenuto spesso minore di dolomite, che non appare però sistematico. Tra gli additivi possono essere presenti saltuariamente fibre vegetali o animali e cenere/carbone (< 2%).

Applicazione. Le malte del tipo LM3 trovano applicazione prevalentemente quale legante di setti murari e negli strati più profondi di *tectoria* di intonaci.

Cronologia. Il tipo LM3 appare particolarmente ricorrente in età tardo imperiale[212].

2.1.1.4 - Malte di calce con sabbia alloctona (*allochthonous sand lime mortar* – LM4)

Una limitata selezione di campioni (COS_WM_32; CBF_WM_1) consistono in malte di calce prodotte con aggregato sabbioso di provenienza alloctona, di origine presumibilmente vulcanica. Sono queste le miscele del gruppo LM4, che non si distinguono macroscopicamente da quelle del gruppo LM1. Solo in seguito ad analisi petrografica si può osservare come l'aggregato risulti in buona misura rappresentato da vulcaniti con microliti feldspatici, cristalli singoli di feldspati (sanidino, bytownite) e pirosseni (augite) (> 20% tot. agg.). Una componente presente in proporzioni variabili è rappresentata dall'aggregato sabbioso locale, con frazione carbonatica (calcari e dolomie) prevalente su quella silicatica (selce e quarzo). L'analisi mineralogica permette di distinguere con chiarezza questi campioni da quelli con *assemblage* mineralogico caratteristico dei sedimenti fluviali locali (fig. VIII.20). Si segnala inoltre come una limitata occorrenza di pirosseni e k-feldspati sia stata documentata anche nel campione CBF_WM_42.

Applicazione. Le miscele del tipo LM4 sono impiegate esclusivamente nelle stesure costituenti i giunti di allettamento dei setti murari con fondazione e alzato in conci di arenaria a doppio paramento del tipo F1/A5; solo CBF_WM_42 proviene da un setto in blocchetti di calcare del tipo F2/A6.

Cronologia. L'impiego di sabbie nelle malte di calce ricche in sabbia alloctona di origine vulcanica del tipo LM4 sembra ricorrente in contesti di età tardo-repubblicana-alto imperiale. Il campione statistico è tuttavia troppo limitato per poter definire delle conclusioni di massima. Infatti, è già stato posto in evidenza in un altro lavoro come malte di calce con vulcaniti fossero impiegate in strutture di età tardo imperiale del porto fluviale di Aquileia[213].

2.1.1.5 - Malte di calce con aggregato conchiglifero (*shell-rich lime mortar* - LM5)

Alcuni campioni analizzati (M4_WM_1, 2, 3) si distinguono, già macroscopicamente, dalle malte di calce del tipo LM1 per la presenza diffusa di conchiglie, intere o in frammenti, miscelate all'impasto in funzione d'aggregato (> 20% tot. agg.)[214]. La componente sabbiosa è la medesima descritta per il tipo LM1. Il rapporto L/A di queste miscele è di 1:1.5. Sotto il profilo mineralogico

[212] Il tipo LM3 può essere associato con buona probabilità a quelle "malte bianche con grumi di calce" descritte da diversi studiosi in relazione a strutture aquileiesi di epoca tardo antica (cfr. per i riferimenti bibliografici a riguardo PREVIATO 2015, p. 502, in part. nota 543 e 546).

[213] PORTULANO, URBAN 2001, p. 38.

[214] Un riferimento all'uso di conchiglie in funzione di aggregato in miscele leganti si ritrova, nella letteratura tecnica romana, solo in Rutilio Palladio (PALL. *De Agr*., I, 40, 3). Cfr. a riguardo *supra* §1.3.4.1.

si caratterizzano per gli elevati tenori di aragonite, minerale costituente l'aggregato conchiglifero presente nei campioni[215].

Applicazione. Le miscele del tipo LM5 erano impiegate esclusivamente in giunti di allettamento di strutture murarie delle mura della cinta M4 (= Mura Gr 4)[216].

Cronologia. Il tipo LM5 è stato documentato, in questo studio, solo in relazione a strutture murarie di VI sec. d.C., ma casi di impiego di conchiglie nelle miscele leganti sono stati documentati, ad Aquileia come altrove, anche in fasi più antiche[217]. Ciononostante, sembra che ad Aquileia e a Grado la pratica fosse piuttosto ricorrente in epoca bizantina[218].

2.1.1.6 - Grassello di calce

Un numero limitato di campioni (< 3% tot) attesta l'uso di grassello di calce, qui inteso come una miscela esclusivamente composta da calce con occasionale presenza di aggregato sabbioso (< 10%)[219].

Applicazione. L'utilizzo di grassello trova applicazione solo nelle stesure di allettamento di tessere musive (*tesserae setting bed*), o nella realizzazione di strati di intonachino in intonaci parietali funzionali all'applicazione di pigmenti). Ne è attestato l'uso come stesura tout court in alcuni strati del campione PFE_PREP_1 e PFE_PREP_2[220].

Cronologia. L'uso di miscele di grassello non sembra essere circoscritto ad un determinato periodo. Il loro uso negli strati di intonachi appare però più frequente in epoca tardoantica.

2.1.2 - *Stucco*

Le miscele di stucco si riconoscono macroscopicamente per il colore bianco vivo e l'aspetto lucente conferito dai grani di calcite spatica presenti negli impasti. L'analisi del rapporto L/A dei campioni di stucco permette di distinguere ulteriormente questa tipologia in due sottotipi, strettamente correlati con l'ambito di applicazione: si possono infatti chiaramente enucleare gli stucchi per intonaci (ST1) da quelli impiegati – con maggior frequenza - nelle stesure di preparazione pavimentale, che risultano sensibilmente più grassi (ST2) (fig. VIII.21, a).

2.1.2.1 - Stucco tradizionale (*standard stucco*– ST1)

Le malte del tipo ST1 consistono in calce miscelata con aggregato composto eminentemente da calcite spatica (> 90% tot. agg.) o, sporadicamente, marmo (< 5% tot. agg.) in rapporti L/A tra 1:1.5 e 1:3[221]. Sporadici clasti di sabbia calcarea o silicatica possono essere presenti, in percentuali estremamente ridotte (< 5% tot. agg.). Molto spesso la porosità di queste miscele è alquanto limitata e la distribuzione areale dell'aggregato molto buona, soprattutto nei campioni di intonaco di età medio e tardo repubblicana. Ciò conferisce a questi composti una discreta tenacità.

Applicazione. Le analisi condotte in questo studio dimostrano l'impiego di stucchi del tipo ST1 solo in strati di supporto superficiale di intonaci parietali (intonachino).

---

[215] CLAASSEN 1998, pp. 22-23; BYSBAERT 2007, p. 33. Tuttavia, questa componente non viene posta in particolare risalto dall'analisi PCA dei dati mineralogici in quanto aliquote minoritarie di aragonite, di origine però geogenica, possono essere presenti anche in altri campioni analizzati.

[216] Cfr. Cap. VI, §§1.5.1 e 1.5.2.

[217] Cfr. §1.3.4.1. Casi di impiego di malte con aggregato conchiglifero sono molto frequenti già dall'età ellenistica e vi sono aree nel mediterraneo i cui i primi usi si spingono fino al periodo minoico-miceneo (Cfr. a riguardo DILARIA 2017b).

[218] Cfr. a riguardo Cap. VI, §1.6.4.

[219] Campioni GTR_PREP_7.1; CBF_PREP_2.1, 6.1, 19.1; VLLN_INT_4.1, 5.1; PFE_PREP_1.2/4; 2.1/4.

[220] Cfr. Cap. VI, §8.5.1.

[221] Per i riferimenti nelle fonti all'uso di calcite spatica o marmo nelle stesure dell'intonaco cfr. §1.3.2.1.

Cronologia. L'impiego di miscele del tipo ST1 appare frequente dall'età medio repubblicana fino all'età medio imperiale. Inoltre, seppur non vada considerato come un aspetto sistematico, non è raro che le miscele del tipo ST1 per intonaci di età medio imperiale si possano distinguere da quelle di età più antica per la maggior presenza di frazione legante[222]. Questo tipo di malta non è invece impiegato negli intonaci tardo antichi, che solo in un numero limitato di casi sono realizzati con miscele in stucco.

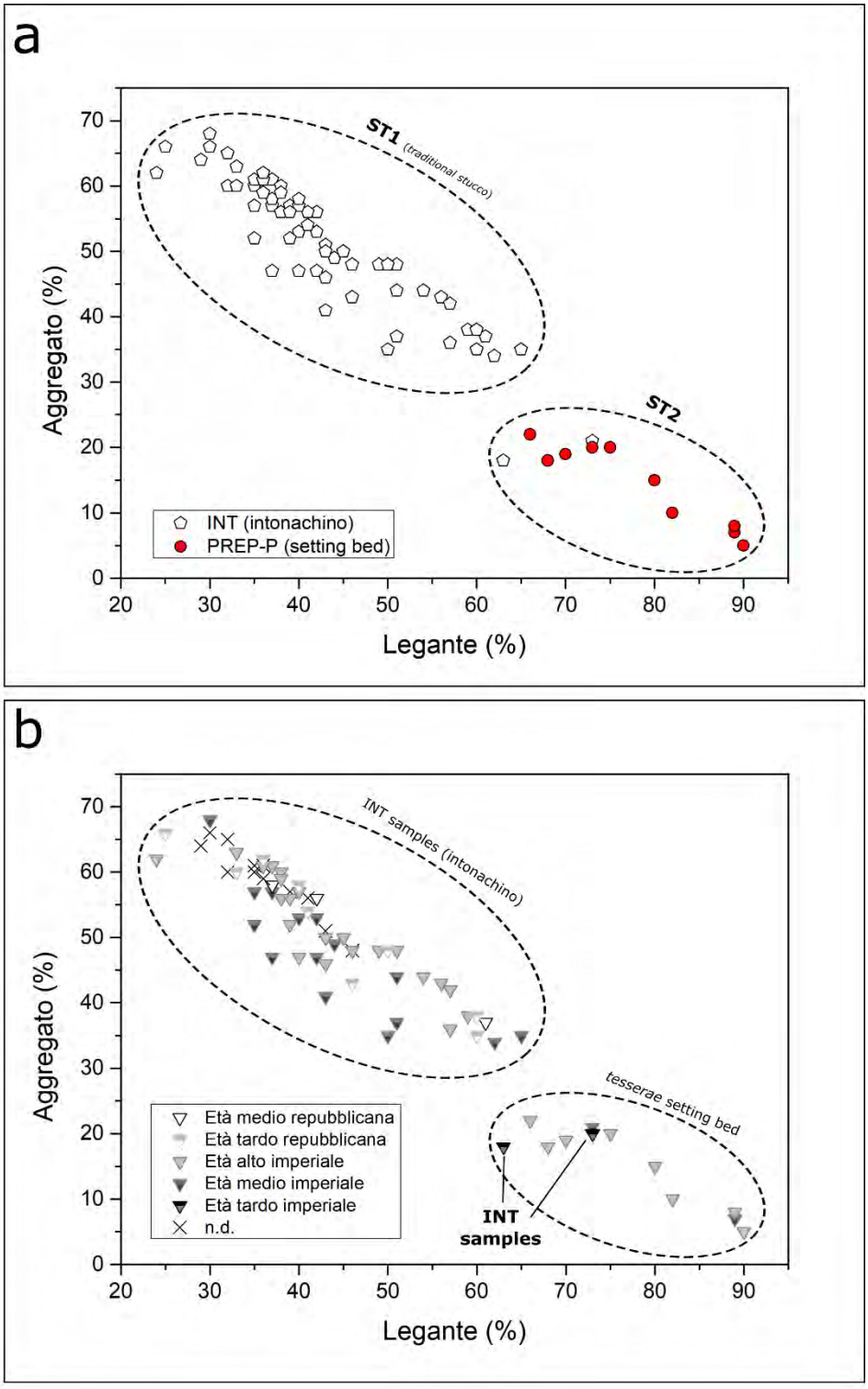


Fig. VIII.21 - Grafico distributivo dei campioni di "stucco" (ST) sulla base del rapporto tra le percentuali della frazione legante (asse X) in relazione a quelle d'aggregato (asse Y). I valori percentuali sono stati desunti sul totale areale del campione tramite analisi d'immagine di sezioni sottili.
a) Distribuzione dei campioni di stucco (ST) in base alla funzione: INT (intonachino) - strati superficiali di supporto al pigmento di intonaci; PREP-P (setting bed) - strati di allettamento delle tessere musive in tessellati pavimentali. Si osservano due nuclei principali, chiaramente connessi con l'impiego strutturale per cui le malte di stucco erano predisposte. Quelle più grasse (ST2) appaiano con più frequenza applicate per le sottili stesure di allettamento di tessere musive.
b) distribuzione dei campioni di stucco in base alla cronologia. Si osserva come le miscele del tipo ST1 siano leggermente più grasse negli strati di intonachino di età medio imperiale, rispetto agli intonaci di età repubblicana e alto imperiale. La tendenza non appare però sistematica.

[222] Su questo aspetto cfr. nel dettaglio §3.7

2.1.2.1 - Stucco ricco in frazione legante (*lime-rich stucco* - ST2)

Le malte in stucco del tipo ST2 si distinguono dalle prime per la limitata occorrenza di calcite spatica o marmo e presentano pertanto un rapporto L/A > 1:1 caratteristico di "malte grasse".

Applicazione. Gli stucchi del tipo ST2 trovano impiego nelle sottili stesure di allettamento di tessere musive nell'ambito della costruzione di mosaici o, più raramente, di *sectilia* pavimentali. È raro il loro uso nella realizzazione di intonaci (fig. VIII.21, b).

Cronologia. L'uso di stucchi del tipo ST 2 non sembra essere caratteristico di un particolare periodo. Il loro uso in stesure di intonaci appare però attestata esclusivamente in età tardoantica.

2.1.3 - *Cocciopesto (CP)*

Le miscele di cocciopesto si possono riconoscere già macroscopicamente per la presenza di aggregato angoloso rappresentato da frammenti fittili sub centimetrici (dim. media < 5,0 mm), talvolta miscelati assieme a polvere fittile micrometrica.

Seppur nella trattatistica tecnica di età antica non vi sia particolare riferimento alla dimensione dell'aggregato fittile da impiegare nelle malte di cocciopesto o nei cocciopesti grossolani[223], l'evidenza archeologica dimostra come malte con maggior occorrenza di polvere fittile restituiscano le migliori qualità "pozzolaniche" e venissero pertanto applicate in strutture adibite alla conservazione dell'acqua o come rivestimento protettivo dall'umidità[224].

Dalla combinazione dei dati desunti dall'analisi petrografica e mineralogica, sulla base alla tessitura e alla natura dell'aggregato secondario, non esclusivamente fittile, presente nelle malte di cocciopesto si possono inoltre definire alcuni sottotipi. Così come già osservato per le "malte di calce", anche in questo caso le tipologie non sono chiaramente enucleabili, ma possono solo essere descritte nei termini di "tendenze" di alcuni specifici aspetti composizionali dei campioni (fig. VIII.22).

2.1.3.1 - Cocciopesto standard (CP1)

Le malte del tipo CP1 sono realizzate con calce ed aggregato rappresentato da prevalente frazione fittile sub-centimetrica (>50% tot. agg.) con minima partecipazione di polvere fittile (< 5% tot. agg.). Laddove presente in percentuali più sostenute (5-20% tot. agg.), la frazione fittile micrometrica sembra essere chiaramente relazionata con la formazione di limitate fasi pozzolaniche di tipo AFm (tipo CP1b)[225]. La matrice legante si presenta quindi di colore bianco o giallo pallido (*pale yellow*, 2.5Y 8/2). Una componente di aggregato sabbioso di natura carbonatica o silicatica può essere presente (< 40% tot. agg.)[226]. Il rapporto L/A è alquanto variabile (1:2 - 1.5:1).

---

[223] Per i riferimenti nelle fonti antiche all'uso di frammenti fittili nelle malte cfr. *supra* §1.3.3.1.

[224] Cfr. §1.3.3.1.

[225] É già stato detto infatti come i cocciopesti "pozzolanici" possano essere considerati esclusivamente quelli con presenza di diffusa polvere fittile, in quanto le aree di interfaccia tra l'aggregato e la componente legante risultano molto più diffuse rispetto alle malte dove questa componente fine è assente. Cfr. a riguardo *supra*, §1.3.3.1.

[226] Le proporzioni tra aggregato fittile e aggregato sabbio-ghiaioso nelle malte di cocciopesto aquileiesi appaiono invertite rispetto a quanto riportato dalle fonti antiche. Per la realizzazione di malte di cocciopesto veniva consigliato di aggiungere una terza parte di *testae tusae* (frammenti fittili) all'aggregato sabbioso rapportato alla calce legante in proporzioni di 1:2 (VITR. *De arch*., II, 5, 1; VII, 1, 5; PLIN., *N.H.*, XXXVI, 174-175; XXXVI, 186; FAV. IX, 9; PALL., *Op. agr*., I, 10, 3). Non è tuttavia chiaro se nelle proporzioni teoriche questa "terza parte" di frammenti fittili debba essere aggiunta alla totalità del composto o esclusivamente alla frazione d'aggregato, opzione, quest'ultima, che si ritiene essere più verosimile. Solo per la realizzazione di cocciopesti degli strati di *nucleus* di mosaici e pavimentazioni

Sotto il profilo mineralogico questi campioni sono connotati dagli elevati tenori di amorfo, riconducibili a frazione fittile non cristallina. Alla componente vetrosa possono essere associati, in parti variabili ed in maniera non sistematica, fasi cristalline di diopside e, più raramente, gehlenite, indicativi di processi di cottura di argille carbonatiche a T > 800 °C[227]. Raramente possono essere presenti additivi quali fibre vegetali, animali, cenere o carboni.

Applicazione. Le malte di cocciopesto del tipo CP1 trovano applicazione in stesure di massetti per preparazioni pavimentali, in particolar modo di tessellati. Si ritrovano, non di rado, anche negli strati di profondi di *tectoria* parietali (rinzaffo). Il loro uso in stesure di allettamento di strutture murarie o di strutture idrauliche (spallette di canalette) appare invece molto limitato.

Cronologia. Le malte di cocciopesto del tipo CP1 sono impiegate in tutte le fasi storiche. Il loro uso in stesure di allettamento di strutture murarie o idrauliche appare però attestato solo

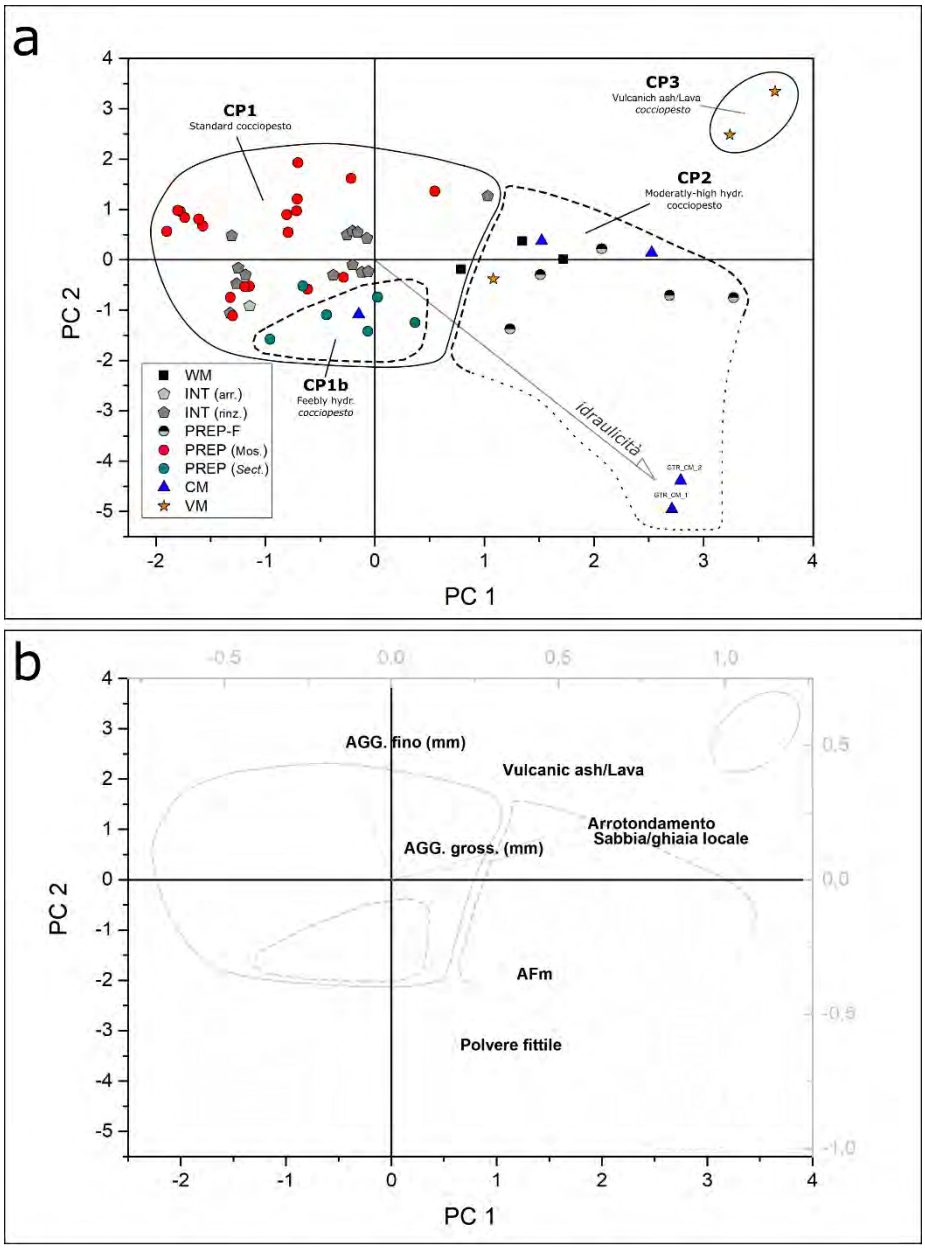


Fig. VIII.22 - Grafico distributivo dei campioni di "cocciopesto" (CP). Negli assi X e Y sono rappresentate le componenti principali PC1 e PC2 dell'analisi PCA operata in relazione ad una selezione di dati di interesse di carattere petrografico e mineralogico (esclusivamente fasi pozzolaniche). I campioni si distribuiscono in tre nuclei rappresentativi delle tipologie "CP1", "CP2" e "CP3" (rappresentatività di PC1+PC2: 51%). a) Distribuzione dei campioni in base all'impiego funzionale: WM - setti murari (alzati, nuclei, fondazioni); INT (arr.) - strati preparatori di arriccio di intonaci parietali; INT (rinz.) - strati preparatori di rinzaffo di intonaci parietali; PREP-F - strutture in *opus caementicium* di fondazione; PREP-P (Mos.) - masselli preparatori di tessellati pavimentali; PREP-P (*Sect.*) - masselli preparatori di *sectilia*; CM - strutture di carattere idraulico; VM - Volte in *opus caementicium*; b) Vettori di tendenza delle caratteristiche petrografico/mineralogiche prese in considerazione nell'analisi PCA.

in *opus sectile* (cfr. a riguardo §3.5) venivano chiaramente definite le proporzioni di 1:3 tra la frazione legante e l'aggregato fittile (VITR., *De arch*., VII, 1, 3).

[227] Cfr. §1.3.3.1.

in fasi medio-tardo imperiali. Soprattutto nei casi tardo antichi analizzati i rapporti L/A possono essere quelli tipici di miscele grasse e tendeziallmente ≥ 1:1.

2.1.3.2 - Cocciopesto con debole occorrenza di polvere fittile (*cocciopesto with occurrance of terracotta dust* - CP1b)

Le malte del tipo CP1b sono realizzate con calce ed aggregato rappresentato da prevalente frazione fittile sub-centimetrica di dimensione media > 5,0 mm (>50% tot. agg.) con secondaria presenza di polvere fittile (< 15% tot. agg.). La presenza frazione fittile micrometrica determina la formazione di limitate fasi pozzolaniche di tipo AFm[228].

Applicazione. Il sottotipo CP1b appare ricorrente nei massetti preparatori di pavimentazioni in *opus sectile* e nelle stesure strutturali o di rivestimento di alcune strutture idrauliche (vasche).

Cronologia. Non sembra esserci una diretta relazione tra questa tipologia di malte e la cronologia di realizzazione.

2.1.3.3. - Cocciopesto ricco in polvere fittile (*terracotta dust-rich cocciopesto* - CP2)

Le miscele di questa tipologia sono realizzate con calce ed aggregato rappresentato da frazione fittile sub-centimetrica associata ad una componente fittile micrometrica in rapporti di circa 1:1. La presenza diffusa di polvere fittile (> 15% tot. agg.) determina la sistematica formazione di alluminati di calcio idrati, ossia fasi pozzolaniche di tipo AFm caratteristiche di miscele connotate da una certa idraulicità. La matrice legante in questi campioni appare spesso rosata (*pink*, 2.5 YR 8/3-8/4), in virtù della presenza di polvere fittile; in particolare i campioni GTR_CM_1 e GTR_CM_2 presentano una matrice dal colore rosa vivo (*pink*, 2.5YR 8/3), a testimonianza della diffusa presenza di polvere fittile, ottimamente miscelata nei composti. Questi si presentano infatti alquanto tenaci e con elevata produzione di fasi AFm, associate a tobermorite 11Å cristallina (fig. VIII.20). La qualità del prodotto finale la sua capacità pozzolanica dipende quindi direttamente da due fattori: i) presenza abbondante di polvere fittile micrometrica; ii) distribuzione areale estremamente omogenea della polvere fittile nella matrice del composto.

Nei campioni analizzati, raramente possono essere presenti additivi quali fibre vegetali, animali, cenere o carboni.

Applicazione. Malte di cocciopesto del tipo CP2 vennero impiegate come stesure strutturali o di rivestimento di vasche per la conservazione dell'acqua. Ne è stato inoltre documentato l'impiego, in funzione di rivestimento a protezione dall'umidità del sottosuolo, sul fondo della massicciata di fondazione dell'*ima cavea* del teatro aquileiese. Il tipo CP2 trova infine diffusa applicazione in un'ampia serie di contesti strutturali del sito delle Grandi Terme Costantiniane, che spaziano dalle fondazioni della platea della fontana monumentale in *opus caementicium* individuata nel settore settentrionale e nelle stesure preparatorie di rivestimenti in *opus sectile*, oltre alle infrastrutture di carattere idraulico dell'impianto termale[229]. In particolare, i rivestimenti di una vasca da cui provengono i campioni GTR_CM_1 e 2 si caratterizzano per le spiccate qualità pozzolaniche.

Cronologia. Il tipo CP2 non sembra essere caratteristico di un determinato periodo. La produzione delle malte di questa tipologia deve essere piuttosto connessa alla funzione delle strutture per cui erano predisposte.

[228] É già stato detto infatti come i cocciopesti "pozzolanici" possano essere considerati esclusivamente quelli con presenza di diffusa polvere fittile, in quanto le aree di interfaccia tra l'aggregato e la componente legante risultano molto più diffuse rispetto alle malte dove questa componente fine è assente. Cfr. a riguardo §1.3.3.1.

[229] Diversi studiosi hanno infatti già evidenziato in passato l'uso di miscele a frazione fittile per rivestimenti e stesure preparatorie nell'edificio termale, descritte col termine generico di "cocciopesto" (cfr. per i riferimenti a riguardo PREVIATO 2015, pp. 502-503).

2.1.3.4 - Cocciopesto ricco in ceneri e lava vulcaniche (*vulcani cash/lava-rich cocciopesto* - CP2)

Le miscele del tipo CP3 non sono comuni ad Aquileia. Dal punto di vista macroscopico non si distinguono dalle malte del tipo CP1. Solo attraverso analisi petrografica e mineralogica si documenta in questa tipologia la presenza di clasti sub-millimetrici di pomici e frammenti di scorie vulcaniche (<30% tot. agg.). Sotto il profilo mineralogico, i campioni del tipo CP3 si caratterizzano chiaramente per la presenza di k-feldspati (sanidino) da ricondurre ai microliti cristallini inclusi nelle matrici vetrose delle ceneri e lava vulcaniche (se di origine centro-italica[230]), oltre a philippsite (zeoliti).

La presenza di leuciti può essere inoltre un valido indicatore di prodotti di eruzioni vesuviane[231].

Applicazione. Il tipo CP3 è stato documentato esclusivamente in relazione alle malte costituenti il legante delle volte in *opus caementicium* delle Grandi Terme Costantiniane. La presenza di ceneri e lave vulcaniche è certamente connessa con l'uso di *caementa* d'alleggerimento delle volte dell'edificio[232]. L'utilizzo di questi materiali vulcanici è quindi funzionale a ridurre ulteriormente il peso specifico delle volte cementizie e non rappresenta altro che una forma di impiego dei clasti più fini come aggregato delle malte stesse.

Cronologia. Il tipo CP3 sembra attestato ad Aquileia solo in età tardo imperiale, ma non se ne esclude la produzione anche in altri periodi, forse proprio in relazione a strutture voltate di cui resta, purtroppo, sempre labile testimonianza negli edifici aquileiesi.

2.1.4 - *Malte di terra* (CSM)

Le malte di terra sono così definite perché sono realizzate con un legante di natura argillo-siltosa e si possono riconoscere già macroscopicamente per l'aspetto giallo-marrone (*yellow*, 10YR 7/6; *brownish yellow*, 10YR 6/6) della matrice e l'elevata friabilità. Seppur non siano comuni ad Aquileia (soprattutto in ambito urbano) in quanto rappresentano meno del 5% delle miscele analizzate, se ne possono distinguere tre tipologie, ossia le "malte di terra semplice", le "malte di terra composta" e le "malte di terra e calce". Queste miscele si distinguono sotto il profilo mineralogico per abbondante frazione amorfa, associata a sostenuti tenori di miche (muscovite, phengite) e minerali argillosi (clorite, smectite), da ricondurre in massima misura alla componente fine di natura terrigena (fig. VIII.20).

2.1.4.1 - Malte di terra semplici (*silt-clay mortars* - CSM1)

Questa tipologia di malte consiste in un legante argilloso-siltoso non additivato con una componente d'aggregato. Additivi quali fibre vegetali o animali, cenere e carboni sono spesso presenti negli impasti.

Applicazione. Il tipo CSM1 trova applicazione nelle stesure di allettamento della struttura circolare della calcara tardoantica individuata presso l'area produttiva immediatamente ad est del porto fluviale; la medesima miscela venne inoltre stesa come rivestimento coibentante del *fortax* della calcara stessa[233]. In ambito urbano se ne è dimostrato l'uso in un unico caso, ossia nella stesura di allettamento della fondazione in blocchetti di arenaria di un setto murario del tipo F1/A5 delle abitazioni dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite (CBF_WM_24B)[234].

[230] PECCERILLO 2005, in part. pp 10-15.
[231] OLESON, JACKSON, VOLA 2014, p. 248; JACKSON *et alii* 2017.
[232] Cfr. Cap. VI, 4 *passim* e §3.3.
[233] Poi totalmente sinterizzati dalle elevate temperature raggiunte nel *fortax* (cfr. Cap. VI, §8 *passim*).
[234] Alcuni muri in arenaria individuati presso l'*insula* dei quartieri settentrionali della città di Aquileia dovevano essere forse legati da malte a legante argilloso (cfr. a riguardo PREVIATO 2015, p. 501).

Cronologia. seppur diverse fonti letterarie latine di età imperiale sembrino considerare l'argilla quale un materiale legante di età arcaica, poi soppiantato da leganti a base calcica[235], ad Aquileia l'impiego di questa tipologia di miscele non sembra essere caratteristico di un determinato periodo storico. Così come i tipi CSM2 e CSM3, sembra che l'uso di malte di terra in ambito urbano fosse più comune in età repubblicana, ma non è del tutto insolito anche in epoca tarda[236].

2.1.4.2. - Malte di terra composte (*aggregate-rich silt-clay mortars* - CSM2)

Questa tipologia di malte si distingue da quelle del tipo CSM1 per la presenza di frazione d'aggregato sabbioso-ghiaioso e/o frammenti fittili miscelati alla matrice legante argilloso-siltosa. Additivi quali fibre vegetali o animali, cenere e carboni sono spesso presenti negli impasti.

Applicazione. Malte del tipo CSM2 costituiscono alcuni piani pavimentali individuati nell'area esterna del teatro (COM_PREP_6). Una particolare variante, realizzata con argilla miscelata a frammenti e polvere fittile con debole funzione impermeabilizzante, è stata documentata sul fondo della platea di fondazione dell'anfiteatro aquileiese.

Cronologia. L'uso di malte del tipo CSM2 non sembra essere caratteristico di un determinato periodo.

2.1.4.3 - Malte di terra e calce (*silt-clay lime-rich mortar* - CSM3)

Non è raro che il legante nelle malte di terra sia miscelato in proporzioni variabili (difficilmente parametrizzabili) con una componente a base di calce. Tuttavia, seppur risulti difficile distinguere, sulla base della sola analisi macroscopica, queste ultime dalle miscele del tipo CSM1 o CSM2, talvolta queste due componenti non sono adeguatamente amalgamate; si possono quindi riconoscere grumi biancastri di calce nella matrice legante bruna delle malte di terra. In questo tipo di malte è spesso presente anche una frazione smagrante d'aggregato sabbioso-ghiaioso o fittile. Questa tipologia di miscela richiama chiaramente il composto definito come "*opus structile*" descritto nella c.d. *Lex Puteolana parieti faciendo* datata, su base epigrafica, alla fine II sec. a.C.[237]. Additivi quali fibre vegetali o animali, cenere e carboni sono spesso presenti negli impasti.

Applicazione. Malte del tipo CSM3 trovano applicazione in diversi contesti, sia strutturali che di rivestimento; costituiscono le stesure di allettamento dei laterizi (A8) del corpo della struttura muraria del lato orientale della cinta urbica repubblicana M1[238], ma ne è stato documentato l'utilizzo anche in strutture con fondazione e alzato in blocchi d'arenaria (F1/A5). In area suburbana il tipo CSM3 è più frequente, in quanto utilizzato per stesure di allettamento o di copertura di condotti di scarico (canalette) e per la messa in opera delle spallette del prefurnio della calcara tardoantica individuata immediatamente ad est della banchina orientale del porto fluviale e probabilmente successive all'impianto della calcara stessa[239].

Cronologia. Come segnalato per il tipo CSM1, l'impiego ad Aquileia di malte del tipo CSM3 non sembra essere caratteristico di un determinato periodo storico. Tuttavia, in ambito urbano, l'utilizzo di questa tipologia in funzione di stesura di allettamento di setti murari appare ricorrente soprattutto in età repubblicana.

---

[235] Sull'impiego di leganti argillosi nelle fonti antiche cfr. §1.1.2.

[236] Delle relazioni di M. Medri sugli scavi dell'*insula* nei quartieri nord di Aquileia, malta di argilla doveva costituire il legante di alcune canalette, nominate A, B, C e datate all'inizio del IV sec. d.C. (MEDRI 2000, c. 294).

[237] *Quod opus structile fiet, in te[r]ra calcis / restinctai partem quartam indito nive maiorem / caementa[m] struito quam quae caementa arda / pendat p[ondo] XV nive angolaria[m] altiorem* (CIL X, 1781, 2, 19-20). L'impasto consisteva in un composto di terra e calce in rapporto di 3:1 miscelate con frammenti lapidei (*caementa*) in funzione di aggregato (cfr. GRECO 2011, p. 20, 43).

[238] Cfr. Cap. VI, §1.6.1.

[239] Cfr. a riguardo Cap. VI, §8.

2.2 - CALCESTRUZZI (CC)

I calcestruzzi, ossia quelle miscele realizzate con calce ed abbondante aggregato di dimensione media > 5,0 mm, non sono molto diffusi ad Aquileia e rappresentano infatti solo il 6,5% del totale delle miscele analizzate. Il loro utilizzo è ricorrente negli strati preparatori più profondi di pavimentazioni, mentre più raramente possono andare a costituire il legante di giunti e nuclei di setti murari (dove è più comune l'uso di malte di calce) o di strutture in *opus caementicium*. Non ne è attestato l'impiego in stesure di rivestimento di strutture idrauliche o di intonaci parietali.

Si distinguono due tipi principali, i calcestruzzi propriamente detti (calcestruzzo tradizionale) e i cocciopesti grossolani[240]. Tramite analisi PCA condotta sulle componenti petrografiche significative dei calcestruzzi, in combinazione con i dati mineralogici relativi a fasi pozzolaniche (qualora presenti), è stato inoltre possibile identificare una serie di sottotipi, di seguito descritti (fig. VIII.23).

2.2.1 - *Calcestruzzi tradizionali*

2.2.1.1 - Calcestruzzo con aggregato ghiaioso (*gravel concrete* - CC1)

Il calcestruzzo del tipo CC1 è costituito da un legante calcico miscelato ad abbondante ghiaia media e grossolana (> 60% tot. agg.), generalmente poco classata; il rapporto L/A di 1:3-1:4 è tipico di miscele magre e in perfetto accordo con quanto riportato dalle fonti letterarie latine[241]. Una componente fina (dim. clasti < 0,5 mm) può essere presente in maniera del tutto minoritaria (< 10% tot. agg.). Frammenti fittili centimetrici possono essere saltuariamente presenti (< 5% tot. agg.), così come frammenti di rocce (< 10% tot. agg.). Macroscopicamente si riconoscono chiaramente le ghiaie biancastre carbonatiche e grigio-bluastre litologicamente compatibile con i depositi fluviali isontini[242]. La matrice legante appare bianco vivo. Dal punto di vista petrografico, la componente carbonatica calcarea dell'aggregato è prevalente, con secondaria frazione grossolana costituita da dolomie, selci, calcari selciferi ed arenarie. Il quarzo è presente solo come sporadico aggregato fino.

Dal punto di vista mineralogico non è possibile distinguere i calcestruzzi dalle malte di calce in quanto l'*assemblage* mineralogico è il medesimo, caratterizzato da calcite prevalente sulla dolomite, con secondaria occorrenza di quarzo. Plagioclasi (albite/anortite), miche (muscovite), fillosilicati argillosi (clorite) e ossidi di ferro-titanio (ilmenite) sono presenti in traccia.

Applicazione. Il calcestruzzo di tipo CC1 è impiegato esclusivamente a livello di stesura di preparazione negli strati più profondi di massetti preparatori di alcune pavimentazioni musive, laddove non sia impiegato il più comune cocciopesto grossolano (CBT) e non si esclude un impiego anche in strutture in *opus caementicium* anche se non sono stati analizzati casi di questo tipo in questo lavoro.

Cronologia. L'uso del calcestruzzo di tipo CC1 è attestato solamente in pavimentazioni musive di età imperiale, mentre è assente in quelle di età successiva.

---

[240] Sulla terminologia adottata cfr. GINOUVÈS, MARTIN 1985, p. 51.

[241] Nella descrizione delle miscele per *ruderationes* (strati più profondi del massetto preparatorio) di pavimenti musivi o *sectilia* pavimentali realizzati *ex novo* viene consigliato l'utilizzo di miscele a base di calce e frammenti lapidei in rapporti di due a cinque (VITR., *De arch*., VII, 1, 3;). Seppur non espressamente dichiarati da Vitruvio e Plinio, si suppone che gli elementi d'aggregato con cui doveva essere miscelata la calce dovessero essere in costituiti da *lapides contuse*/*saxa contusa* (frammenti lapidei ?) sulla base dei compendi posteriori di Faventino (XIX, 2) e Palladio (*Op. agr*., I, 9, 4) all'opera vitruviana e pliniana. Le proporzioni tra calce ed elementi lapidei vennero però standardizzate, da questi ultimi, ad uno a due. Si noti inoltre come non vi sia alcun esplicito riferimento, nelle fonti citate, all'impiego di ghiaia (*glarea*), richiamata esclusivamente da Catone (*De agr.* XVIII, 7) in relazione alle stesure di preparazione dei pavimenti di *torcularia*.

[242] Sulla provenienza delle ghiaie e caratteristiche petrografico/mineralogiche cfr. §1.3.1.1.

2.2.1.2 - Calcestruzzo con aggregato ghiaioso e frazione fittile (*terracotta-rich gravel concrete* - CC1b)

Il tipo CC1b si distingue da CC1 per l'occorrenza minoritaria di una componente fittile (5-30% tot. agg.), presente esclusivamente sotto forma di grossolani frammenti di dimensione centimetrica, mentre è totalmente assente la frazione sub-millimetrica[243].

Applicazione. Il calcestruzzo di tipo CC1b è impiegato in questo studio esclusivamente a livello di stesura di preparazione negli strati più profondi di massetti preparatori di alcune pavimentazioni musive, laddove non sia impiegato il più comune cocciopesto grossolano (CBT).

Cronologia. L'uso del calcestruzzo di tipo CC1b è attestato in questo studio solamente in pavimentazioni musive di età imperiale, mentre è assente in quelle di età successiva.

2.2.1.2 - Calcestruzzo idraulico (*hydraulic concrete - CC-hd*)

Un particolare tipo di calcestruzzo è il calcestruzzo idraulico del tipo CC-Hd. Una particolare caratteristica di questo materiale è l'estrema tenacità conferita dall'impiego di una calce idraulica naturale derivata forse dalla calcinazione ad elevate temperature di un calcare selcifero[244]. Sotto il profilo petrografico non si distingue dai calcestruzzi di tipo CC1 se non per i bassi colori di birifrangenza della matrice legante e per gli evidenti fenomeni di alterazione della frazione selcifera (ASR reaction) e di de-dolomitizzazione[245]. L'analisi mineralogica dimostra la totale alterità di questo composto dai calcestruzzi di tipo CC1 per la presenza rilevante di tobermorite 14Å (C-S-H) associata ad una minima frazione alluminati di calcio idrati (AFm), a testimonianza della natura altamente pozzolanica di questi composti (fig. VIII.20).

Applicazione. L'utilizzo dei calcestruzzi di tipo CC-Hd è attestato solo in relazione alla colata in *opus caementicium* individuato presso le fondazioni del tratto orientale delle mura M1 indagato dallo scavo dell'Università di Padova del 2012. Non sono state riscontrate altre attestazioni dell'uso di calcestruzzi (o di malte) con legante idraulico ad Aquileia.

Cronologia. L'unica evidenza dell'impiego ad Aquileia del tipo CC-Hd è circoscritta all'età medio repubblicana. Tale inquadramento cronologico è basato sulla datazione a cui è ascritta la cinta M1, che purtroppo non è basata su dati stratigrafici certi[246].

2.2.1.3 - Calcestruzzo a ghiaia fina (*fine gravel concrete* - CC2)

Questa particolare tipologia di calcestruzzo si caratterizza già macroscopicamente per l'impiego abbondante di ghiaia fina o finissima (> 75% tot. agg.), mediamente selezionata, poco sferica ma piuttosto arrotondata dalla colorazione variabile tra il rosa pallido e il rosso (*light red*, 2.5YR 7/6; *reddish brown*, 2.5YR 4/3). Tracce di sabbie medio/fini carbonatiche e silicatiche sono presenti in percentuali minoritarie (< 20% tot. agg.). La componente ghiaiosa è costituita da una prevalente frazione selcifera, sub-angolosa, che si presenta molto spesso, ad osservazione macroscopica, fortemente ossidata. Secondariamente sono presenti calcari e calcareniti dai bassi colori di interferenza, anch'essi dall'aspetto fortemente ossidato. Argilliti e arenarie quarzose sono presenti in aliquote ridotte. Il legante è miscelato con l'aggregato in rapporto L/A

[243] Questa tipologia di calcestruzzo appare compatibile nelle proporzioni così come riportate dalle fonti antiche, con le miscele da predisporre nell'ambito della realizzazione di pavimenti musivi o in *opus sectile* ai piani sopraelevati (*subdialia*), per i quali si consigliava l'aggiunta di una terza parte di laterizi tritati all'impasto preparatorio di calcestruzzo (VITR., *De arch*., VII; 1, 5; PLIN., *N.H.* XXXVI, 186). Le proporzioni precise tra i materiali costituenti queste miscele non sono tuttavia espresse chiaramente.

[244] Per le analisi cfr. Cap. VI, §1.5.1; 1.5.2; 1.5.3.

[245] Riguardo la natura petrografica, mineralogica e chimica di questo legante cfr. Cap. VI, §§1.5.1; 1.5.2; 1.5.3; e *supra* §1.1.1.2.

[246] Per la problematica cfr. Cap. VI, §1.1.1.

di 1:3 o 1:4 ca. con grumi pressoché assenti e una discreta porosità. La provenienza dell'aggregato ghiaioso può essere ricondotta alle ghiaie del fiume Torre ma non si esclude la pertinenza anche ad altri depositi fluviali altamente pedogenizzati dell'area friulana[247].

Sotto il profilo mineralogico queste miscele si caratterizzano per l'elevato contenuto di quarzo riferibile all'abbondante frazione selcifera (fig. VIII.20), mentre la calcite e la dolomite risultano presenti in aliquote del tutto minoritarie rispetto ai campioni di malta di calce o di calcestruzzo, più comunemente documentati ad Aquileia.

Applicazione. L'impiego di calcestruzzi del tipo CC2 è attestato solo nei giunti di allettamento dei setti murari in calcare del tipo F2/A6 della *Domus* repubblicana di Tito Macro (= COS Gr 1).

Cronologia. L'uso delle miscele del tipo CC2 è documentato solo in fase tardo-repubblicana, mentre non è attestato nelle epoche successive.

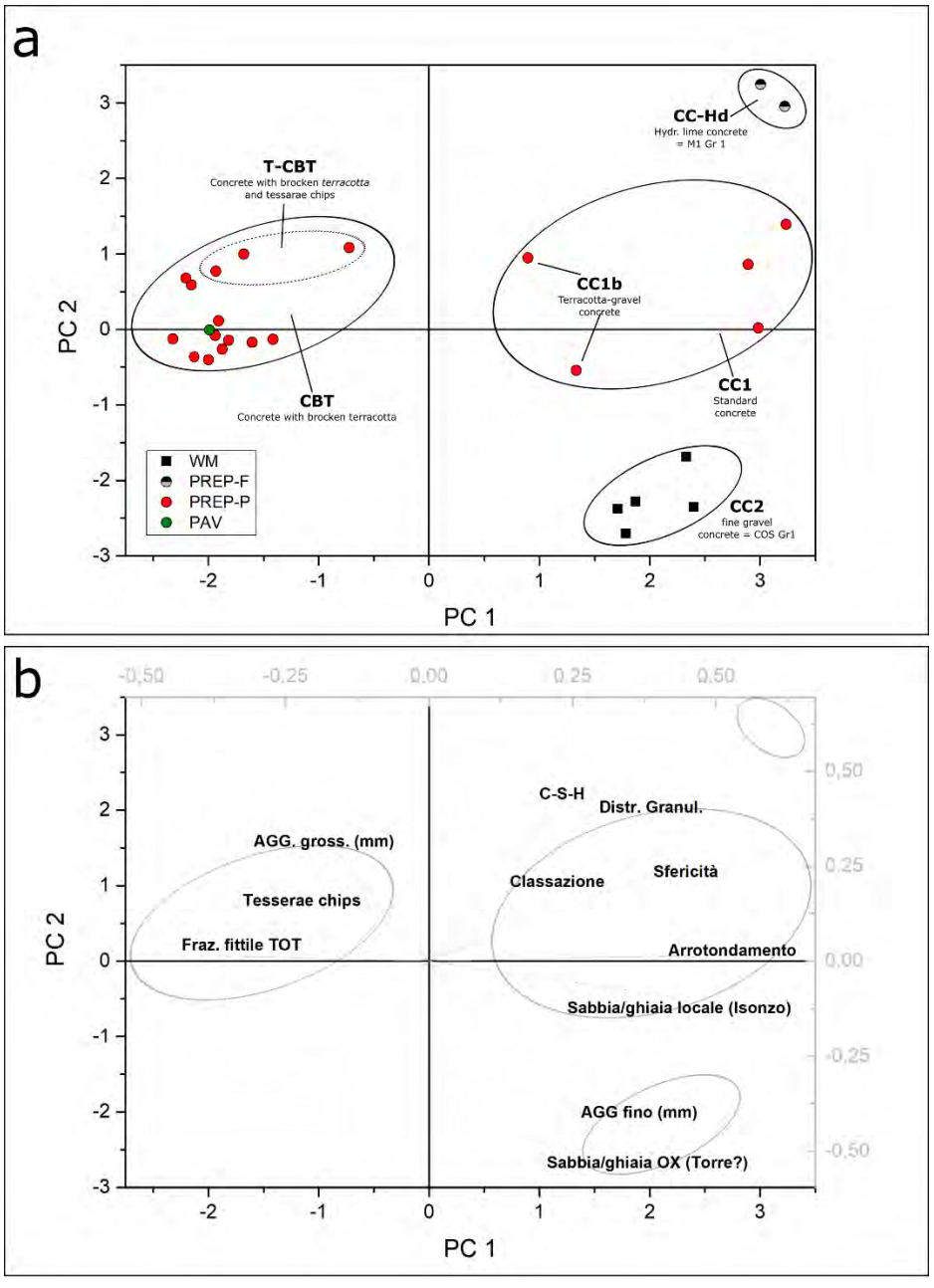


Fig. VIII.23 - Grafico distributivo dei campioni di "calcestruzzo" (CC). Negli assi X e Y sono rappresentate le componenti principali PC1 e PC2 dell'analisi PCA operata in relazione ad una selezione di dati di interesse di carattere petrografico e mineralogico (esclusivamente fasi pozzolaniche) (rappresentatività di PC1+PC2: 63%). a) Distribuzione dei campioni in base all'impiego funzionale: WM - setti murari (alzati, nuclei, fondazioni); PREP-F - strutture in *opus caementicium* di fondazione; PREP-P - masselli preparatori di pavimentazioni; PAV - rivestimenti e piani pavimentali. I campioni si distribuiscono chiaramente in quattro nuclei rappresentativi delle tipologie "CC1", "CC-Hd", "CC2" e "CC3". b) Vettori di tendenza delle caratteristiche petrografico/mineralogiche prese in considerazione nell'analisi PCA.

[247] Riguardo la provenienza dell'aggregato dei calcestruzzi di tipo CC2 cfr. *supra* §1.3.1.1.

2.2.2 - *Cocciopesto grossolano (CBT)*

2.2.2.1 - Cocciopesto grossolano tradizionale (*concrete with broken terracotta* - CBT 1)

Il cocciopesto grossolano tradizionale è una miscela composta da un legante carbonatico miscelato ad un aggregato rappresentato prevalentemente da frammenti fittili di dimensione media > 5,0 mm generalmente poco o per nulla classato (> 50% tot. agg.). La frazione fittile micrometrica è pressoché assente (< 5% tot. agg.) e la matrice legante presenta un colore bianco chiaro. Sporadici clasti di rocce in frammenti o di ghiaie possono essere presenti nel composto (< 10% tot. agg.). Il rapporto L/A è in genere compreso tra 1:2.5 e 1:4 ma ci sono casi in cui si può attestare anche a 1:5. Non sembra esservi alcuna differenza, da quanto riportato dalle fonti, tra le malte in cocciopesto e i calcestruzzi di cocciopesto grossolano[248], ma l'evidenza archeologica dimostra come queste due tipologie fossero chiaramente distinte dalle maestranze antiche in quanto la produzione dei composti di tipo CBT appare standardizzata e finalizzata all'applicazione in strutture con funzione differente da quelle per cui erano predisposte le malte di cocciopesto.

Applicazione. I cocciopesti grossolani del tipo CBT1 sono impiegati pressoché esclusivamente in ambito pavimentale in qualità di stesure di preparazione più profonda di pavimenti musivi, in cementizio, in *opus sectile* o come rivestimento stesso costituente i c.d. "pavimenti in cementizio a base fittile"[249]. Nel primo caso si presentano clasti leggermente più grossolani (9,0 mm ca) e meno classati, mentre se impiegate quali rivestimenti pavimentali queste miscele appaiono leggermente più grasse, con clasti fittili di dimensione inferiore (7,0 mm ca) e tendenzialmente iso-orientati in quanto oggetto di lisciatura e battitura con mazzeranghe[250]. La porosità in questi ultimi casi è quindi ridotta e la tenacità discreta.

Cronologia. Calcestruzzi del tipo CBT1 sono stati documentati soprattutto in età tardo-repubblicana o imperiale, mentre risultano meno comuni in epoca tardo imperiale, soprattutto se impiegati in qualità di sottofondo preparatorio di pavimentazioni musive.

2.2.2.2 - Cocciopesto grossolano con frammenti di tessere (*tesserae chips-rich concrete with broken terracotta - CBT1b*)

Il tipo CBT1b si caratterizza per la presenza, talvolta anche consistente (10-70% tot. agg.), di frammenti tagliati di rocce, in prevalenza calcaree, da ricondurre a scarti di taglio di tessere musive. L'aggregato principale è comunque sempre rappresentato da frammenti fittili di dimensione centimetrica. In alcuni casi la presenza può essere particolarmente sostenuta e porsi in rapporti di 1:1 o superiori con la frazione fittile centimetrica.

Applicazione. I cocciopesti del tipo CBT1b sono impiegati sempre nell'ambito delle stesure di preparazione di pavimentazioni musive. Va inoltre osservato come i massetti preparatori delle pavimentazioni in questione possano essere costituiti in alcune porzioni da stesure in puro cocciopesto grossolano del tipo CBT1 e solo alcuni tratti con miscele del tipo CBT1b. Infatti, non di rado, queste ultime non rappresentano altro che alterazioni di stesure preparatorie in cocciopesto grossolano nei punti in cui sono stati reimpiegati scarti di lavorazione delle tessere, di pari passo con la messa in opera della pavimentazione.

Cronologia. L'impiego di miscele del tipo CBT1b è stato documentato in relazione all'età tardo-repubblicana o imperiale, ma non si escludono attestazioni in epoche successive.

[248] Sui cocciopesti Cfr. *supra* §2.1.3.
[249] Sulla terminologia cfr. GRANDI, GUIDOBALDI 2006.
[250] Cfr. §3.6.1.

2.3 - APPENDICE. APPARATI GRAFICI E TABELLE DI SINTESI

Miscela	Tipologia	Sotto-tipo	Legante	Aggregati	Agg. %	Additivi	L/A
Malte	Malta di calce (LM)	LM1	Calce aerea	Sabbia media/grossa (loc.) *Ghiaia; fram. lapid./fr. fitt. (< 5,0 mm)*	> 50% tot. agg. tracce	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	1:1.5/1:2*
		LM2	Calce aerea	Sabbia media/grossa (loc.) Ghiaia fina/finissima (loc.) *Frammenti lapid./fr. fitt. (< 5,0 mm)*	> 50% tot. agg. < 50% tot agg. tracce	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	1:2/1:2.5*
		LM3	Calce aerea	Sabbia media/fina (loc.) *Ghiaia; Fram. lapid., Fram. fittili*	> 50% tot. agg. tracce	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	1:1 o maggiore
		LM4	Calce aerea	Sabbia generico (loc.) Sabbia alloctona vulc. (pirosseni/k-feldspati) *Ghiaia; fram. lapid./fr. fitt. (< 5,0 mm)*	variabile > 20% tot. agg. tracce	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	1:2*
		LM5	Calce aerea	Sabbia generico (loc.) Conchiglie (intere e frammenti) *Ghiaia; fram. lapid./fr. fitt (< 5,0 mm)*	variabile > 20% tot. agg tracce	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	1:1.5*
	Sstucco	ST1	Calce aerea	Calcite spatica *Marmo* *Sabbia generico (loc.);*	> 90% tot. agg. < 5% tot. agg. tracce		1:1.5-1:3
		ST1	Calce aerea	Calcite spatica Marmo *Sabbia generico (loc.)*	> 90% tot. agg. < 5% tot. agg. < 5% tot. agg.	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	1:1 o maggiore
	Cocciopesto	CP1	Calce aerea	Frammenti fittili Polvere fittile *Sabbia generico (loc.)*	> 50% tot. agg. < 5% tot. agg. < 40% tot. agg.	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	*
		CP1b	Calce aerea	Frammenti fittili Polvere fittile *Sabbia generico (loc.)*	> 40% tot. agg. 5-20% tot. agg. < 40% tot. agg.	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	*
		CP2	Calce aerea	Frammenti fittili Polvere fittile *Sabbia generico (loc.)*	< 40% tot. agg. > 20% tot. agg. < 30% tot. agg.	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	*
		CP3	Calce aerea	Frammenti fittili Polvere fittile ceneri/lave vulcaniche (“pozzolane”) *Sabbia generico (loc.)*	> 40% tot. agg. > 10% tot. agg. < 30% tot. agg. < 30% tot. agg.	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	*
	Malta di terra	CLM1	Argilla/limo			*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	n.d.
		CLM2	Argilla/limo	Sabbia generico (loc.) Framm./polvere fittili, ghiaia	> 20% tot. agg. variabile	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	n.d.
		CLM3	Argilla/limo Calce aerea	Sabbia generico (loc.) *Framm./polvere fittili, ghiaia*	variabile variabile	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	n.d.
Calcestruzzi	Calcestruzzo tradizionale	CC1	Calce aerea	Sabbia generico (loc.) Ghiaia medio/grossa e grossolana *Framm./polvere fittile, framm. lapidei*	< 10% tot. agg. > 50% tot. agg. < 5% tot. agg.	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	1:2.5-1:4
		CC1b	Calce aerea	Sabbia generico (loc.) Ghiaia medio/grossa e grossolana Frammenti fittili (dim. > 5,0 mm)	< 10% tot. agg. > 50% tot. agg. 5-30% tot. agg.	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	1:2.5-1:4
		CC2	Calce aerea	Ghiaia fine/finissima prev. selcifera Sabbia gen. (loc.)	> 75% tot. agg. < 20% tot agg.	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	1:2.5-1:4
		CC-Hd	Calce idr. naturale	Sabbia generico (loc.) Ghiaia medio/grossa e grossolana *Framm./polvere fittile, framm. lapidei*	< 10% tot. agg. > 50% tot. agg. < 5% tot. agg.	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	1:2 *
	Cocc. gross.	CBT1	Calce aerea	Frammenti fittili (dim. > 5,0mm) *Ghiaia, sabbia, polvere fittile*	> 80% tot. agg. tracce	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	1:3-1:4*
		CBT1b	Calce aerea	Frammeni fittili (dim. > 5,0 mm) Frammenti di tessere musive *Ghiaia, sabbia, polvere fittile*	> 30% tot. agg. 10-70% agg. tracce	*fibre veg./anim.; cenere/carbone*	1:3*

Tab. VIII.4 – Tipologie di miscele leganti impiegate ad Aquileia e principali elementi costituenti con relative percentuali. In corsivo sono indicati gli elementi che possono essere presenti nelle miscele ma non ne determinano la composizione. Con * sono segnalati i campi che possono variare rispetto a quanto indicato.

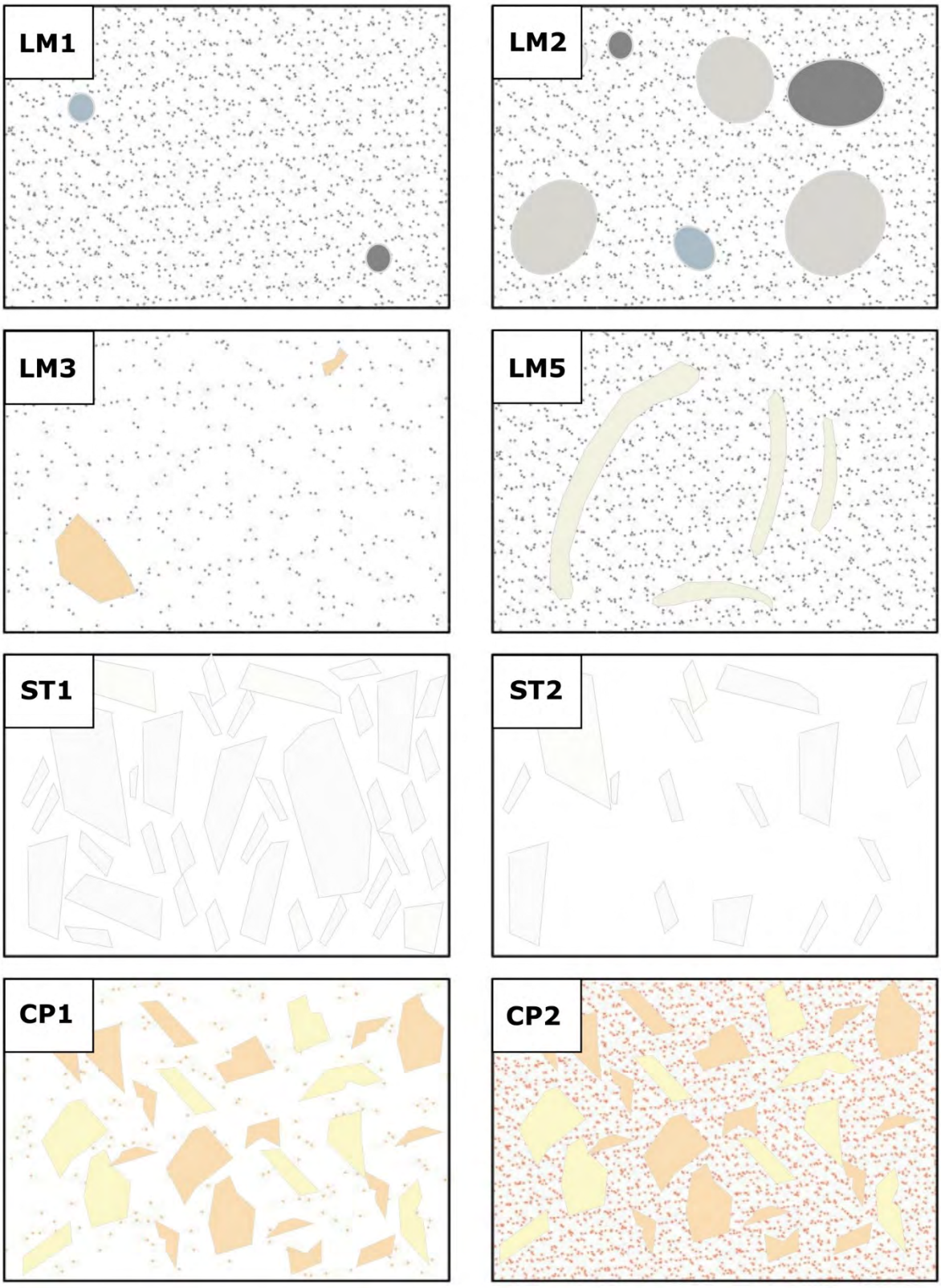


Fig. VIII.24a – Rappresentazione grafica delle principali tipologie di miscele leganti riconoscibili tramite analisi macroscopica: malte di calce (LM) e cocciopesti (CP).

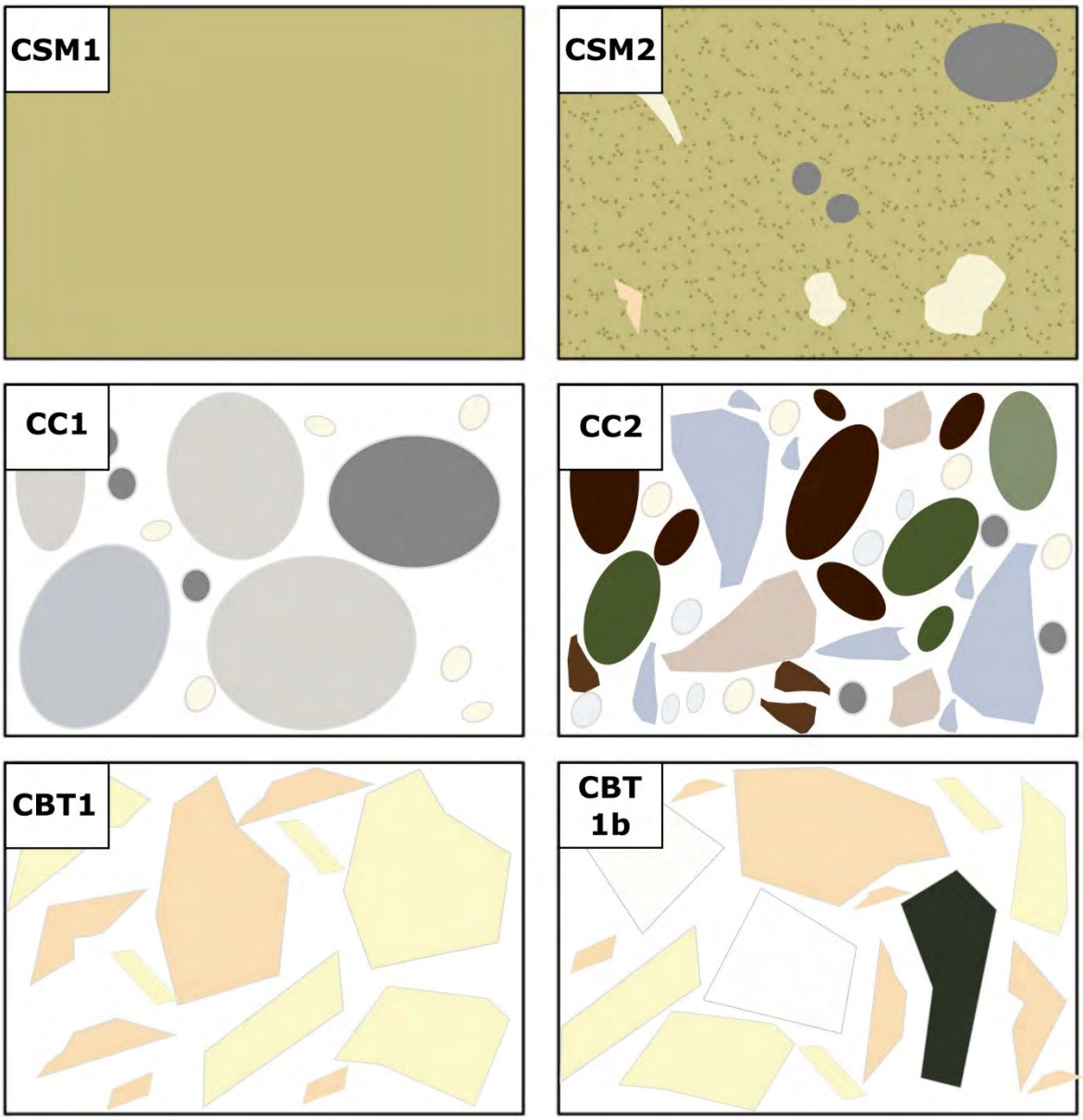


Fig. VIII.24b – Rappresentazione grafica delle principali tipologie di miscele leganti riconoscibili tramite analisi macroscopica: malte di terra (CSM), calcestruzzi (CC) e cocciopesti grossolani (CBT).

3 - Gli impieghi delle miscele leganti in ambito strutturale, decorativo e di rivestimento

Si prendono qui in rassegna i diversi elementi strutturali e architettonico-decorativi aquileiesi e le tipologie di miscele leganti impiegate per la loro realizzazione, con un taglio non solo crono-tipologico ma che considera anche la struttura in stretta relazione con il contesto architettonico di afferenza. Si tratteranno innanzitutto gli elementi costituenti le fabbriche architettoniche (fondazioni, murature, coperture), procedendo poi con le infrastrutture idrauliche e concludendo con i sistemi preparatori dei rivestimenti pavimentali e parietali.

Saranno ricercati inoltre, laddove possibile, elementi di confronto con quanto tramandato dalle fonti latine per ciò che concerne le caratteristiche delle miscele leganti evidenziandone gli aspetti in adesione o in contraddizione rispetto alla a quanto tramandato dalla tradizione costruttiva teorica, che, come noto, ha un punto di riferimento importante nel modello vitruviano di stampo centro-italico.

Per quanto riguarda il lessico nella descrizione delle miscele leganti aquileiesi si fa sempre riferimento alla casistica tipologica definita in precedenza[251].

3.1 - Fondazioni strutturali e platee di fondazione

Con fondazioni strutturali vengono qui considerate tutte quelle stesure o gettate in *opus caementicium* con funzione di sostruzione fondazionale di fabbriche architettoniche o di rinforzo delle stesse. I casi analizzati riguardano i principali edifici pubblici aquileiesi, quali l'anfiteatro, il teatro, le terme costantiniane e un tratto delle mura repubblicane M1. Se nel caso dei primi due edifici la tecnica esecutiva appare confrontabile, differenti risultano gli elementi costituenti l'*opus caementicium* impiegato nelle Grandi Terme e, soprattutto, nelle mura.

Iniziando proprio dall'edificio termale, il campionamento ha interessato la platea di quella che è stata interpretata come la base di un imponente ninfeo monumentale, individuato nella zona settentrionale dell'edificio (S20). La conoscenza dell'impianto è tuttavia limitata alla sua porzione superficiale, in mancanza di indagini stratigrafiche o carotaggi meccanici che abbiano fornito dati circa il suo sviluppo in profondità. Per quanto riguarda i livelli superficiali, l'*opus caementicium* è realizzato con quelle che sembrano gettate progressive di una miscela a base di cocciopesto del tipo CP2, leggermente pozzolanico, alternato a filari planari di mattoni interi e in frammenti (di cui ne sono stati osservati tre corsi). La fondazione del ninfeo appare costituita da blocchi e spezzoni lapidei[252]. Di quella che doveva essere invece la platea di fondazione dell'edificio vera e propria, intravista in più settori, è già stata fatta menzione da diversi autori. Doveva avere uno sviluppo in profondità di almeno 3 m, ma non è chiaro se la sua conformazione consistesse in una struttura in *opus caementicium* o in una imponente piattaforma in mattoni, così come descritta da P. Lopreato[253]. Non sono disponibili ulteriori informazioni, ad oggi, che permettano di avere una idea più chiara a riguardo.

Meglio conosciute sono le gettate cementizie di fondazione degli edifici per spettacoli aquileiesi[254] che, nel caso del teatro, risultano sottoposte esclusivamente alla porzione dell'*ima cavea*, mentre erano forse estese come una platea continua solo nel caso dell'anfiteatro. Esse consistevano in gettate progressive di *opus caementicium*, con *caementa* costituiti prevalentemente da spezzoni lapidei calcarei legati da malte del tipo LM2. Solo nella porzione posta a quota basale erano disposte, in entrambi i casi, delle stesure di spessore ridotto in miscele con componente fittile centimetrica e micrometrica, che si ritiene fungessero da interfaccia di impermeabilizzazione della struttura soprastante dall'umidità e dall'acqua di falda in risalita dal sottosuolo.

---

[251] Cfr. §2.

[252] Cfr. a riguardo Cap. VI, §5.2.

[253] Cfr. a riguardo Cap. VI, §5.2.

[254] Per una analisi dettagliata delle strutture di fondazione, con i riferimenti alle quote s.l.m. e considerazioni circa il rapporto con la falda acquifera cfr. per il teatro Cap. VI, §2.6; per l'anfiteatro Cap. VI, §3.6.

Nel caso del teatro, la qualità complessiva dell'opera appare maggiore. Tutta la porzione superiore della fondazione strutturale, fino ai piani di imposta delle gradinate dell'*ima cavea*, consiste in una gettata di oltre 3,5 m di *opus caementicium* non idraulico; il legante è costituito da miscele del tipo LM2 leggermente grasse. La particolare tenacità dei composti cementizi si deve alla formazione di fasi M-S-H derivate dall'impiego di acqua a sostenuto contenuto salino negli impasti preparatori[255]. Nella porzione basale, la miscela impiegata consiste in uno strato di cocciopesto del tipo CP2 con discrete proprietà pozzolaniche conferite dalla presenza diffusa di polvere fittile ben amalgamata nel composto (COM_PREP_13/13B). Sottoposta a questo è una seconda stesura di fattura più scadente, del tipo CSM3, composta da calce, argilla e frammenti fittili con deboli proprietà pozzolaniche, come dimostrato dai contenuti picchi di fasi AFm restituiti dalle analisi in diffrazione (COM_PREP_14).

Nel caso dell'anfiteatro, l'opera fondazionale appare invece meno curata. La porzione superiore è costituita da gettate progressive in *opus caementicium* legate da malte del tipo LM2, alcune delle quali connotate da una sostenuta componente terrigena, alternate ad altre dove la matrice appare nel complesso più sana. La componente terrigena funge chiaramente da "smagrante" strutturale, a basso costo e di facile approvvigionamento, secondo una tecnica comparabile col c.d. "magrone" adoperato ancor oggi nelle fondazioni a fini di bonifica e consolidamento del terreno[256]. Inoltre, la limitata formazione di M-S-H, dovuta all'uso di acqua dolce negli impasti, non sembra conferire ai composti quella particolare tenacità rilevata nelle miscele del vicino teatro[257]. Alla base della platea è una miscela di argilla, polvere e frammenti fittili del tipo CSM2, probabilmente stesa con funzione impermeabilizzante per la fondazione stessa. Tuttavia, una volta sottoposto ad indagini XRPD e XRPD/*binder*, il campione BRU_PREP_15 non ha restituito alcuna occorrenza di fasi di natura pozzolanica.

Se paragonate con quelle di altri edifici per spettacoli della Cisalpina romana, le strutture di fondazione qui discusse non risultano comuni nella loro conformazione d'insieme. Appare soprattutto inusuale la pratica aquileiese di predisporre stesure "impermeabilizzanti" alle quote di fondo delle platee cementizie, in quanto negli altri casi sono in genere costituite da gettate omogenee. Nell'anfiteatro di Como, la platea consisteva in una struttura uniforme in *opus caementicium*, della potenza di almeno 3 m (fig. VIII.25, a), legato da una malta di calce ed aggregato sabbioso quarzoso-silicatico e calcareo di provenienza locale[258]. Non differenti, se non per lo spessore ridotto a soli 2 m, dovevano essere le platee cementizie di fondazione del teatro e dell'anfiteatro di *Mediolanum*[259], descritte però solo visivamente nel corso dell'attività di scavo e non tramite alcuna indagine di laboratorio. Anche la condizione geomorfologica dei terreni in cui vennero impiantati gli edifici lombardi non sembra discostarsi troppo dalla conformazione del substrato aquileiese. Il teatro milanese, seppur ubicato su di un alto morfologico stabile[260], era realizzato su fondazioni che intercettarono i livelli superficiali di una falda freatica sottostante, tanto che venne predisposto un sistema di consolidamento in pali lignei, realizzati sicuramente entro suolo saturo; fu pertanto necessario organizzare un sistema di pompe per l'aspirazione dell'acqua, di cui restano alcune testimonianze a livello archeologico[261]. Anche nel caso

[255] Sulla formazione di fasi M-S-H cfr. Cap. III, §3; sull'uso di acqua salmastra nei cantieri aquileiesi cfr. *supra* §1.2.

[256] BASSO 2018c, p. 221.

[257] Cfr. §1.2.

[258] BUGINI, FOLLI 1993, pp. 79-80. Lo studio si è avvalso di indagini petrografiche e mineralogiche (XRD). Sul riconoscimento della struttura come l'anfiteatro comense cfr. VICCEI 2014, pp. 239-240 e nota 111.

[259] Nel caso del teatro di Milano, i calcestruzzi impiegati nella platea di fondazione non sono stati indagati mediante specifiche analisi archeometriche, ma esclusivamente attraverso osservazione macroscopica nel corso di attività di scavo (cfr. ANTICO GALLINA 2011, p. 127; TOSI 2003, p. 574). Lo stesso si può dire anche riguardo l'anfiteatro, dove la platea consisteva in una struttura in *opuc caementicium* con ciottoli quali *caementa* maggiori, della potenza complessiva di m 2 (ANTICO GALLINA 2011, p. 155).

[260] ANTICO GALLINA 2011, p. 127.

[261] *ibidem*, p. 136.

comense sembra che i livelli superficiali della falda freatica antica possano essere stati intercettati nel processo di costruzione delle fondazioni dell'edificio, anch'esse gettate al di sopra di una palificata di sottofondazione[262]. Una situazione simile si ha ancora a Roma per il Teatro di Marcello, prossimo al corso fluviale del fiume Tevere. In quest'ultimo caso però le analisi, condotte in anni recenti con tecniche archeometriche avanzate (diffrazione ai raggi X e SEM-EDS), hanno dimostrato come tutta la platea dell'edificio augusteo sottoposta al portico inferiore, alla cavea e alla scena, con la sola eccezione della parte più interna dei cunei radiali (fig. VIII.26, a), consistesse in una struttura in *opus caementicium* idraulico, realizzato con calce e Pozzolane Rosse dei Colli Albani (figg. VIII.26, b-c)[263], con inerti più grossolani rappresentati da scaglie di Tufo Lionato[264]. La sottofondazione era costituita, nuovamente, da una palificata in tronchi di rovere[265].

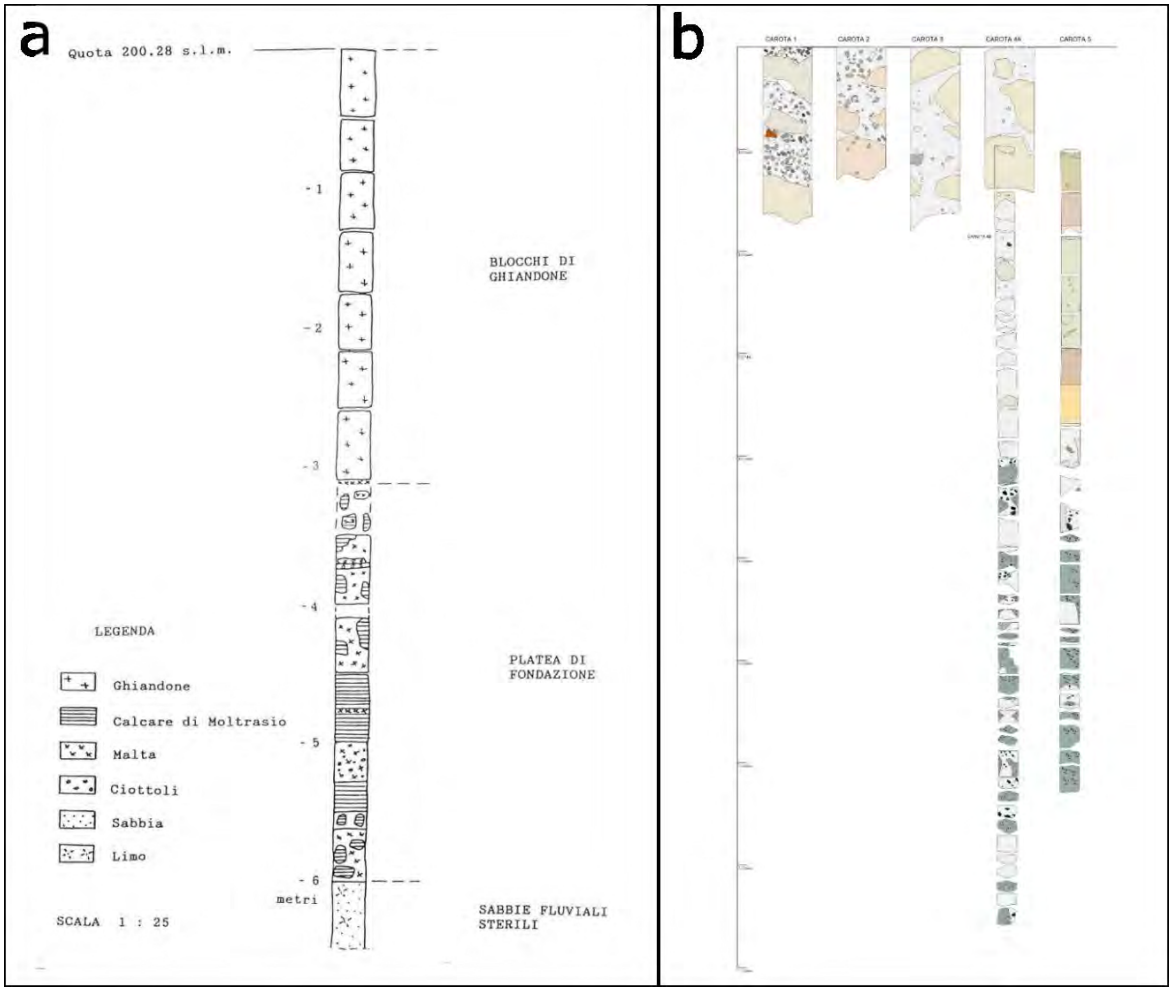


Fig. VIII.25 - Log stratigrafici dei carotaggi effettuati nelle platee di fondazione di edifici per spettacoli della Cisalpina. a) Carotaggio nella platea di fondazione dell'anfiteatro comense (modificato da COLOMBI 1993, fig. 2, p. 78); b) Carotaggio stratigrafico nella fondazione del teatro di Padova (modificato da VOLPIN 2017/2018, fig. 55, p. 109).

Non è tuttavia mai stato chiarito se le gettate in *opus caementicium* degli edifici cisalpini fossero state disposte in cavi totalmente a secco o possano aver intercettato, a determinate

[262] *ibidem*, p. 137.

[263] Nello specifico su usi e proprietà delle Pozzolane Rosse di età medio-pleistocenica cfr. JACKSON, DEOCAMPO, MARRA, SCHEETZ 2010.

[264] JACKSON *et alii* 2011; JACKSON 2017. Più in generale, sulla tecnica edilizia del Teatro di Marcello e della platea di fondazione cfr. ROSSETTO, BUONFIGLIO 2010, in part. pp. 54-56; BUONFIGLIO 2017, p. 103.

[265] La sottofondazione in pali di rovere risulta invece assente in entrambi i casi aquileiesi.

quote, stratificazioni interessate da infiltrazioni acquifere. Da quanto noto, a prescindere dal caso romano, non sembra essere attestato l'uso di alcun materiale con proprietà pozzolaniche tale da permettere la presa dei composti cementizi anche in acqua. In assenza di prodotti pozzolanici, la presa di miscele del tutto aeree sarebbe resa problematica[266] se i cavi fondazionali non fossero stati mantenuti all'asciutto tramite il costante pompaggio di acqua – di cui restano tuttavia, labili testimonianze archeologiche – o tramite la predisposizione di armature lignee, coibentate però con argilla isolante, alla maniera con cui si è soliti fare per la costruzione di moli[267]. Nel caso dell'anfiteatro milanese appare particolare come le fondazioni in "conglomerato con ciottoli", gettate entro un cavo libero tagliato su suoli sicuramente imbibiti di un'area depressa della *Mediolanum* romana[268], abbiano potuto far presa qualora il composto fosse stato del tutto aereo.

Si deve però porre in evidenza come gli studi a cui sopra si è fatta menzione raramente abbiano potuto avvalersi di campionamenti intensivi e di mirate analisi archeometriche con tecniche avanzate oltre al solo studio petrografico. Questo divario qualitativo nella conoscenza delle proprietà e dei materiali impiegati nelle miscele leganti antiche non permette quindi, ancora una volta, di scendere più di tanto nel dettaglio con i termini di confronto, a parte rarissime occasioni.

In un recente lavoro sui materiali da costruzione del teatro di *Patavium* si è infatti dimostrato come nella platea cementizia di fondazione dell'edificio della potenza di 3 m, indagata in profondità tramite l'ausilio di carotaggi meccanici, i materiali in essa impiegati cambino sensibilmente in base alle quote (fig. VIII.25, b). Nelle porzioni inferiori l'uso, nei leganti, di aggregato costituito da brecce riolitiche vulcaniche di provenienza locale (Monte Alto presso i Colli Euganei, a sud-ovest di Padova), sia di dimensione sub-centimetrica che micrometrica, conferiva qualità pozzolaniche e caratteristiche fisico-meccaniche straordinarie ai composti cementizi, tanto che prove meccaniche ne hanno dimostrato l'ottima resistenza a compressione e trazione, per nulla comparabile sotto il profilo qualitativo con i materiali cementizi impiegati nei casi aquileiesi sopra menzionati[269]; data la natura pozzolanica dei leganti del teatro patavino, del tutto plausibile è che la presa potesse avvenire anche in suoli imbibiti[270]. Anche i *caementa* sembrano variare in base alle quote di impiego. Nella porzione inferiore della platea di fondazione sono costituiti da trachite euganea, intenzionalmente impiegata alle quote più profonde in virtù dell'elevata tenacità e resistenza alla compressione di questo materiale, mentre, nella porzione superiore, consistevano in scapoli di calcare dei Monti Berici (Vicenza)[271], legati da una miscela dove la frazione riolitica più grossolana appare assente. L'utilizzo, anche nell'anfiteatro di *Patavium*, di questo particolare aggregato pozzolanico di provenienza locale è stato provato anche in seguito a mirate analisi archeometriche di alcuni campioni di malte prelevati dai radiali di fondazione dell'edificio, in occasione di scavi di emergenza[272].

Un materiale cementizio differente, ma egualmente dotato di ottima resistenza meccanica era pure quello impiegato nelle colate in *opus caementicium* di supporto e consolidamento delle fondazioni laterizie delle mura repubblicane di Aquileia. Tale apprestamento è stato individuato

[266] Cfr. Cap. III, §2.1.1. Le calci aeree non sono in grado di far presa in presenza di acqua ma anzi se immerse in essa non avviano il processo di carbonatazione ma anzi tendono a rimanere allo stato di idrossidi (PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 53).

[267] Cfr. a riguardo GIULIANI 2006, pp. 173-175, da VITR., *De arch*., V, 12, 5.

[268] ANTICO GALLINA 2011, p. 155.

[269] VOLPIN 2017/2018, pp. 137-154.

[270] Non sono stati fatti ancora studi sulle quote della falda antica in questa zona di Padova. Tuttavia, la vicinanza del teatro con l'antico corso del *Medoacus* fa supporre che i terreni in questa zona fossero instabili e saturi d'acqua, perlomeno a certe profondità.

[271] TRIVISONNO 2017/2018, p. 84.

[272] Il materiale pozzolanico preliminarmente descritto col termine generico di piroclastiti (SECCO *et alii* 2019), forse del tipo Pozzolane Rosse (SECCO, VALENTINI, ADDIS 2019, fig. 10.5, p. 220), è stato in seguito riconosciuto nelle medesime brecce riolitiche di Monte Alto già descritte in relazione ai leganti impiegati al teatro patavino (VOLPIN 2017/2018, pp. 160-165).

esclusivamente in occasione di un limitato saggio di scavo nei pressi dell'angolo sud-orientale della cinta M1, mentre risulta assente altrove, soprattutto ad occidente, dove le fondazioni consistevano di imponenti blocchi di pietra d'Istria squadrati e bugnati, non legati da miscela alcuna, come nuovamente comprovato dal sondaggio effettuato nel 2019[273]. Nella situazione messa in luce a sud-est della cinta, il calcestruzzo da cui provengono i campioni M1_PREP_1 e M1_PREP_2 è del tipo CC-hd e presenta una coesione eccezionale in confronto a quanto visto altrove ad Aquileia. Il composto, dal punto di vista petrografico, si presenta come una miscela a legante calcico con aggregato rappresentato da sabbie e ghiaie locali, prevalentemente carbonatiche con sostenuta occorrenza silicatica. Essendo stato escluso l'impiego di aggregati pozzolanici tradizionali, le analisi mineralogiche e chimiche hanno invece evidenziato come le ottime qualità meccaniche sembrino essere imputabili all'uso di una calce naturale idraulica, derivata da calcinazione ad elevata temperatura di calcari selciferi, di provenienza probabilmente locale. L'occorrenza di fasi C-S-H nella forma cristallina della tobermorite 14Å si accompagna alla formazione, difficilmente parametrizzabile, di fasi M-S-H, forse dovute all'impiego di acqua salata negli impasti preparatori. Circa l'origine e i motivi che hanno determinato la mancata diffusione di questa calce "speciale", che – per ora – trova confronto solo nei calcestruzzi del ponte augusteo di Narni, si è già discusso altrove in questo elaborato[274]. Si rimarca qui solo il fatto di come appaia difficilmente spiegabile la mancata applicazione di un tale portentoso materiale cementizio nelle fondazioni di altri grandi edifici aquileiesi, a maggior ragione considerando come, verosimilmente, le materie prime per produrlo fossero disponibili localmente[275].

I casi rappresentati dagli edifici per spettacoli di *Patavium* dimostrano però come non di rado le maestranze antiche, distribuite nei diversi comparti del bacino mediterraneo, abbiano adattato le norme tramandateci dalle fonti latine scritte riguardanti le modalità di produzione di leganti pozzolanici, mutuandone i materiali costituenti, riconoscendo e sfruttando materie prime disponibili *in loco*, con soluzioni composizionali che molto spesso, per perizia tecnica e qualità esecutiva, sono del tutto comparabili con i meglio noti composti idraulici tanto celebrati dalle fonti e documentati da un'ampia casistica archeologica.

Il caso aquileiese rappresentato dai campioni M1_PREP_1 e 2 non è da meno in tal senso e sembra pertanto una *lectio facilior* descrivere il processo che portò alla produzione di una calce idraulica naturale, da sempre considerata come sconosciuta in epoca romana, come un fenomeno non-intenzionale, ossia determinato da una serie di fattori sconosciuti, a noi così come agli antichi, per cercare di motivare la mancata diffusione di questo materiale in altri contesti, ad Aquileia e non solo. Prendendo qui in esame esclusivamente l'ambito di utilizzo nel costruito, si deve infatti considerare come, soprattutto negli ambiti strutturali più delicati delle fabbriche architettoniche antiche, quali possono essere le fondazioni strutturali, i sistemi di copertura e, in misura minore, le infrastrutture idrauliche, l'impegno tecnico-ingegneristico, che si declina non solo nella cernita di materiali "specializzati" ma anche nelle modalità di produzione e messa in opera dei composti cementizi, sia senz'ombra di dubbio maggiore e il panorama di soluzioni "particolari" certamente più variegato rispetto a quanto si possa osservare in tutti gli altri ambiti architettonici, siano essi strutturali, decorativi o di rivestimento, dove le pratiche risultano, di contro, fortemente standardizzate[276]. Pertanto, l'uso di un calcestruzzo pozzolanico del tipo CC-hd proprio – e soltanto – nelle fondazioni delle mura urbiche, in un contesto tra l'altro instabile e caratterizzato dalla presenza di acquitrini e paludi stagnanti, spinge verso l'ipotesi di un impiego intenzionale, che non sarebbe così facilmente sostenibile se non venisse eseguita una lettura del materiale strettamente contestualizzata con la destinazione d'impiego. Certo è che, per alcuni motivi, forse connessi al difficile processo di calcinazione di un tale materiale, che richiede

[273] Cfr. a riguardo Cap. VI, §1.2.

[274] Cfr. Cap. VI, §1.6.1 e Cap. IX, §2.1; inoltre *supra*, §1.1.1.3. Per il ponte di Augusto a Narni si richiamano qui le analisi riportate in CANTISANI *et alii* 2002 e DRDÁCKÝ *et alii* 2013.

[275] Cfr. §1.1.1.2.

[276] L'impiego di miscele pozzolaniche appare attestato infatti pressoché esclusivamente in gettate di fondazione e nella costruzione di infrastrutture idrauliche per la conservazione dell'acqua. Cfr. *infra* in questo capitolo.

infatti temperature di fornace piuttosto elevate[277], o alla selezione del litotipo calcareo adatto, che non deve presentare impurità silicatiche in concentrazioni troppo elevate[278], l'uso che se ne fece fu limitato a contesti "eccezionali", quali le opere poliorcetiche, dove per forza di cose dovevano rivolgersi i massimi sforzi delle élites urbane nel richiamare le maestranze migliori e i migliori materiali da costruzione disponibili sul mercato[279].

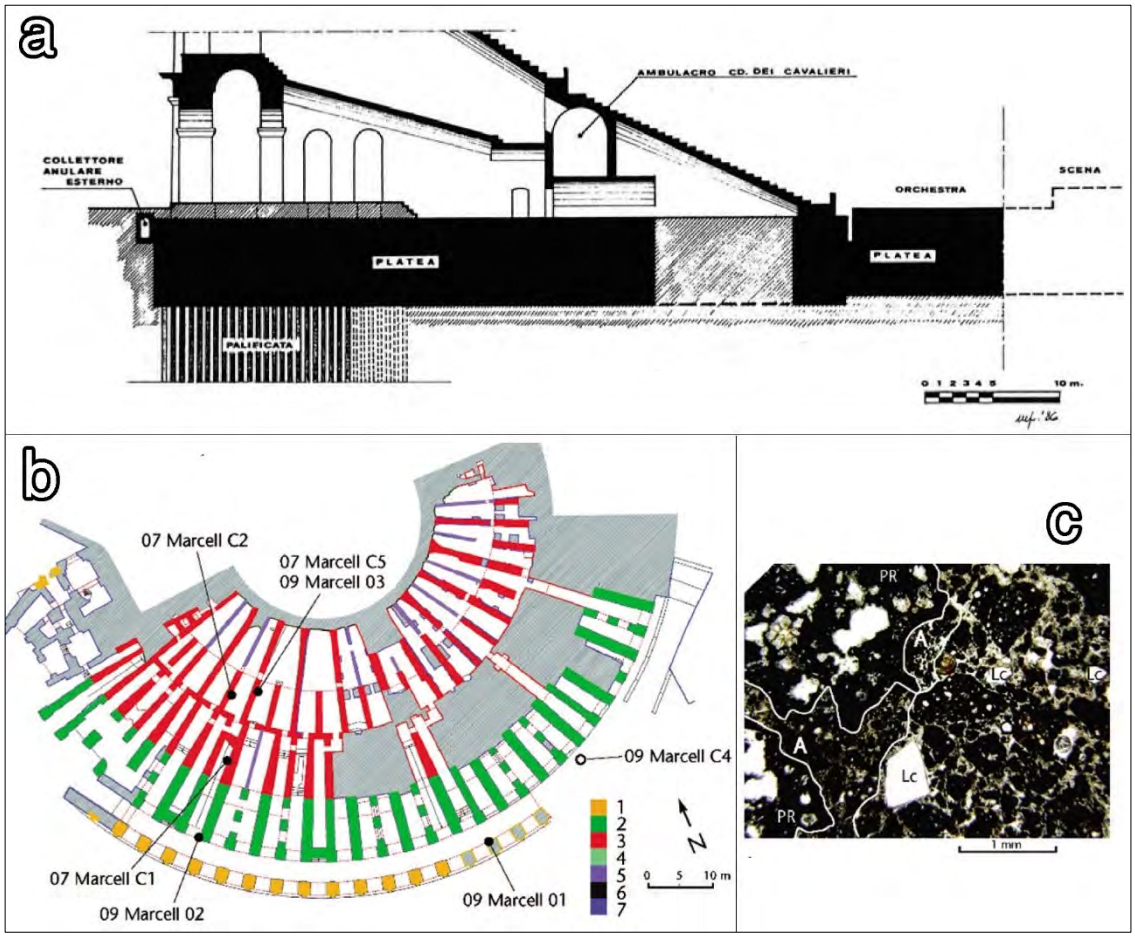


Fig. VIII.26 – Teatro di Marcello. Analisi di malte e sistema di fondazione. a) Sezione ricostruita della fondazione del teatro (da BUONFIGLIO 2010, fig. 6, p. 56; b) Distribuzione in pianta dei campioni di malte e calcestruzzi oggetto di indagine archeometrica (da Jackson *et alii* 2011, fig. 1, p. 729); c) Acquisizione in microscopia ottica a luce trasmessa nicol paralleli del campione di malta proveniente dalla platea di fondazione del teatro (da JACKSON *et alii* 2011, fig. 1, p. 729).

3.2 - STRUTTURE MURARIE

Diversamente da quanto descritto per altri elementi strutturali, le miscele leganti impiegate in strutture murarie appaiono piuttosto generiche sotto il profilo delle materie prime costituenti, e non è attestato l'uso di materiali con caratteristiche pozzolaniche, se non in rari casi. Non è infatti stata riscontrata prova dell'impiego di ceneri vulcaniche pozzolaniche in queste

[277] Il processo di calcinazione di calcari selciferi può avvenire in maniera ottimale solo a temperature di 900 °C o superiori, mentre l'alterazione dei carbonati può iniziare già a 600 °C (PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, pp. 51-56).

[278] Se le impurità sono troppo elevate il prodotto di cottura perde la sua reattività in quanto la frazione fusa, raffreddandosi, "sigilla" il CaO (calce viva) formato che non può quindi reagire (PECCHIONI, FRATINI, CANTISANI 2008, p. 33).

[279] Sulla formazione e provenienza delle maestranze è sui materiali impiegati nella costruzione della cinta repubblicana già molto è stato fatto in anni di ricerche dal prof. J. Bonetto (cfr. Cap. VI, §1.3.1 per i riferimenti a riguardo).

miscele ed anche il ricorso a malte di cocciopesto appare estremamente limitato. Nella maggior parte dei casi le strutture murarie sono messe in opera tramite l'impiego di malte di calce aeree, del tipo LM1 o LM2, mentre dall'età tarda si diffonde il tipo LM3. Una particolare variabilità nelle tipologie di miscele leganti si osserva soprattutto in strutture murarie in pietra di età repubblicana, dove è attestato l'uso di tipi quali LM4 (malta di calce con aggregato sabbioso vulcanico) e CC3 (calcestruzzo con ghiaia fina-molto fina), e di malte di terra, che invece, in ambito urbano, sembrano scomparire dalla successiva epoca imperiale, quando si diffonde il tipo LM2, largamente adottato nella realizzazione di strutture murarie in calcare del tipo F2/A6, F7/A6 e F4/A11, nonché quale materiale legante dell'*opus caementicium* impiegato nei nuclei murari e nelle fondazioni strutturali[280]. Le strutture in laterizi di età imperiale, in particolar modo se a corpo pieno (tipo F5/A8), sono sempre realizzate su sottili stesure di malte di calce altamente selezionata, ben miscelate. Proprio questa variabilità composizionale nelle ricette delle miscele di età repubblicana può essere letta come una fase di "sperimentazione", quando le tecniche edilizie e le pratiche produttive dei leganti, così come la conoscenza dei bacini di approvvigionamento delle materie prime, non erano ancora totalmente consolidate e "normalizzate". Questo sistema di "sperimentazioni" sembra essere dimostrato anche dal citato calcestruzzo del tipo CC-hd impiegato nei livelli fondazionali delle mura repubblicane, mai più riprodotto in epoca successiva[281].

Di contro, in età tardoantica non si evidenziano differenti tecniche produttive dei leganti impiegati nelle strutture murarie, ma si registra solo una mutazione o meglio una evoluzione rispetto ai periodi precedenti. Il progressivo aumento di fazione legante nelle malte di calce, ora prodotte col tipo LM3 a cui si fece ricorso non solo nella costruzione di setti murari del tipo F10/A13 o F8 ma anche – e soprattutto –per la realizzazione di intonaci[282], dimostra invece una sempre più larga disponibilità di questo materiale ad Aquileia, in forme che andarono massificandosi proprio in età tardo antica a fronte della sempre più diffusa pratica del reimpiego e della calcinazione di materiali da costruzione in calcare spoliati da edifici di età più antica (fig. SM3)[283].

Alla luce di questa premessa, l'analisi delle miscele leganti impiegate in strutture murarie sarà sviluppata in stretta relazione con le tipologie murarie riconosciute nel sito di Aquileia e relativa cronologia (tab. VIII.5)[284].

3.2.1 - *Strutture murarie in pietra*

3.2.1.1 - Tipo F1/A5

Le strutture murarie del tipo F1/A5 realizzate con fondazione e alzato a doppio paramento in conci di arenaria sono legate da malte che presentano una elevata variabilità. I campioni prelevati da due detti dalle abitazioni dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite consistono in malte di terra del tipo CSM1 (CBF_WM_24B) o CSM3 (CBF_WM_16B e 17B). Tutti i campioni sono riferibili a porzioni di fondazione delle strutture, datate ad età tardo repubblicana/alto imperiale. Nell'unico muro di tipo F1/A5 campionato dalla *Domus* di Tito Macro di fase IIb (90 a.C. – 25 d.C.) il composto, prelevato dalla fondazione, risulta costituito invece da una malta di calce del tipo LM4, che si caratterizza per la presenza di abbondante aggregato vulcanico, costituito da pirosseni e k-feldspati (COS-WM_32)[285]. Non dissimile da quest'ultimo campione è la malta legante di un altro setto dalle abitazioni occidentali dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite

[280] A riguardo cfr. §2.1.1.
[281] A riguardo cfr. Cap. IX, §2.1.
[282] Cfr. a riguardo §3.7.
[283] PREVIATO 2015, p. 524.
[284] PREVIATO 2015, pp. 249-325.
[285] Cfr. rispettivamente Cap. VI, §§5.5.1, 5.5.2 e §§65.1, 6.5.2.

(CBF_WM_1), dove però la componente sabbiosa è presente in concentrazione più ridotta. Tuttavia, la prosecuzione occidentale del medesimo setto, campionato in un altro punto, appare legato da una malta di calce del tipo LM2 con abbondante aggregato ghiaioso (CBF_WM_36). Ma ancora da quest'area provengono ulteriori campioni riferibili a setti del tipo F1/A5 che, seppur inquadrabili genericamente nella tipologia LM1 si differenziano sotto diversi aspetti[286]. Due sono realizzati con malte di calce standard, ad aggregato rappresentato da sabbia media prevalente su quella fina (CBF_WM_39B e 49); uno è invece costituito da sabbia fina finissima ad elevata componente quarzosa (CBF_WM43); mentre un ultimo consiste in una malta di calce piuttosto grassa, ascrivibile al tipo LM3 che si caratterizza per la diffusissima presenza di grumi di calce non miscelata.

Pertanto, anche nell'analisi *infra* sito, i campioni provenienti da strutture in conci di arenaria delle abitazioni dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite sono stati ascritti a gruppi differenti.

Dal quadro appena presentato, appare chiaro come non esista una tipologia legante caratteristica delle strutture murarie del tipo F1/A5, ma anzi tutti i dati sembrerebbero dimostrare l'opposto. La diversa cronologia di costruzione delle strutture murarie potrebbe fornire qualche indizio per motivarne l'estrema variabilità. È infatti plausibile ritenere che i setti legati da malte di terra possano considerarsi leggermente più antichi di quelli legate da malte di calce, ma non ci sono indizi cronologici tali per confermare questa ipotesi.

3.1.1.2 - Tipo F2/A6

Miscele leganti prelevate da strutture del tipo F2/A6 realizzate con fondazione e alzato a doppio paramento in conci di calcare sono tra le meglio documentate a livello statistico. Diversamente da quanto osservato per i muri di tecnica F1/A5, sembra che la tecnica preparatoria delle miscele leganti impiegate in strutture di questo tipo sia piuttosto standardizzata.

A prescindere da lievi modificazioni composizionali osservate di caso in caso, la gran parte delle strutture del tipo F2/A6 è legata da malte del tipo LM2, caratterizzate dalla presenza di aggregato ghiaioso, principalmente costituito da ghiaia fina, con occorrenza di ghiaia media (fig. VIII.27). Solo i muri perimetrali della casa ad atrio repubblicana di Tito Macro, sono legati da calcestruzzi del tipo CC2 anomali sotto il profilo tessiturale e petrografico-mineralogico rispetto a quanto documentato ad Aquileia. Va sottolineato come questi setti murari siano i più antichi della tipologia F2/A6 oggetto di campionatura in questo studio.

3.1.1.3 - Tipo F11/A4

La tecnica del tipo F11/A4, costituita da setti con fondazione ed alzati a nucleo e paramento in blocchetti lapidei grossolanamente squadrati disposti per assise orizzontali, rappresenta il sistema costruttivo adottato nella realizzazione dei setti murari del teatro e dell'anfiteatro aquileiesi[287]. Così come osservato per i setti di tecnica F2/A6, anche le murature di questa tipologia appaiono legate da malte di calce del tipo LM2, caratterizzate da abbondante aggregato ghiaioso (fig. VIII.27). Non vi è alcuna differenza nei legati in base al loro punto di impiego, sia esso in fondazione o alzato, nel paramento o nel nucleo in *opus caementicium*. Nel caso dell'anfiteatro l'aggregato ghiaioso delle malte appare mediamente più grossolano di quello impiegato nei setti del teatro o in generale nelle miscele applicate in altre murature aquileiesi (fig. VIII.28, a).

[286] Strutture murarie del tipo F1/A5 di età repubblicana dagli scavi del porto fluviale di Aquileia, sembrano essere legate da malte di calce di questo tipo (PORTULANO, URBAN 2001, p. 37).

[287] Tale sistema costruttivo non è attestato nella monografia sulle tecniche e sistemi costruttivi aquileiesi edita da C. Previato (PREVIATO 2015), ma costituisce un'integrazione di queste, elaborata di concerto con l'autrice stessa, sulla base delle evidenze emerse in seguito ai recenti scavi del teatro e dell'anfiteatro aquileiesi.

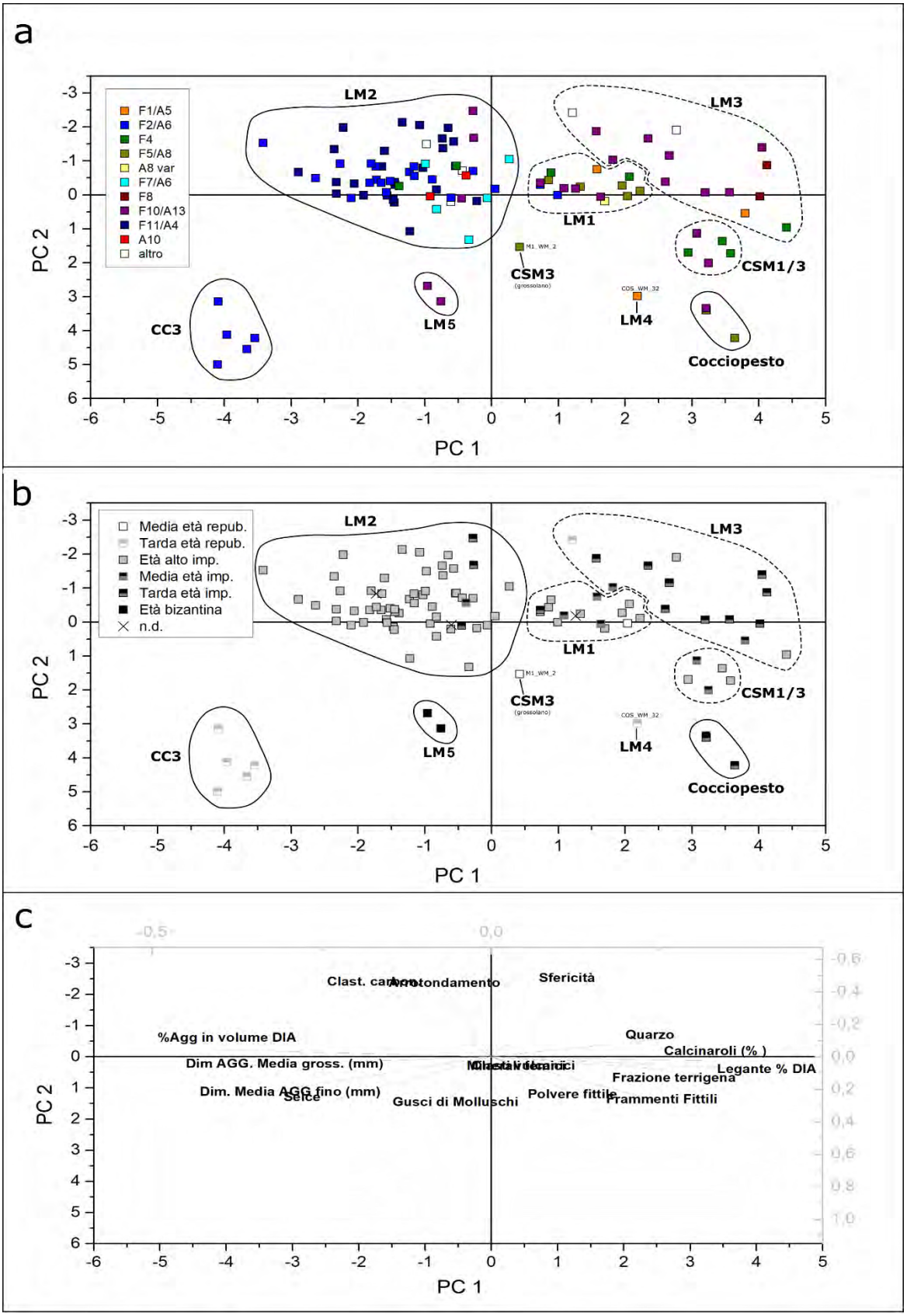


Fig. VIII.27 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi OM operate sui campioni di miscele leganti prelevate dalle strutture murarie della casa aquileiesi, in riferimento ad: a) Cronologia; b) tecnica edilizia; c) variabili di interesse. Assieme le PC1 e PC2 sono rappresentative del 45% della varianza totale. I gruppi principali individuati in base a sample-clustering sono stati raggruppati da ellissi.

3.1.1.4 - Tipo F4

É stato preso in esame un solo campione (CBF_WM_48) riferibile ad una fondazione in pietra a disposizione irregolare disposta entro cavo di fondazione non armato. Il legante è una malta di calce del tipo LM1, molto friabile e contenente sporadici frammenti fittili.

3.2.2 - *Strutture murarie in laterizi*

3.2.2.1 - Tipo F5/A8

Le strutture murarie del tipo F5/A8, realizzate come strutture a corpo omogeneo in laterizi interi e in frammenti, sono state documentate in un numero limitato di casi. Tutte le strutture di questo tipo da contesti privati sono messe in opera su stesure di malta di calce del tipo LM1.

Caratterizzante è l'uso di aggregato sabbioso particolarmente fino (sabbia fina-finissima) e altamente classato che rende sicuramente più agevole la lisciatura delle malte destinate ad alloggiare materiali da costruzione con superficie piana. Le sabbie d'aggregato in esse impiegate sono pertanto altamente setacciate prima della messa in opera. Le stesure presentano uno spessore estremamente ridotto (< 0,5 cm) dal minimo potere legante, a dimostrazione di come i setti murari di questo tipo possano considerarsi sostanzialmente autoportanti.

Solo l'alzato delle mura repubblicane, realizzato con tecnica A5, appare messo in opera su stesure di malta di terra e calce del tipo CSM3. In via del tutto indicativa, l'uso di malte di terra in luogo di quelle di calce nella realizzazione di strutture murarie in centro urbano potrebbe rappresentare una pratica arcaicizzante attestata nella media età repubblicana[288].

Di contro, il setto perimetrale meridionale delle Grandi Terme Costantiniane di età tardoantica è legato da una malta di cocciopesto del tipo CP2 piuttosto grassa. L'uso di cocciopesto leggermente pozzolanico appare generalizzato in questo contesto ed è sicuramente funzionale a migliorare le qualità impermeabilizzanti delle strutture termali interessate dal constante coinvolgimento in un ambiente connotato da un certo grado di umidità[289].

3.2.2.2 - Tipo A10

Le strutture del tipo A 10 sono realizzate con frammenti di laterizi o tegole in strutture a corpo omogeneo. Le strutture di questo tipo sono messe in opera tramite l'uso di malte di tipo LM1. Come nel caso precedente, è caratterizzante la presenza di malte ad aggregato particolarmente fino.

3.2.3 - *Strutture murarie in materiale eterogeneo*

3.2.2.2 - Tipo F10/A13

La tipologia muraria F10/A13, costituita da strutture con fondazione e alzato in opera mista a frammenti laterizi e lapidei, è una tecnica costruttiva diffusa soprattutto in età tardo antica ma non mancano casi di impieghi in fasi precedenti. Le strutture di questo tipo realizzate nel periodo tardo sono prevalentemente messe in opera con malte del tipo LM3 (fig. VIII.27), salvo rare eccezioni. Si menzionano qui solo alcuni casi di interesse. Un setto murario nelle abitazioni occidentali dell'*Insula* delle Casa delle Bestie ferite è legato da una malta di cocciopesto del tipo CP1[290], unico caso in cui è attestato l'uso di questo tipo di miscela in strutture murarie aquileiesi

[288] Cfr. a riguardo Cap. VI, §1.6.1; cfr. inoltre Cap. IX, §2.
[289] Cfr. a riguardo Cap. VI, §5 *passim*.
[290] Cap. VI, §5.5.1.

ad esclusione delle Grandi Terme Costantiniane. Invece, nel tratto delle mura tardoantiche M2, con specifico riferimento dell'antemurale occidentale da cui proviene il campione M2_WM_7, il legante risulta essere una malta di calce del tipo LM2 con abbondante aggregato ghiaioso[291]. Solo nelle strutture costituenti la cinta bizantina, che si può considerare una variante del sistema F10/A13, sono impiegate malte del tipo LM4 caratterizzate dalla presenza abbondante di conchiglie intere e in frammenti. Come visto questa tipologia di malte per strutture murarie appare ricorrente in età bizantina anche nella vicina Grado[292].

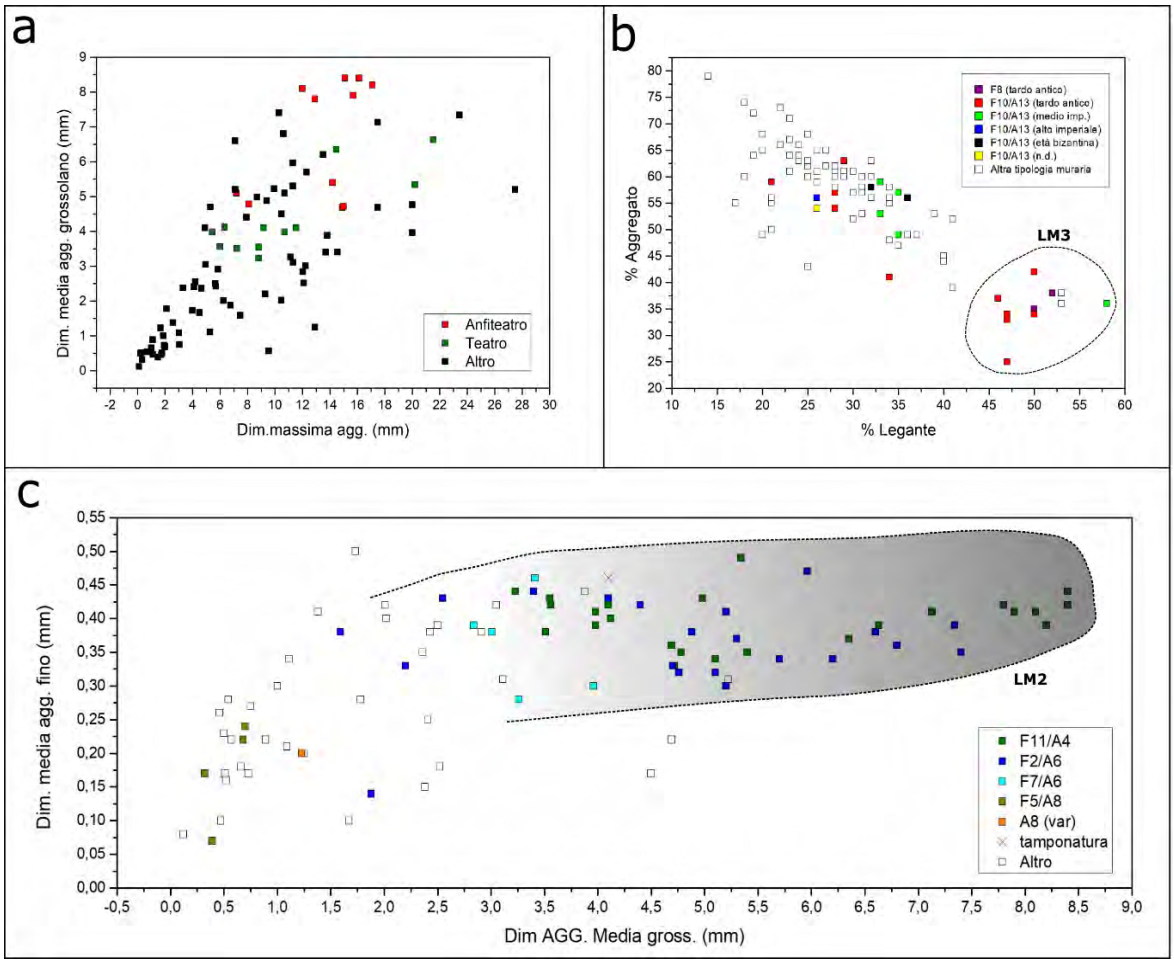


Fig. VIII.28 - Analisi distributive dei campioni prelevati da strutture murarie aquileiesi. a) Distribuzione grafica dei campioni prelevati da strutture murarie aquileiesi (WM) in base al rapporto tra la distribuzione dimensionale massima dell'aggregato grossolano (asse X) in relazione alla distribuzione dimensionale media dell'aggregato grossolano (asse Y). Si osserva come tendenzialmente le miscele dell'anfiteatro presentino aggregati ghiaiosi particolarmente grossolani. I valori espressi in millimetri sono stati desunti da misurazioni dirette dei clasti d'aggregato, secondo la procedura esposta al Cap. V, §3.1; b) Distribuzione dei campioni prelevati da strutture murarie aquileiesi (WM) in base al rapporto tra le percentuali della frazione legante (asse X) in relazione a quelle d'aggregato (asse Y). I valori percentuali sono stati desunti sul totale areale del campione tramite analisi d'immagine di sezioni sottili. Si può osservare una tendenza all'impiego di miscele particolarmente grasse in strutture murarie del tipo F10/A13 e F8 di età tardo antica. In strutture del medesimo tipo realizzate in età altro o medio imperiale invece è attestato un maggioritario impiego di miscele del tipo LM1; c) Grafico distributivo dei campioni di miscele leganti prelevati da strutture murarie aquileiesi (WM) in base al rapporto tra la distribuzione dimensionale media dell'aggregato grossolano (asse X) in relazione all'aggregato fino (asse Y). I valori espressi in millimetri sono stati desunti da misurazioni dirette dei clasti d'aggregato secondo la procedura esposta al Cap. V §3.1. Si può osservare come tra le miscele del tipo LM2, le strutture murarie de sistema F7/A6 siano realizzate con malte di calce ad aggregato ghiaioso fino/finissimo, mentre in strutture del tipo F2/A6 o F11/A4 sia impiegato aggregato più grossolano.

[291] cfr. a riguardo rispettivamente Cap. VI, §1.5.1.
[292] Cfr. a riguardo, Cap. VI, §1.6.4.

3.2.2.3 - Tipo F7/A6

La tipologia muraria F7/A6 è una tecnica muraria abbastanza diffusa ad Aquileia e consiste in strutture realizzate con fondazione di tegole intere o in frammenti e alzato a paramento in blocchetti in conci in calcare. Tutti i casi analizzati provengono dalla Casa di Tito Macro. Le miscele leganti impiegate consistono in malte di calce del tipo LM2 che non differiscono in linea di massima da quelle utilizzate nelle strutture del tipo F2/A6 (fig. VIII.27). La difformità di materiale costruttivo (laterizio e pietra) tra la fondazione e l'alzato delle strutture di questa tipologia non sembra incidere in alcun modo nella composizione e nelle proporzioni dei materiali costituenti le miscele leganti. Le malte predisposte per murature del tipo F7/A6 sembrano però presentare aggregato ghiaioso di granulometria leggermente più fina rispetto a quello impiegato in malte dello stesso tipo applicate in strutture del tipo F7/A6 (fig. VIII.28, c).

3.2.4 - *Strutture murarie in* opus caementicium

3.2.4.1 - Tipo F8

Sono state campionate due sole strutture murarie del tipo F8, che costituiscono le fondazioni dei muri perimetrali della grande aula absidata tardoantica rivestita in *opus sectile* individuata nella porzione occidentale dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite. Il legante di questa struttura è costituito da una malta del tipo LM3 molto grassa (fig. VIII.28, b).

Tecnica/sistema murario	Cronologia	Tipo miscela legante
Setti murari in pietra		
F1/A5 (fondazione e alzato a doppio paramento in conci di arenaria)	II a.C. - I a.C.	LM1; LM4-; LM2--; LM3--
F2/A6 (fondazione e alzato a doppio paramento in conci di calcare)	Fine I a.C. - prima metà I d.C.	LM2; CC2-
F11/A4 (fond. e alzato doppio param. in blocch. di calcare e nucleo in *opus caemen.*	I d.C. - III d.C.	LM2; LM1--
F4 (fondazione in pietra a disposizione irregolare entro cavo di fond. non armato)	I a.C. - IV d.C.	LM1
Setti murari in laterizi		
F5/A8 (fondazione e alzato a corpo pieno in laterizi	II a.C. - II d.C.	LM1
A10 (fondazione e alzato in frammenti di laterizi e tegole	Fine I a.C. - III d.C.	LM1*
Setti murari in materiale misto		
F7/A6 (fondazione in tegole e alzato in doppio paramento in conci di calcare)	Fine I a.C. - prima metà del I d.C.	LM2
F10/A13 (fond. e alzato in materiale misto messo in opera in maniera irregolare)	II a.C. - V d.C.	LM3; LM5-
F8 - fondazione muraria in o*pus caementicium*	I a.C. - IV d.C.	LM3;

Tab. VIII.5 – Tabella sinottica di riferimento tra tecniche murarie aquileiesi e relativa cronologia con le tipologie di miscele leganti in esse impiegate. -attestazione limitata; --attestazione estremamente limitata; *dato non statisticamente rappresentivo.

3.3 - STRUTTURE DI COPERTURA IN *OPUS CAEMENTICIUM*

Abbiamo a disposizione pochi elementi utili alla ricostruzione di quali fossero le miscele impiegate nei sistemi di copertura a volta in *opus caementicium* di Aquileia. Gli unici casi che è stato possibile prendere in esame riguardano gli spezzoni di volta in crollo dalle Grandi Terme, già in passato riconosciuti quali lacerti delle coperture degli ambienti termali[293]. Meno certa è l'attribuzione di un blocco di *opus caementicium* quale elemento di copertura di una volta, forse a botte, dell'anfiteatro aquileiese[294].

Per quanto riguarda il primo caso, l'*opus caementicium* strutturale appare di ottima fattura. I *caementa* grossolani sono costituiti esclusivamente da abbondanti frammenti decimetrici di scorie e pomici piroclastiche e lava vulcanica porosa. Soprattutto grazie alle analisi XRF è stato possibile dimostrarne la provenienza dall'area campana flegrea e vesuviana[295]. Come desunto

[293] Cfr. a riguarda rispettivamente Cap. VI, §5.2.
[294] Cfr. CAP. VI, §3.4 e 3.6.
[295] Cap. VI, §4.5.4; Cfr. inoltre per ulteriori confronti §1.5.2

dall'analisi dei campioni GTR_VM_1 e GTR_VM_4 anche il legante dell'opera cementizia è di ottima fattura e consiste in malte di cocciopesto del tipo CP3. Le discrete qualità pozzolaniche del materiale sono conferite non solo dalla presenza di frazione fittile micrometrica ma anche dalla presenza di un aggregato vulcanico pozzolanico fine negli impasti, forse derivato dalla frantumazione e macinazione dei medesimi *caementa* d'alleggerimento o dall'uso di una frazione estremamente fina degli stessi. Le nervature invece sono realizzate con arcate in laterizi legati da malte di cocciopesto del tipo CP2, debolmente pozzolaniche, dove è del tutto assente la frazione piroclastica, il cui uso appare chiaramente limitato alle sole volte.



Fig. VIII.29 - Lacerto probabilmente di volta rinvenuto nello strato esito delle spoliazioni dell'anfiteatro aquileiese (da DILARIA, SECCO 2018, fig. 114, p. 185).



Fig. VIII.30 – Villa imperiale di Sirmione sul Garda. Volte cementizie di ambulacri. Rispetto alle strutture murarie, si osserva l'uso di materiale differente (travertini) con funzione di alleggerimento delle volte del vano (foto autore).

La presenza di abbondante frazione piroclastica utilizzata come aggregato nel campione GTR_VM_4 e assente in GTR_VM_1 lascerebbe addirittura supporre che gettate via via più leggere fossero predisposte in base alle diverse quote, in una tecnica ben conosciuta in età romana, che trova il suo massimo esempio nella cupola del Pantheon a Roma[296]. Tuttavia, provenendo i campioni di *caementa* da lacerti strutturali rinvenuti in giacitura secondaria, pertinenti con tutta probabilità a crolli rimaneggiati, risulta estremamente complicato comprendere quale fosse la conformazione e la collocazione originaria delle volte cementizie nell'edificio; pertanto nessuna delle ipotesi sopra avanzate può essere dimostrata con certezza.

Quella che dovrebbe essere la struttura voltata dall'anfiteatro risulta invece di fattura del tutto differente. L'*opus caementicium* è legato da malte di calce del tipo LM2, non dissimili da quelle utilizzate nell'edificio in ambito fondazionale o negli alzati murari. Anche i *caementa* sono costituiti da frammenti di calcari ed altre rocce dei medesimi litotipi impiegati per i paramenti murari o per le decorazioni architettoniche (Fig. VIII.29)[297]. In questo caso, non si osserva pertanto quella distinzione qualitativa dei materiali per volte cementizie evidenziata nel contesto termale. È già stato sottolineato comunque come le volte di piccoli ambienti, ambulacri e corridoi non necessitassero di materiali d'alleggerimento progressivo e quindi non di rado venissero realizzate con i medesimi materiali cementizi impiegati anche in differente ambito strutturale[298].

Alla luce di ciò si può osservare come, nel complesso termale tardoantico aquileiese, la qualità complessiva delle strutture voltate sia apprezzabile non solo nell'uso di *caementa* d'alleggerimento dell'*opus caementicium* ma anche nell'impiego di malte di cocciopesto pozzolaniche di ottima fattura.

296 LANCASTER 2005, pp. 62, 77, 167.
297 PREVIATO, MAZZOLI 2018.
298 DILARIA, SECCO 2018, p. 184, nota 435.

Si rimarca ancora qui il fatto di come sia per ora un *unicum* l'attestazione di un commercio di materiali piroclastici dall'area campana al nord Italia, così come è un *unicum* l'attestazione del loro impiego in strutture voltate. In uno dei pochi edifici della Regio *Venetia et Histria* che possa essere preso quale valido termine di confronto, ossia la Villa imperiale di Sirmione sul Garda (c.d. Grotte di Catullo), le analisi petrografiche hanno dimostrato come i *caementa* d'alleggerimento utilizzati nelle volte di diversi ambienti (fig. VIII.30) fossero costituiti da travertini di provenienza locale (Lago d'Iseo). Nelle volte cementizie dei corridoi dell'Arena e del criptoportico del *capitolium* di Verona ero invece utilizzati rispettivamente grossi ciottoli fluviali e scapoli di un'arenaria marnosa porosa localmente reperibile[299].

Pur tenendo in considerazione una lacuna conoscitiva per quanto riguarda i sistemi di copertura di grandi edifici della Cisalpina romana, stante il generalizzato stato di spoliazione delle fabbriche architettoniche antiche, il caso rappresentato dalle terme aquileiesi spicca cionondimeno in questo panorama, come quantità e qualità dei materiali da costruzione di importazione in esso impiegati. Il ruolo di una committenza di altissimo livello quale era la famiglia imperale costantiniana gioca infatti un ruolo cruciale nel richiamare e disporre dei migliori materiali da costruzione e delle migliori maestranze circolanti nella tarda antichità[300].

Per tecnica costruttiva e tipologia di *caementa* le strutture voltate delle terme aquileiesi risultano infatti del tutto comparabili con quelle poste a copertura di imponenti fabbriche romane di età tardoantica, quali le terme di Diocleziano (inizio IV sec. d.C.), la basilica di Massenzio (primi decenni del IV sec. d.C.) e il Tempio di Minerva Medica (prima metà IV sec d.C.)[301].

3.4 - INFRASTRUTTURE IDRAULICHE

Le tipologie di infrastrutture idrauliche attestate ad Aquileia sono principalmente tre, ossia i condotti di adduzione e smaltimento dell'acqua (canalette), le vasche ed i pozzi. Le cisterne invece non sembrano particolarmente diffuse tanto che i casi accertati sono solamente due[302]. Inoltre, in città era presente un acquedotto, che riforniva d'acqua diversi quartieri urbani attraverso uno strutturato sistema di *fistulae* in piombo[303].

Tra le strutture e infrastrutture idrauliche in cui è attestato l'uso di miscele leganti ad Aquileia vi sono soprattutto le vasche, dove questi materiali erano impiegati a fini strutturali nonché in qualità di rivestimenti impermeabilizzanti. In condotti di adduzione o smaltimento delle acque, ossia le canalette, miscele leganti di diversa tipologia potevano essere impiegate soprattutto in qualità di stesure dei giunti di allettamento degli elementi costituenti, mentre non ne è attestato l'uso a fini di rivestimento. Per altre tipologie di infrastrutture idrauliche, quali i pozzi, non sono stati analizzati campioni di malte strutturali, ma si cercherà qui di fornire delle indicazioni sulla base dei dati editi in letteratura.

Da quanto documentato si osserva come le miscele di miglior qualità siano impiegate sempre in strutture adibite alla conservazione dell'acqua, quali le vasche, mentre una scarsa attenzione nella cernita dei materiali dei composti cementizi e nella loro messa in opera era rivolta ai condotti di adduzione e scarico delle acque.

La cronologia di costruzione non sembra determinare alcuna modificazione rispetto al quadro sopra delineato. L'unica leggera differenza riguarda l'utilizzo di malte di cocciopesto, non pozzolanico, negli allettamenti di canalette che appare attestato con maggior frequenza in età tardoantica. Di contro, sembra che nel rapporto tra ambito pubblico, privato e produttivo vi fossero più chiare ed evidenti distinzioni per ciò che concerne la "qualità" delle miscele leganti.

---

[299] Per riferimenti cfr. §1.5.2.

[300] Circa il cantiere delle terme costantiniane e il ruolo di committenza e maestranze in esso impiegate cfr. nel dettaglio Cap. VI, §5.6 e §4.

[301] Cfr. §1.5.2.

[302] Cfr. da ultimo PREVIATO 2018, pp. 111-112.

[303] Nel complesso per ciò che riguarda infrastrutture idrauliche ad Aquileia molte ricerche sono state condotte solamente in anni recenti e recentissimi cfr. PREVIATO 2015, pp. 326-379; PREVIATO 2018; BUORA, MAGNANI, PREVIATO, ZAGO 2018.

In grandi complessi pubblici come le Grandi Terme i campioni di rivestimenti in cocciopesto CP2 delle vasche analizzate risultano di fattura ottima e certamente migliore rispetto alle malte predisposte per vasche di edifici privati.

3.4.1 - *Condotti di adduzione o scarico dell'acqua*

I condotti per lo scarico o l'adduzione di acqua da cui sono stati prelevati campioni di miscele leganti consistono in strutture a conformazione leggermente diversa.

Nella maggior parte dei casi[304], sono canalette a sezione quadrangolare, in laterizi con copertura piana della tipologia più diffusa nel centro antico (tipo 3)[305] e sono prevalentemente utilizzati con funzione di scarico delle acque nere[306].

I condotti dell'anfiteatro da cui sono stati prelevati dei campioni sono realizzati con tecnica simile ma si presentano come strutture più importanti con una larghezza variabile tra 0,90 e 1,80 m; le spallette sono costruite con corsi sovrapposti di laterizi sesquipedali padani su fondo in laterizi, mentre le coperture, laddove rinvenute, sono in pietra[307].

Altri due campioni analizzati provengono da strutture di smaltimento dell'acqua dall'area produttivo-artigianale nell'immediato suburbio di Aquileia nell' attuale fondo ex-Sandrigo. Uno di questi (USM 304) ha spallette composte da elementi lapidei e laterizi di riutilizzo e copertura realizzata con una struttura ad arco in un conglomerato di argilla mista a calce ed aggregato sabbio-ghiaioso. Del tutto simile è la struttura di un altro condotto rinvenuto nei pressi del primo (USM 206). I campioni analizzati provengono entrambi da quelle che sembrano essere queste particolari coperture[308].

Tutti i campioni da infrastrutture per l'adduzione o scarico dell'acqua analizzati consistono in malte di calce aeree del tipo del tipo LM1 o in malta di terra dei tipi CSM1 e CSM3.

Leganti a base di malta di calce del tipo LM1 sembrano essere attestati con maggior frequenza in condotti del tipo 3[309], e costituiscono il materiale legante di canalette di questo tipo dalla *Domus* di Tito Macro (US 2260), da una abitazione dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite (US 2070) e di tutti i condotti presi in esame dall'anfiteatro.

L'uso di leganti a base argillosa non sembra essere comunque inusuale tanto che ne è attestato l'uso in un'altra canaletta della *Domus* di Tito Macro (US 39), così come in altri casi ad Aquileia qui non presi in esame[310]. Inoltre, molto grossolana sembra la miscela impiegata nelle canalette dell'area del porto fluviale, composte entrambe da miscele di terra e calce del tipo CSM3 molto mal miscelate.

Nelle canalette tardoantiche campionate dall'area dell'*Insula* delle Bestie ferite, sono utilizzate malte di allettamento delle spallette in malta di calce grassa di tipo LM3 o in cocciopesto del tipo CP1 dalle proprietà pozzolaniche minime o nulle. Nessun campione proviene da rivestimenti di queste strutture, che sono attestati ad Aquileia in un numero limitato di casi[311].

Pur considerando la casistica limitata, in nessun caso sembra che le miscele utilizzate in condotti di adduzione o scarico dell'acqua abbiano qualità pozzolaniche, ma anzi molto spesso

---

[304] Si fa riferimento alle canalette della *Domus* di Tito Macro (cfr. Cap. VI, §6.4) e delle abitazioni dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite (cfr. Cap. VI, §5.4).

[305] PREVIATO 2015, pp. 346-348.

[306] *Ibidem*, p. 352.

[307] Cap. VI, §3.2. Non rientrano nella casistica tipologica riportata in PREVIATO 2015.

[308] Cap. VI, §7.2. Anche questa particolare tipologia di condotti non rientra nella casistica riportata in PREVIATO 2015, che è molto incentrata su casi da contesti urbani piuttosto che extraurbani.

[309] In generale in accordo con le tipologie di legante macroscopicamente riconosciute per questa tipologia di condotti (cfr. PREVIATO 2015, p. 346).

[310] PREVIATO 2015, p. 347, e nota 378 (canalette delle *domus* dei quartieri settentrionali indagati da M. Medri);

[311] Rivestimenti in cocciopesto caratterizzano dei condotti, interpretati come canali per l'adduzione dell'acqua delle Grandi Terme, non analizzati in questo studio (cfr. PREVIATO 2015, p. 348 e bibliografia citata).

sono impiegate malte di terra molto povere. Solo nel contesto dell'anfiteatro i composti presentano una qualità leggermente maggiore, ravvisabile nella miscelazione piuttosto omogenea degli impasti. Sembra quindi chiaro come non fosse riposto alcun interesse nell'impermeabilizzazione di questi sottoservizi, in particolar modo se adibiti al deflusso delle acque nere. È probabile che, diversamente dalle strutture destinate alla conservazione o alla distribuzione dell'acqua pulita[312], riservata all'alimentazione o ad altre attività domestiche, non venisse invece riposta particolare attenzione alle modalità di costruzione e rivestimento delle canalette atte a garantire il deflusso delle acque nere, che potevano quindi parzialmente disperdersi nel sottosuolo e non essere adeguatamente convogliate nei collettori fognari maggiori della città antica.

3.4.2 - *Vasche*

Interessanti sono i risultati delle analisi condotte su miscele impiegate in apparati per la conservazione dell'acqua, grazie all'analisi di campioni prelevati da cinque di queste strutture, tre delle quali ubicate presso le abitazioni dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite ed due provenienti da porzioni di rivestimenti delle vasche poste ai lati del *frigidarium* delle Grandi Terme.

Nell'analisi delle tecniche preparatorie di apparati per la conservazione dell'acqua è sempre complicato il confronto con le fonti antiche.

Molta attenzione veniva riposta dagli autori latini ai materiali e alle tecniche da impiegare in occasione dell'installazione di queste strutture. Vitruvio ci ricorda come nella costruzione delle cisterne si dovesse prestare particolare cura alle modalità di confezionamento e messa in opera dei calcestruzzi strutturali. Secondo la principale interpretazione del testo[313], l'autore sembra trattare dei metodi di costruzione di cisterne che dovevano essere costruite con un particolare tipo di *opus caementicium*, composto da calce e sabbia, in rapporti di due a cinque, a cui doveva essere aggiunto pietrame duro (*caementum de silice*). In seguito, il composto doveva essere fortemente pressato con mazzapicchi. Proprio per il trattamento a cui era sottoposto, questo particolare tipo di *opus caementicium* veniva definito "*opus signinum*", in quanto la pratica era diffusa nella città laziale di Segni[314]. Riguardo la composizione e ambiti di impiego dell'*opus signinum* non tutte le fonti antiche sono però concordi. Columella lo definisce come una miscela che doveva essere al lungo pestata per poter essere utilizzate per la realizzazione di bacini d'acqua o come pavimentazione di granai[315]. Secondo Plinio è invece una miscela per i rivestimenti pavimentali composta da calce, sabbia e, soprattutto, frammenti fittili, elemento assente nel passo vitruviano[316]. Faventino cita infine l'*opus signinum* in riferimento ai metodi di fasciatura interna di pozzi[317].

Non si potrà qui prendere in esame approfonditamente la problematica legata all'interpretazione dell'autentico significato di questo termine mutuato dal latino che è sfociata, in anni recenti, in un vero e proprio contenzioso archeo-filologico, dovuto in buona parte alle imprecisioni e contraddizioni insite nelle stesse descrizioni fornite da autori latini, in particolare nei passi pliniani, circa la composizione e gli ambiti di impiego di questa particolare miscela[318]. Oltre

---

312 Cfr. a riguardo §2.4.2.

313 VITR., *De arch.*, VIII, 6, 14. "cisternas harenae purae asperae V partibus, calcis quam vehementissime II construi, fragmentis silicis non excedentibus libras; ita ferratis vectibus calcari solum parietesque similiter. utilius geminas esse, ut in priore vitia considant atque per colum in proximam transeat pura aqua".

314 GIULIANI 1992, pp. 89-94.

315 COL., VIII, 15, 3; VIII, 17, 1; IX, 1, 2). Cfr. a riguardo GRECO 2011, p. 77.

316 PLIN. *N. H.*, XXXV, 165.

317 FAV., IV, 1. Cfr. a riguardo GRECO 2011, p. 104.

318 Sulla problematica si veda, a titolo esemplificativo, GRANDI CARLETTI 2001, BRACONI 2009. Come diretta conseguenza studiosi, anche di comprovata fama, hanno negli anni fornito diverse interpretazioni personali del termine *opus signinum* tra loro spesso contrastanti; se per alcuni, come segnalato sopra, l'*opus signinum* dovrebbe essere una miscela strutturale da impiegare nella costruzione di cisterne, altri la ritengono semplicemente una miscela assimi-

al passo vitruviano sopracitato non esistono nella letteratura antica altri sostanziali riferimenti a sistemi di costruzione di cisterne, mentre maggiori sono le informazioni sui periodi dell'anno in cui è consigliato effettuare i lavori di costruzione di strutture idrauliche[319] e sul metodo con cui dovevano essere applicati i rivestimenti in malta[320].

Seppur nella trattatistica latina venissero fornite diverse indicazioni sui metodi da seguire per la realizzazione degli apparati della conservazione dell'acqua, il dato archeologico rivela invece come i sistemi costruttivi di vasche e cisterne in età romana non fosse assolutamente standardizzato[321].

In tutti i casi aquileiesi analizzati, sia nell'ambito della costruzione che del rivestimento di vasche, l'utilizzo di miscele ad elevata frazione fittile risulta generalizzato. Sebbene la conformazione in alzato delle strutture qui prese in esame non sia affatto chiara, per via degli ingenti spogli che ne determinarono la parziale demolizione, tutti i massetti costituenti il fondo degli invasi delle tre vasche ubicate presso le abitazioni dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite consistono in una stesura di spessore variabile di malta di cocciopesto del tipo CP1b (CBF_CM_4) o, più spesso, CP2 (CBF_CM_5, 6)[322]. La presenza di polvere fittile caratterizza questi composti sotto il profilo petrografico. Sotto il profilo mineralogico, nella maggior

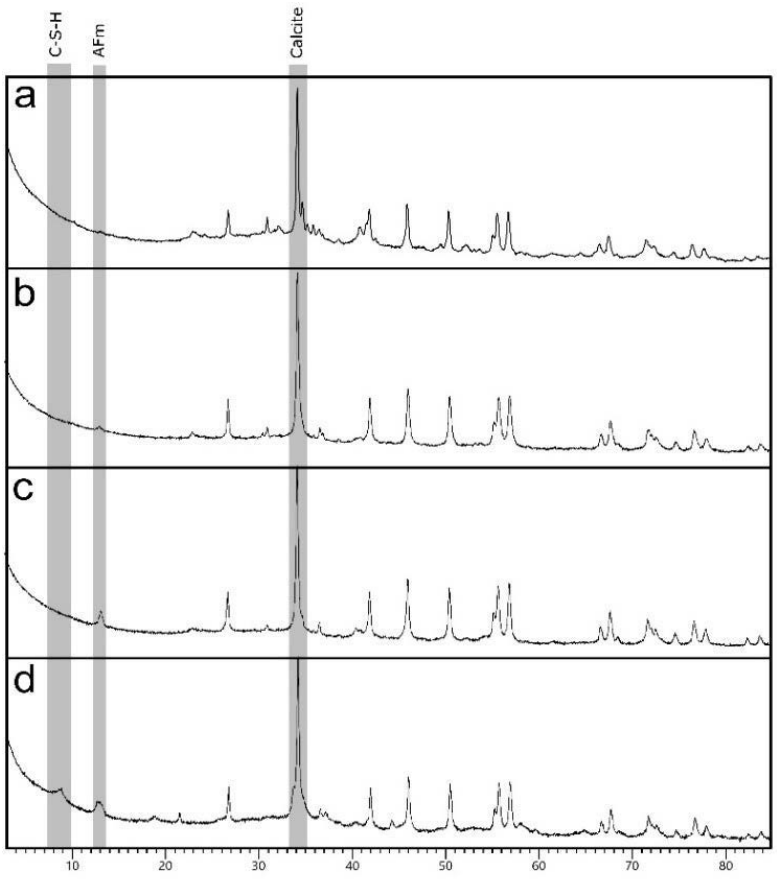


Fig. VIII.31 - Immagine comparativa dei difrattogrammi desunti da indagini XRPD-binder di campioni prelevati da strutture idrauliche per la conservazione dell'acqua aquileiesi (vasche). a) Campione CBF_CM_6; b) Campione CBF_CM_4; c) Campione CBF_CM_5; d) Campione GTR_CM_1.

labile al cocciopesto (Cfr. ad esempio GINOUVES MARTIN 1985, p. 51.); altri ancora lo utilizzano per definire pavimentazioni in cementizio a base fittile (cfr. GROS 2003; pienamente appoggiato in VASSAL 2006) sulla base del riferimento pliniano (PLIN. *N. H.*, XXXV, 165).

319 FRONT., *De aq.*, CXXIII, 2; cfr. GRECO 2011, pp. 95-96. I rivestimenti impermeabilizzanti andavano stesi dalla primavera all'autunno, sospendendo i lavori nei periodi invernali e quando il clima è torrido, poiché sia gelo che il caldo "praecipit materiam", cioè seccano troppo la malta.

320 TERT., *De idol.*, VIII, 2. Cfr. inoltre a riguardo GRECO 2011, pp. 118-119 e nota 552. Tertulliano riporta come tra le mansioni dei *tectores* ci sia pure quella di lisciare, o meglio, levigare – *liare* – l'intonaco di rivestimento delle cisterne (*cisternam liare*), mentre per altre mansioni, sempre nello stesso passo, l'autore utilizza il termine *incrispare*, cioè increspare, sgrossare, facendo quindi probabilmente riferimento alla stesura di uno strato preparatorio.

321 Si veda, ad esempio, le tecniche di realizzazione delle cisterne in ambito sardo (cfr. CESPA 2018) che risultano totalmente differenti dai metodi utilizzati ad Aquileia.

322 Non è chiaro se tali stesure fossero direttamente a contatto con l'acqua. In una di queste strutture (US 2401) sembra che il rivestimento fosse costituito da dei mattoni sesquipedali, tuttavia completamente asportati, ma di cui sembra rimanere qualche labile impronta sulla malta sottostante (cfr. Cap. VI, §5.3.2).

parte dei casi, è stata osservata, tramite indagini XRPD-*bulk* e XRPD-*binder*, la moderata occorrenza di fasi pozzolaniche di tipo AFm (alluminati di calcio idrati) prodotte dall'intima iterazione tra la frazione fittile micrometrica ed il legante carbonatico (Fig. VIII.31). Seppur i composti non appaiano particolarmente idraulici, le malte di cocciopesto impiegate nell'ambito della realizzazione di queste infrastrutture risultano quelle a maggior contributo pozzolanico tra i casi finora analizzati. Ciò dimostra come, seppur le fonti non definiscano particolari indicazioni circa il trattamento cui doveva essere oggetto l'aggregato fittile[323], il dato sperimentale palesa il grado di conoscenze empiriche delle maestranze antiche che avevano sicuramente ben presente l'assunto per cui maggiore è il tasso di polverizzazione della componente fittile, migliore è il prodotto finale e le sue qualità idrauliche. Non è un caso quindi che i cocciopesti impiegati nella realizzazione di pavimentazioni musive non presentino alcuna di quelle qualità pozzolaniche e che, di contro, sono state riscontrate nelle miscele applicate con funzione di rivestimento di apparati per la conservazione dell'acqua. Tra di queste ultime, i composti di migliore qualità sono quelli impiegato per il rivestimento delle vasche di un imponente edificio pubblico termale, ossia le terme costantiniane, a riprova dell'elevatissimo grado di perizia tecnica della manodopera operante nel cantiere tardoantico[324]. Il campione GTR_CM_1 risulta infatti presenta tenori pozzolanici da tre a cinque volte superiori a quelli restituiti da tutti gli altri rivestimenti per vasche analizzati ad Aquileia, ed è comunque assai migliore di tutta un'altra serie di malte di cocciopesto, comunque leggermente pozzolaniche, impiegate in ambiti diversi nell'edificio. Se si rapporta questo dato con i risultati desunti da un altro studio, condotto con medesime metodologie e strumentazione e quindi perfettamente confrontabile, dove sono stati presi in esame i rivestimenti di cisterne di un centro punico-romano di provincia quale era Nora in Sardegna (Cagliari)[325], si osserva come nessuno dei composti di cocciopesto analizzati, non additivati da altri materiali pozzolanici (polveri piroclastiche, cenere animale e vegetale), abbia sviluppato prodotti pozzolanici comparabili con il campione dell'impianto termale di Aquileia. Anzi, data la limitata formazione di fasi pozzolaniche, i rivestimenti di cisterne norensi, che non sono in nessun caso riferibili ad edifici pubblici di natura sacra, civile o termale, presentano caratteristiche "qualitative" inferiori rispetto alle vasche aquileiesi di ambito privato (fig. VIII.32).

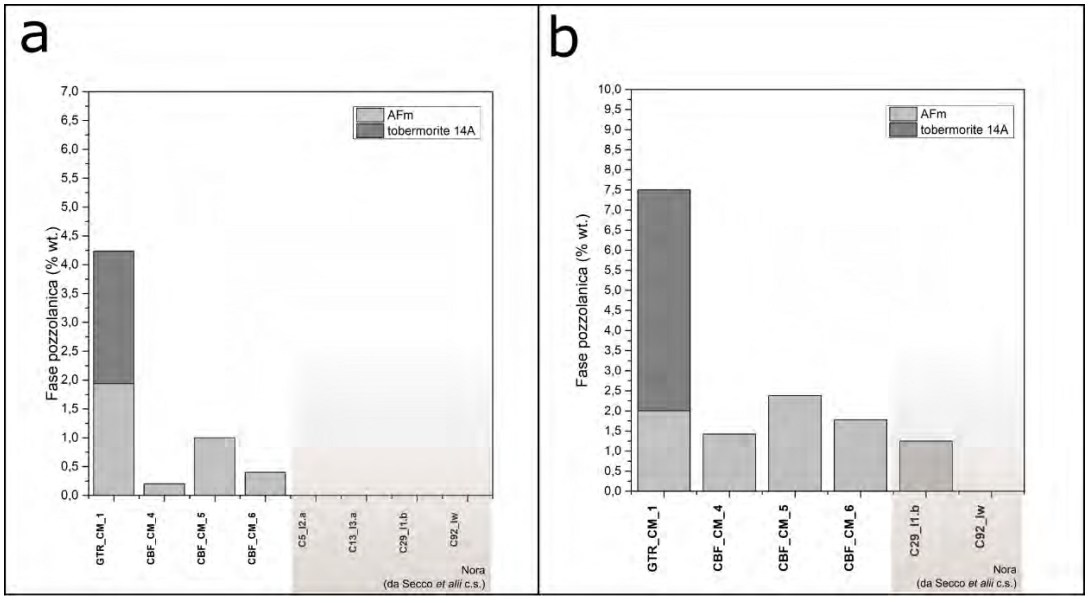


Fig. VIII.32 - Istogrammi comparativi dell'occorrenza di fasi pozzolaniche nei campioni prelevati da strutture idrauliche per la conservazione dell'acqua aquileiesi (vasche) e norensi (cisterne) di età romana. I valori sono desunti da indagini XRPD quantitativa trattati con metodo Rietvield (cfr. Cap. V, §3.3). a) risultato indagini XRPD-*bulk*; b) risultato indagini XRPD-*binder*.

[323] Cfr. §1.3.3.1.
[324] Cfr. a riguardo infra, §4.
[325] SECCO *et alii* c.s.

3.3.3 - *Pozzi*

Poco sappiamo sulle malte impiegate nei pozzi, dato che nessun campione è stato prelevato da questo tipo di infrastrutture. Dall'età tardo repubblicana, quando le camicie di queste strutture cominciarono ad essere realizzate non più con materiali deperibili, ma in muratura, principalmente costituita da elementi di terracotta, il legante impiegato nei giunti di allettamento dei mattoni era la malta di terra (argilla) come attestato nel pozzo della *domus* a nord del porto[326]. Dall'età imperiale sembra invece che il legante prevalente fosse la malta di calce, come provato dall'analisi delle camicie di alcuni pozzi dalle abitazioni dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite[327].

3.5 - PREPARAZIONI PAVIMENTALI

Le preparazioni pavimentali sono un elemento strutturale dove trovano larga applicazione miscele leganti di diversa tipologia. Le tecniche preparatorie e le caratteristiche dei materiali cementizi impiegati possono variare sensibilmente in base alla tipologia di rivestimento pavimentale. Anche la cronologia di costruzione appare essere un sensibile indicatore di produzione, soprattutto per ciò che concerne i pavimenti musivi, mentre meno varianza da questo punto di vista sembrano presentare altre tipologie pavimentali.

L'analisi ha permesso di dimostrare inoltre una certa specializzazione nell'uso di alcune miscele per determinate tipologie pavimentali, che non trovano invece applicazione in altre. Sono queste le pavimentazioni in *opus sectile*, i cui masselli preparatori sono sempre realizzati tramite l'impiego di malte di cocciopesto del tipo CP1b, leggermente pozzolaniche. In tutti gli altri tipi di pavimenti, l'utilizzo di cocciopesto è stato sì documentato, ma questo tipo di miscela, sempre ascrivibile alla tipologia CP1, nella maggior parte dei casi non presenta alcuna caratteristica pozzolanica[328].

3.5.1- Preparazioni di pavimenti musivi

Il tessellato fu la soluzione pavimentale maggiormente adottata ad Aquileia in ambito urbano in qualsiasi periodo[329]. Le tecniche di preparazione di masselli cementizi di questa tipologia pavimentale sono piuttosto variabili e in buona misura dipendenti dalla cronologia di costruzione dei mosaici. Anche la disponibilità economica e la provenienza sociale della committenza sembra giocare un ruolo importante nella "qualità" delle tecniche esecutive e nella cernita delle materie prime. La qualità del prodotto finito non è altro che lo specchio delle competenze tecniche delle maestranze che lo hanno realizzato.

Dato il campione piuttosto elevato di pavimenti in tessellato documentati (43 pavimentazioni) l'attendibilità statistica di quanto di seguito presentato permette di definire delle linee di tendenza valide per descrivere le tecniche preparatorie di mosaici aquileiesi con buon grado di sicurezza. I dati mineralogici risultano indicativi in tal senso. Dai dati desunti dalle analisi XRPD sugli strati più superficiali del massello preparatorio - ad esclusione dell'eventuale stesura di allettamento delle tessere[330] - si osserva un chiaro slittamento tra i campioni di età tardo-repubblicana o alto imperiale a quelli di età tardo imperiale. Indicativa risulta la ridotta occorrenza, in questi ultimi, delle fasi di diopside e amorfo da ricondurre all'assenza della frazione fittile negli

[326] PREVIATO 2018, p. 109 e bibliografia *ivi* riportata.

[327] PREVIATO 2018, p. 111 e bibliografia *ivi* riportata.

[328] I dati qui discussi hanno già trovato alcune preliminari pubblicazioni in DILARIA *et alii* 2016 e SECCO *et alii* 2018, soprattutto per ciò che concerne le caratteristiche delle miscele preparatorie dei piani pavimentali della *Domus* di Tito Macro e delle abitazioni dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite. Lo studio delle tecniche preparatorie dei piani pavimentali delle due case è stato anche oggetto di una tesi di laurea magistrale (cfr. DILARIA 2013/2014).

[329] GHEDINI, NOVELLO 2017, pp. 537-539.

[330] Cfr. *infra*.

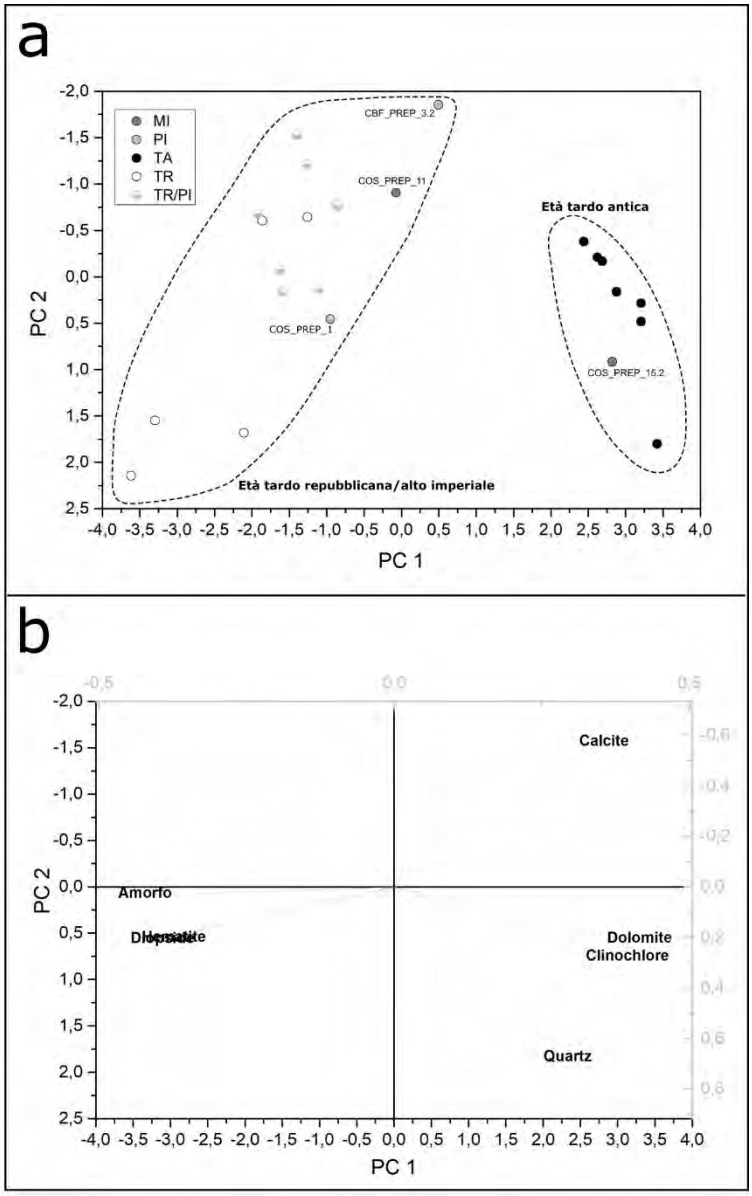


Fig. VIII.33 - Analisi delle componenti principali (PCA) sui dati desunti da analisi XRPD-*bulk* condotte su una selezione di campioni di miscele per preparazioni di pavimenti. Tutti i campioni sono riferibili allo strato del massello preparatorio più superficiale (*nucleus*), in riferimento ad: a) cronologia; b) variabili di interesse. Assieme, le PC1 e PC2 sono rappresentative del 89% della varianza totale.

impasti, che risultano invece caratterizzati da più alti tenori di calcite, dolomite e quarzo, indicativi dell'impiego maggioritario di sabbia carbonatica e silicatica nelle miscele preparatorie (fig. VIII.33), come verrà descritto nel dettaglio con quanto segue.

Età repubblicana e alto imperiale. I tessellati di età tardo repubblicana ed alto imperiale (seconda metà I sec. a.C. – I sec. d.C.) presi in esame sono messi in opera su masselli preparatori pluristratificati. La tecnica preparatoria documentata prevedeva che, su riporti limo-argillosi, in genere piuttosto depurati, venisse predisposto innanzitutto un vespaio in materiale fittile, scapoli lapidei o elementi misti, non consolidato da legante alcuno. L'uso di ciottoli fluviali appare invece piuttosto raro. Si cercava, nel complesso, di utilizzare materiali che avessero mediamente le medesime dimensioni, al fine di ottenere stesure quanto più possibilmente tabulari[331]. Una volta predisposto il vespaio, il massello preparatorio era realizzato tramite una o più stesure in malta o calcestruzzo per uno spessore complessivo che, in media, si aggira tra i 6,0 e i 12,0 cm. Le stesure erano così composte: lo strato più profondo era realizzato, nella maggior parte dei casi, in cocciopesto grossolano del tipo CBT1. In alcuni casi è attestata, con maggior frequenza nelle preparazioni dei mosaici delle abitazioni dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite, la presenza di tessere intere o scarti di taglio di tessere negli impasti delle miscele, pertanto ascrivibile al tipo CBT2. Invece raro è l'utilizzo nelle stesure più profonde di calcestruzzi tradizionali del tipo CC1 o CC1b (fig. VIII.36).

Una volta allettata questa prima gettata di calcestruzzo, pressato e livellato con mazzeranghe, il livello in malta successivo veniva steso, a seconda dei casi, quando l'impasto di quello sottostante era già asciutto o non ancora del tutto consolidato[332]. In quasi tutti i casi documentati

[331] Sulle tecniche preparatorie dei sottofondi dei mosaici aquileiesi, cfr. DILARIA 2013/2014.

[332] È visibile un limite di demarcazione netto tra due stesure, qualora queste fossero state stese in momenti differenti dopo che quella sottostante, disposta in un primo momento, abbia fatto completamente presa. Di contro, qualora la stesura dello strato soprastante sia effettuata quando quello inferiore non ha del tutto ultimato la presa, la linea di divisione tra due stesure non è così chiaramente distinguibile in sezione.

sono utilizzate stesure di malta di cocciopesto del tipo CP1, composte da frammenti di laterizi o di frammenti ceramici di dimensione sub-centimetrica con sporadica occorrenza di polvere fittile. Infine, per i tessellati di maggior impegno decorativo, messi in opera nel corso di più giornate e probabilmente da più mosaicisti contemporaneamente, le tessere musive potevano essere messe in opera su di una sottilissima stesura di allettamento (*tesserae setting bed*) del tipo ST2, dello spessore sempre inferiore agli 0,5 cm[333].

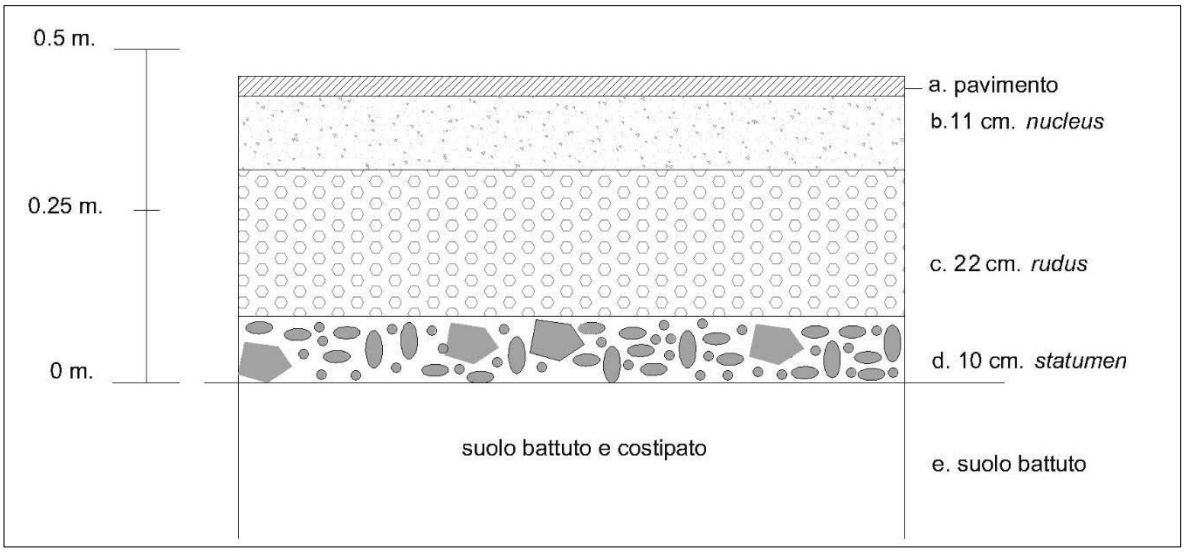


Fig. VIII.34 - Sezione ricostruita dei livelli preparatori di pavimentazioni di pregio realizzate a terra (tessellati, *opus sectile*, *opus scutulatum*, *opus spicatum*) sulla base di quanto riportato nel trattato vitruviano (VITR., *De arch*., VII.1.1, 3-4).

Da quanto esposto, si può notare come vi siano, in queste tecniche preparatorie, alcune leggere discordanze con le pratiche tramandate dalla letteratura tecnica di età alto imperiale. Vitruvio fornisce infatti una dettagliata descrizione delle modalità costruttive di pavimenti musivi realizzati a terra[334], che valgono anche per la costruzione di *sectilia* pavimentali, o di rivestimenti in *opus spicatum* e *opus scutulatum*: secondo l'autore latino, una volta preparato il terreno, si andava innanzitutto a porre un livello di materiale sciolto (*statumen*), di sostegno agli altri livelli pavimentali e con funzione drenante/isolante dall'umidità[335], formato da elementi lapidei della dimensione tale da poter stare in una mano[336] e, come ci informa Plinio, di forma quanto più globulare possibile[337]. In base a queste informazioni, secondo il Giuliani, lo spessore degli elementi lapidei che costituiscono il livello di *statumen* dovrebbe aggirarsi attorno ai 10 cm[338]. Successivamente, si doveva allettare un primo livello costituito da una miscela composta di calce, sabbia e pietrisco di pezzatura minuta in rapporti di circa 1:3, dello spessore di nove once o ¾ di piede (22,2 cm ca), che andava in seguito battuta con mazze e pestelli man mano che

[333] Difficile è risultato il prelievo di campioni rappresentativi di tali stesure. Molto spesso in pavimentazioni parzialmente spoliate non se ne conserva traccia, in quanto, essendo questo livello molto sottile e a diretto contatto con le tessere, gli spogli ed il degrado a cui andarono incontro di frequente i tessellati aquileiesi, ne hanno spesso determinato la sparizione di ogni traccia o l'abbiano resa estremamente lacunosa.

[334] Secondo la lettura di Pasqualucci (2005, pp. 527-528), Vitruvio, dopo aver fatto una breve menzione delle tecniche di realizzazione di pavimenti ai piani sopraelevati (VITR. *De arch*., VII, I, 2-3), torni a trattare dei pavimenti a terra, di contro a quanto riportato da Giuliani (2006, p. 181), secondo la cui interpretazione l'autore latino prendeva in esame esclusivamente le modalità di costruzione dei pavimenti ai piani superiori.

[335] ADAM 1994, p. 253.

[336] VITR., *De arch*., VII, 1, 3.

[337] PLIN., *N. H*., XXXVI, 187.

[338] GIULIANI 2006, p. 182.

faceva presa[339]. Al di sopra, infine, un ulteriore livello di una miscela composta da calce e tritume laterizio in rapporti di 1:3 (*nucleus*), dello spessore di sei dita (11,1 cm), andava a sua volta battuto con pestelli[340]. Si poteva così stendere il rivestimento pavimentale da tirare *ad regulam et libellam* (Fig. VIII.34)[341]. Come ultima cosa, era consigliato lo spargimento di polvere di marmo al di sopra del pavimento, le cui giunture andavano infine consolidate con una miscela a base di calce e sabbia, con scopo protettivo[342].

Nei tessellati aquileiesi il vespaio in materiale sciolto, a prescindere dai materiali stessi utilizzati, è chiaramente identificabile con lo *statumen*, le cui dimensioni sono in media prossime a quelle proposte dagli autori latini (7 cm in confronto ai 10 ponderati). Deve però essere messo in evidenza come, per i sottostanti livelli di cantiere, siano adottate soluzioni caratteristiche delle preparazioni in contesti umidi, che non trovano però alcun confronto in letteratura[343] e devono perciò necessariamente ascriversi a pratiche di cantiere locali.

I due soprastanti livelli si possono accostare rispettivamente al *rudus* ed al *nucleus*, ma sussistono tuttavia alcune differenze. Sembra infatti che lo spessore complessivo di tali allettamenti sia di gran lunga inferiore in potenza rispetto a quanto presentato dalle fonti. In alcuni casi infatti lo spessore delle miscele preparatorie è assai modesto, tanto che non è chiaramente distinguibile la stesura del *rudus* da quella del vespaio preparatori[344].

Siamo quindi ben lontani dai circa 32 cm totali riportati nel trattato vitruviano. Come visto anche in altri casi, l'autore sembra sempre fare riferimento a pratiche "virtuose" che raramente venivano seguite alla lettera nelle comuni pratiche costruttive. La messa in opera di mosaici su masselli preparatori esigui, invocata - erroneamente - da alcuni studiosi quale "assenza di *ruderationes*"[345], sembra essere comunque una caratteristica comune di molti tessellati, sia ad Aquileia[346] che in altri siti dell'area costiera della *Venetia*, quali Altino[347], Concordia[348], nonché di zone interne di pianura alluvionale quali Montegrotto (PD)[349]. I pavimenti dei casi citati sono infatti realizzati direttamente su una stesura di cocciopesto (non ci è dato sapere se grossolano o meno, come neppure possiamo essere certi che sia effettivamente una sola stesura o non piuttosto due si simile composizione) dello spessore complessivo di circa 10 cm, a loro volta messi in opera su di un vespaio in materiale sciolto.

Inoltre, non è infrequente che vi siano diverse differenze nelle caratteristiche composizionali stesse degli strati preparatori rispetto alla pratica teorica. Innanzitutto, lo strato più profondo del massello, ossia il *rudus*, non è quasi mai in calcestruzzo CC1 - se non in rari casi - ma è quasi sempre in cocciopesto grossolano del tipo CBT1. Quest'ultima soluzione, in base alla lettura comparata tra le fonti antiche e le terminologie moderne operata precedentemente, sembra

---

339 VITR., *De arch*. VII, 1, 3; l'effettiva composizione del *rudus* non è esposta né da Vitruvio né da Plinio. Sull'argomento cfr. nel dettaglio §2.1.1.1; §2.1.3.1.

340 *ibidem.*

341 VITR., *De arch*., VII, 1, 4.

342 *ibidem*.

343 In nessuna delle fonti antiche si parla di riporti di terreno; l'unica operazione consigliata riguarda le attività di consolidamento mediante battitura e costipatura del terreno (VITR. *De arch*., VII, 1, 1).

344 CBF_PREP_47 (cfr. Cap. 6, §Bestie ferite); cfr. inoltre Dilaria 2013/2014, scheda AqCBF_PREP_47.

345 Ciò si deve probabilmente al mancato riconoscimento della stratificazione interna dei masselli preparatori, analizzati solo tramite analisi visiva nel corso di operazioni di scavo (cfr. MEDRI 1997, p. 377; MEDRI 2000; pp. 276-277, FORNASIER 2005, p. 74).

346 Nell'ambito dell'edilizia privata la pratica di realizzare massetti preparatori piuttosto esigui trova numerosi confronti in contesti privati, quali gli ambienti dell'area ad est del Foro, dove lo spessore medio dei livelli preparatori in cocciopesto non supera mai i 10-15 cm in confronto a riporti argillosi e stendimenti ghiaio/sabbiosi profondi oltre i 30 cm (VERZÀR BASS 1994, pp. 22-28). Le pavimentazioni di alcune abitazioni nei quartieri nord di Aquileia poggiano su sottili livelli di malta di calce o cocciopesto spessi non più 10 cm, stesi direttamente al di sopra di un vespaio costituito da materiali (MEDRI 1997, p. 377; MEDRI 2000, p. 276 e fig. 7 p. 273).

347 FORNASIER 2005, p. 74.

348 SANDRINI 2001, p. 186.

349 Cfr. gli spessori rappresentati negli schemi esemplificativi proposti, delle preparazioni dei piani pavimentali della villa neroniana a Montegrotto (ZANOVELLO, BRESSAN, ONNIS 2011, figg. 3-5, p. 393).

essere invece tipica delle *ruderationes* dei pavimenti su terrazze all'aperto (*subdialia*)[350]. Data, tuttavia, la natura prevalentemente aerea dei cocciopesti analizzati[351], non si può legare questo aspetto alla necessità nel disporre di quelle miscele idrauliche in tritume fittile a cui alludeva Vitruvio quando andava a trattare dei sistemi di protezione delle pavimentazioni all'aperto (*subdialia)* dall'esposizione agli agenti meteorici. L'impiego di materiale fittile di recupero in luogo di quello lapideo (ghiaia e ciottoli) deve ascriversi ad una precisa scelta tecnica in quanto la ghiaia, facilmente recuperabile *in loco*, venne largamente impiegata nelle miscele del tipo LM2 o del tipo CC2 utilizzate in questo periodo nei giunti preparatori di setti murari, ma solo di rado in ambito preparatorio pavimentale[352]. L'utilizzo di frammenti fittili nelle stesure delle *ruderationes* risponde quindi alla volontà di realizzare dei supporti solidi ma al contempo elastici e leggeri[353], stante la natura instabile dei terreni aquileiesi[354], e ricorre sistematicamente anche in altre aree di pianura alluvionale[355]. Non è possibile operare invece un confronto preciso tra i casi documentati in questo studio con campioni di masselli preparatori di altri mosaici aquileiesi rinvenuti in giacitura secondaria negli scavi delle abitazioni a nord del porto fluviale ed inquadrati tra la fine de I sec. d.C. e il II sec. d.C., in quanto questi ultimi risultano mancanti della successione di strati preparatori più profondi; ciononostante, si osserva come le stesure superiori (*tesserae setting bed* e *nucleus*)[356] consistano rispettivamente in uno strato di cocciopesto sottoposto ad una esigua stesura di grassello su cui sono allettate le tessere, per uno spessore complessivo modesto (< 2 cm). Della presenza di questo sottile strato, osservato in un buon numero di pavimenti in tessellato (non solo di questo periodo), non è fatta alcuna menzione delle fonti antiche. Fu solo in un pionieristico studio di R.E.M. Moore dedicato all'analisi degli aspetti costruttivi di una serie di tessellati della Britannia romana che venne presa in esame la funzione di questa stesura preparatoria superficiale, definita dall'autore con il termine di "*sovranucleus*"[357]. Questa pratica preparatoria, attestata a livello archeologico perlomeno dall'età ellenistica[358], venne introdotta dai mosaicisti per agevolare la posa delle tessere, per una serie di motivi di seguito riassunti[359]: i) è poco pratico inserire tessere musive, soprattutto quelle di piccole dimensioni tipiche dei *vermiculata*[360]*,* direttamente su un *nucleus* composto da numerosi frammenti ceramici e laterizi che, seppur battuto superficialmente, risulta difficilmente spianabile al punto tale da presentare una superfice perfettamente liscia ed omogenea; ii) se allettate in strati di spessore superiore al centimetro le tessere rischiano di sprofondare all'interno dell'impasto, qualora questo non si sia ancora solidificato; iii) per ottenere un pavimento lisciato *ad regulam et libellam*, è necessario uno strato regolarizzatore del piano su cui andranno inserite le tessere, onde evitare le depressioni, avvallamenti o rialzi dovuti ad espansioni e contrazioni delle miscele del massello durante la presa.

---

350 VITR. *De arch*., VII, 1, 5-7; PLIN., *N. H.*, XXXVI, 186-187.

351 Cfr. *supra* §2.1.3.1.

352 Cfr. rispettivamente §§2.1.1.2 e 2.1.1.4.

353 BARONIO, BINDA, LOMBARDINI 1997, p. 40; MASSIDDA, MELONI, FLORIS 2007, p. 290.

354 Osservazioni già condotte in passato in merito a questo aspetto cfr. MEDRI 2000, p. 277; Medesime considerazioni sono state avanzate per motivare lo spessore ridotto dei masselli preparatori di mosaici altinati cfr. FORNASIER 2005, p. 74.

355 Miscele ad abbondante aggregato fittile negli strati – interpretabili come *rudus* – di alcuni pavimenti musivi e in *opus sectile* sono stati analizzati presso la Villa Neroniana a Montegrotto (MARITAN *et alii* 2006a). Cfr. inoltre l'analisi del sottofondo preparatorio di un pavimento musivo della villa di Classe (STARINIERI 2009, pp. 73-77).

356 PORTULANO, BUGINI, FOLLI 2002.

357 MOORE 1968. A mio avviso è forse più consono utilizzare il termine "strato di allettamento delle tessere musive", traduzione del termine usato in lingua inglese *tesserae setting bed*, impiegato da alcuni autori, come sinonimo di *sovranucleus* (WOOTTON 2012a, p. 213 e nota 38).

358 Un *vermiculatum* databile alla seconda metà del II sec. a.C è allettato direttamente su un sottile strato di stucco/grassello (*pure lime mortar*), al di sopra dei tradizionali *rudus* e *nucleus* (WOOTTON 2012a).

359 MOORE 1968, pp. 60-64; WILSON *et alii* 2004, p. 200. Il dialogo con il mosaicista Marco Santi (Gruppo Mosaicisti Ravenna) si è rivelato estremamente utile per comprendere l'importanza di tale stesura, fondamentale per la corretta posa in opera delle tessere, soprattutto se di piccolo taglio.

360 Mosaico con tessere di piccolo taglio di dimensione compresa tra 0,4 e 0,1 cm.

Singolare appare anche la composizione stessa degli strati di allettamento, in quanto la calcite spatica d'aggregato in alcune miscele del tipo ST2 è attestata esclusivamente in questi strati, mentre risulta pressoché assente in quelli sottostanti. Vi doveva essere quindi una specifica volontà nell'impiego di queste malte nelle operazioni di rifinitura che, seppur sembrino richiamare quegli spargimenti di marmo da effettuare alla conclusione dei lavori di messa in opera delle pavimentazioni musive citati da Vitruvio[361], tale confronto non risulta valido in quanto questo strato è collocato al di sotto del rivestimento stesso e obliterato da quest'ultimo[362]. Si può però ipotizzare che, man mano che procedeva la messa in opera delle tessere musive, la miscela in stucco andasse ad infilarsi tra gli interstizi risparmiati tra i tasselli, venendo così, per pressione, in superfice, dove veniva poi lisciata ad *regulam et libellam*, migliorando l'aspetto complessivo e conferendo una gradevole brillantezza alla pavimentazione musiva. Se quindi, l'utilizzo di miscele in ST2 per queste miscele risulta essere frequente, non si esclude anche l'utilizzo di malte più semplici, in puro grassello di calce, come documentato in altri frammenti preparatori di mosaici recuperati negli scavi del porto fluviale precedentemente menzionati[363]. L'espediente dell'uso di calcite negli impasti degli strati di allettamento superficiali non sembra affatto comune[364] e deve essere perciò letto come un esempio di buona conoscenza delle pratiche esecutorie da parte degli artigiani impiegati nella realizzazione di pavimenti musivi particolarmente pregiati.

Laddove non fosse necessaria la predisposizione di tali esigue stesure, come nel caso della realizzazione di mosaici monocromi con tessere a taglio centimetrico, la messa in opera poteva invece avvenire direttamente sul più grossolano cocciopesto del *nucleus,* come osservato, ad esempio, nel caso del campione CBF_PREP_18, riferibile alla preparazione di un mosaico monocromo di un corridoio di passaggio presso la Casa delle Bestie ferite.

Età medio-imperiale. Meno in dettaglio sono conosciute le tecniche preparatorie dei tessellati datati ad età medio imperiale (II-III sec. d.C.), in quanto solo due delle pavimentazioni musive prese in analisi sono inquadrabili con certezza ad orizzonti cronologici compresi tra II sec. d.C. e III sec. d.C. ed entrambe provengono dalla *Domus* di Tito Macro (COS_PREP_11; COS_PREP_15)[365]. Forse inquadrabile in questo periodo è pure un terzo tessellato, rinvenuto presso le *fauces* dell'abitazione e pertinente ad un rifacimento successivo alla fase IIa di età tardo repubblicana (COS_PREP_1)[366]. Dal pur esiguo dato in nostro possesso, i masselli preparatori di queste pavimentazioni consistono in un unico strato (*nucleus*) in cocciopesto CP 1 realizzato con una sostenuta aliquota sabbiosa che, nel complesso, rende questi composti meno tenaci rispetto a quelli di età più antica; il *rudus*, così come il vespaio preparatorio, risultano assenti[367]. I dati mineralogici desunti dall'analisi dei campioni da mosaici medio-imperiali restituiscono, pertanto, un profilo mineralogico intermedio tra quelli di età precedente (tardo repubblicana e alto imperiale) e quelli di poca tarda (fig. VIII.33).

Età tardo imperiale. In relazione all'epoca tardo imperiale (IV-V sec. d.C.), il dataset di riferimento è abbastanza ampio, in quanto annovera non soltanto i pavimenti delle *Domus* di Tito

361 VITR. *De arch*., VII; 1, 4.

362 Le medesime considerazioni sono in PORTULANO, BUGINI, FOLLI 2002, p. 644.

363 PORTULANO, BUGINI, FOLLI 2002, pp. 639-642.

364 Nella maggior parte dei casi per la realizzazione di pavimentazioni musive di età repubblicana e alto imperiale in Cisalpina è principalmente attestato l'utilizzo di stati in puro grassello senza aggregato. cfr. BUGINI, FOLLI 1996 (Santuario Repubblicano Brescia, II sec. a.C.), pp. 174-175; GUARNIERI 1996 (*Domus* di Palazzo Pasolini, Faenza, fine I a.C. - inizio I d.C.), p. 307; SFRECOLA 2014 (Mosaico di Via Marisotti, Aqui Terme, fine I d.C. - prima metà II d.C.,), p. 41; BUGINI, FOLLI, PORTULANO, ROFFIA 2012, in part. p. 169 (Villa di Desenzano, fine I a.C. - V d.C.).

365 Cfr. Cap. VI, §6.4.

366 Seppur attribuito con riserve alla fase IIIa, dall'aspetto tecnico sembrerebbe probabilmente più tardo (cfr. *supra*, Cap. VI, §6.4).

367 Alcuni di questi pavimenti però sono pertinenti a fasi di restauro al di sopra di precedenti pavimentazioni e questo aspetto va tenuto in considerazione nell'analisi della tecnica preparatoria, in quanto le pavimentazioni più tarde sfruttano direttamente il supporto offerto da quelle più antiche.

Macro e dell'area della Casa delle Bestie ferite, ma può basarsi anche sui casi analizzati dalle Grandi Terme.

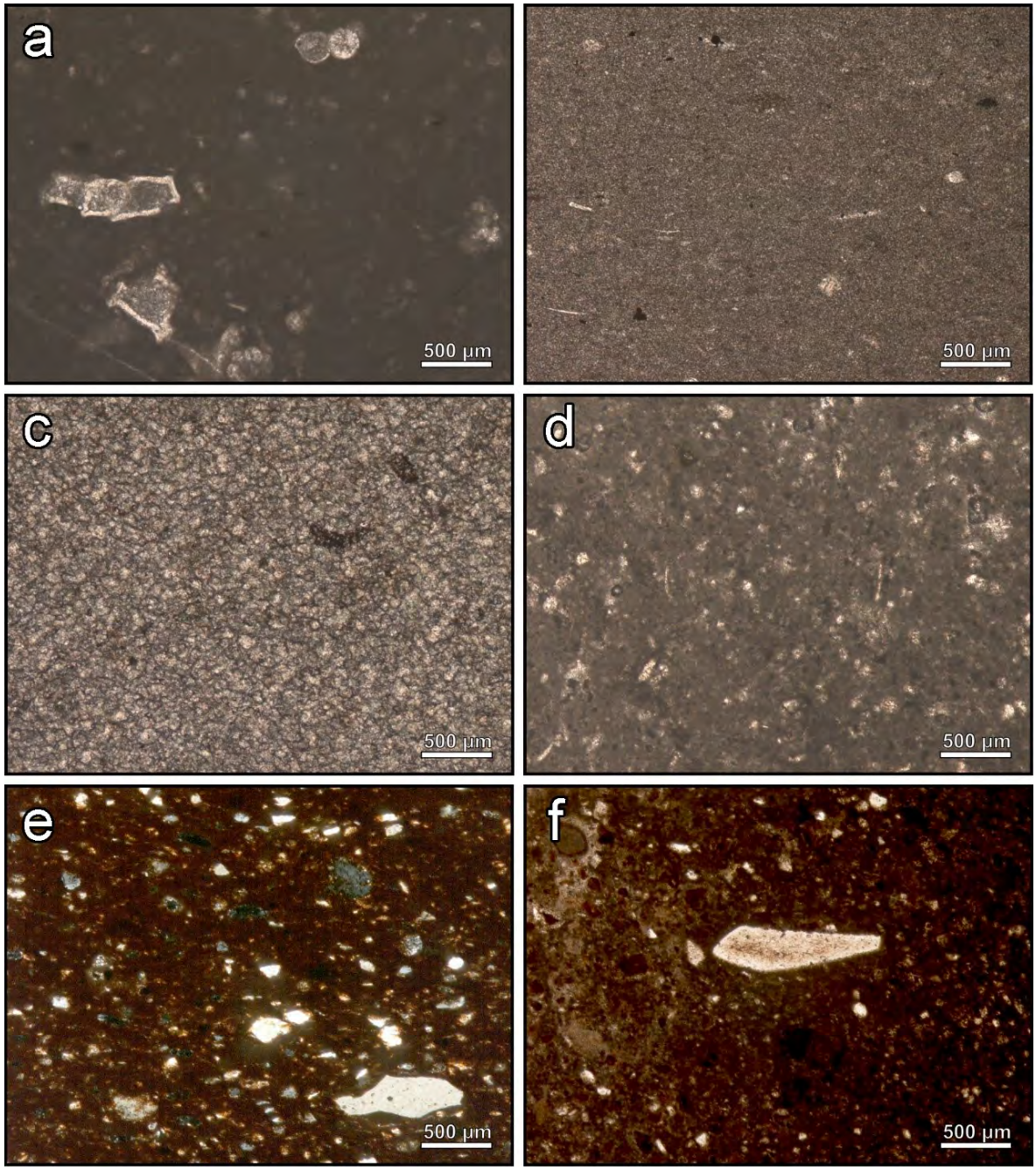


Fig. VIII.35 - Acquisizioni in microscopia ottica a luce polarizzata trasmessa a nicol incrociati e paralleli. Analisi di campioni tessere del mosaico c.d. con scene di caccia ed animali morenti dall'*Insula* della Casa delle Bestie ferite; a) Calcare tipo wackestone di tipo Scaglia Rossa; b) Calcare di tipo mudstone microsparitico con rari ostracodi e foraminiferi planctonici; c) Marmo Giallo Antico (*marmor numidicum*); d) Calcare di tipo wackestone del Carso Triestino; e) Frammento ceramico; f) Frammento di laterizio (Da BOSCHETTI, DILARIA, SALVADORI, MAZZOLI c.s.).

Le tecniche preparatorie delle pavimentazioni di questo periodo appaiono nella maggior parte dei casi nettamente distinguibili da quelle dei pavimenti più antichi (fig. VIII.36). Di frequente, le pavimentazioni musive risultano messe in opera su malte di calce del tipo LM1, friabili, porose e ad alto contenuto di grumi di calce (fig. VIII.33), stese direttamente al di sopra dei riporti di preparazione, senza l'interposizione di alcun vespaio. Perciò, il massello preparatorio

presenta uno spessore complessivo piuttosto ridotto (2,5 - 3,0 cm in media)[368]. In alcuni casi le tessere erano messe in opera su di un sottile strato di allettamento in stucco ST2 o, più spesso, in malta di calce molto grassa (LM3), accostabile al grassello puro[369].

Se, quindi, le tecniche preparatorie dei mosaici di età tardo repubblicana o alto imperiale palesino una certa aderenza con le norme vitruviane, ma con adattamenti specifici, non trovano confronto diretto, in letteratura, le preparazioni pavimentali dei tessellati tardo antichi. Ciò può essere letto anche alla luce del fatto che non sono stati redatti veri e propri manuali della costruzione in età tardo antica a prescindere dai compendi di Cetio Faventino e Palladio, dove vengono richiamate quelle che erano pratiche costruttive attestate alcuni secoli prima rispetto al periodo storico in cui vissero questi autori[370]. Come si diceva precedentemente, queste norme "teoriche" sono modelli "virtuosi" che tuttavia solo di rado trovano riscontro nelle comuni pratiche di cantiere, ad Aquileia e non solo: soluzioni preparatorie di pavimentazioni musive ancora più semplificate sono state documentate in diversi contesti della Britannia in età tardoantica[371].

Tuttavia, non mancano casi in cui si possa riscontrare il tentativo di rispettare le tradizioni "vitruviane" anche in epoca tarda. Nel principale contesto pubblico dell'Aquileia tardo imperiale, ossia nelle Grandi Terme Costantiniane, le preparazioni di pavimenti musivi del settore meridionale del complesso, sembrano porsi ancora in fedele adesione con la prassi tramandate dalle fonti dell'epoca[372]. Alcune di queste, consistono in tre strati preparatori, distribuiti in stesure, da basso all'alto, del tipo CC1b, CP1b e ST2/grassello, per uno spessore complessivo di circa 15 cm. Si dimostra come una committenza di altissimo livello riuscisse a richiamare, anche in età tardoantica, le migliori maestranze, ancora portatrici di quei saperi tramandati da generazioni.

Il fatto non appare del tutto insolito, tanto che anche altrove in edifici di lusso di area norditalica, quali la Villa di Desenzano, analisi petrografiche condotte sulle miscele preparatorie di pavimenti musivi della fase di IV sec. d.C. hanno restituito uno strutturato palinsesto a più strati di cocciopesto (*nucleus*) e cocciopesto grossolano o calcestruzzo (*rudus*)[373].

Di contro, ad Aquileia si osserva come nei contesti privati, la più limitata disponibilità economica o forse una trama di relazioni sociali più ristretta, spingesse i proprietari delle case tardoantiche a richiamare maestranze di formazione modesta. Ciò si osserva non solo nelle modalità di preparazione delle miscele ma anche nelle incerte procedure di messa in opera dei rivestimenti musivi stessi dei contesti privati, come dimostrato dall'analisi della tecnica esecutiva del mosaico con scene di caccia ed animali morenti, c.d. "Mosaico delle Bestie ferite". Errori, imprecisioni e resa finale non omogenea nelle diverse porzioni in cui è distinta la pavimentazione hanno permesso di riconoscere le "mani" dei diversi artisti, talmente diseguali sul piano tecnico, da aver lasciato avanzare l'ipotesi che non rappresentassero altro che un'aggregazione di artigiani indipendenti impegnati nella stessa opera[374]. Anche la cernita delle materie prime costituenti le tessere stesse rivela formule di recupero e riuso. Le tessere bianche e nere venivano realizzate mediante taglio di elementi di recupero in calcare o marmo, delle litologie già attestate

[368] L'inadeguatezza di tali sottofondi è visivamente costatabile dall'elevato degrado, tale da richiedere periodiche, opere di consolidamento e restauro dei mosaici; di contro le pavimentazioni antiche risultano ben più solide e tenaci, anche se sottoposte a carichi ingenti.

[369] in alcuni casi tale stesura non è stata individuata, probabilmente a causa dell'estrema friabilità della malta stessa e del degrado cui fu oggetto. cfr. *supra*.

[370] FAV. IXX, 2; PALL., *Op agr.*, I, 9, 4. Gli unici aggiornamenti riguardano esclusivamente i materiali da costruzione e le modalità di preparazione di alcune malte. Cfr. a riguardo GRECO 2011, pp. 99-136.

[371] Si veda ad esempio le modalità di costruzione del mosaico della villa tardoantica (IV sec. d.C.) di Badminton Park, in Gran Bretagna, analizzata nel dettaglio nelle sue tecniche costruttive (WOOTTON 2012b, p. 155, fig. 5), la pavimentazione sia messa in opera su uno strato di pura calce 0,2-0,3 mm al di sopra di una stesura di pura sabbia da 0,1-0,4 cm posta direttamente su di un riporto argilloso. Tale tecnica sembra caratterizzare anche mosaici in area ostiense (*ibidem*, p. 159, nota 74). Questa tecnica appare comune in Britannia in età tardoantica (COSH, NEAL 2002, p. 17).

[372] Cfr. a riguardo Cap. VI, §4.6 nonché Cap. IX, §5.

[373] Cfr. a riguardo le tecniche preparatorie della Villa di Desenzano, dove rifacimenti preparatori di pavimenti musivi in IV sec. d.C. sono realizzati con tecniche preparatorie che seguono abbastanza fedelmente lo standard "vitruviano" Cfr. BUGINI, FOLLI, PORTULANO, ROFFIA 2012, pp. 165-166.

[374] BOSCHETTI, SALVADORI 2014, p. 348.

ad Aquileia nell'ambito della realizzazione di rivestimenti musivi[375]. Non di rado inoltre i colori giallo, arancio e rosso erano ottenuti da elementi fittili o ceramici (fig. VIII.35)[376].

Di contro, seppur non sia stato effettuato alcuno studio sistematico, da una preliminare analisi si è osservato come tutte le tessere impiegate nei campioni prelevati dei mosaici della fase di impianto delle terme siano dello stesso litotipo (Scaglia Rossa). Ciò potrebbe testimoniare sistemi di commissione e approvvigionamento delle materie prime nel cantiere di questo edificio pubblico ben più strutturati ed organici di quanto visto in precedenza. Ma, d'altro canto, anche la qualità dei repertori e degli schemi figurativi rispecchia la vivacità e l'assoluta qualità di queste pavimentazioni nel panorama tecnico dell'Aquileia tardoantica, che non trovano paragoni con le soluzioni adottate in seguito[377].

Tuttavia, anche nelle stesse terme, i mosaici delle fasi di restauro di V sec. d.C. (fase III) non sembrano discostarsi, sotto il piano tecnico-esecutivo, da quanto già descritto in relazione alle pavimentazioni dei contesti privati del periodo e l'assenza di *statuminationes* diviene generalizzata.

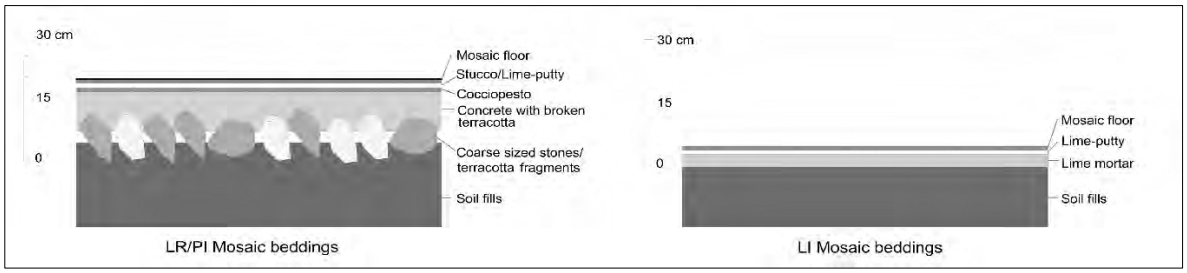


Fig. VIII.36 – Rappresentazione in sezione delle tecniche preparatorie di pavimenti musivi aquileiesi. A sx) Tecnica preparatoria di tessellati di età repubblicana e alto imperiale; a dx) tecnica preparatoria di tessellati di età tardo antica (modificata da SECCO *et alii* 2018, fig. 1c, p. 187).

3.5.2 - *Preparazioni di pavimenti in* opus sectile

Le prestigiose pavimentazioni in *opus sectile* erano adottate come rivestimento nelle più lussuose sale di rappresentanza delle case o dei palazzi aquileiesi. I *sectilia* analizzati, limitati a soli cinque casi[378], non sono in numero sufficienti da permettere di trarre delle conclusioni che possano definire delle tendenze di massima, ma si osservano comunque degli aspetti di interesse circa le tipologie di miscele leganti impiegate nelle preparazioni (fig. VIII.37).

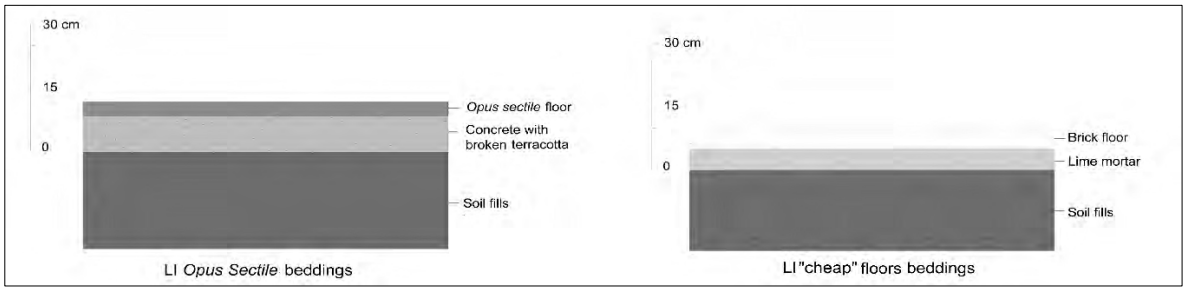


Fig. VIII.37 – Rappresentazione in sezione delle tecniche preparatorie di pavimenti aquileiesi in *opus sectile* e in mattonato. A sx) Tecnica preparatoria di pavimentazione in *opus sectile*; a dx) tecnica preparatoria di pavimenti in mattonato (modificata da SECCO *et alii* 2018, fig. 1c, p. 187).

375 PORTULANO, BUGINI, FOLLI 2002.

376 BOSCHETTI, DILARIA, MAZZOLI, SALVADORI, c.s.

377 NOVELLO 2017, p. 530.

378 Tre provengono dalle abitazioni presso l'*Insula* della Casa delle Bestie ferite; uno è impiegato al centro di una vasca nella casa di Tito Macro e uno costituisce il *frigidarium* delle Grandi Terme. Cfr. Cap. VI, §4.4; 5.4; 6.4.

Di tutti i *sectilia* documentati, solo in un caso è attestato il vespaio di fondazione. Il numero di strati preparatori appare piuttosto variabile da tre (*sectile* della vasca della *Domus* di Tito Macro), ad uno solo (*sectilia* tardo antichi delle case dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite). Il grande pavimento in *opus sectile* databile al IV sec. d.C. del *frigidarium* delle Grandi terme, presenta una preparazione pavimentale ben più complessa, caratterizzata da due livelli in cocciopesto alternati a due stesure di materiale sciolto composto da anfore poste di taglio, per uno spessore totale di 90 cm[379]. Inoltre, anche a causa delle ingenti dimensioni (8,40 x 10,30 m), la messa in opera della pavimentazione fu effettuata in un arco temporale piuttosto dilatato e probabilmente oggetto di restauri periodici, come testimoniato anche dalle differenze composizionali dei campioni prelevati in due punti differenti della pavimentazione[380].

Secondo quanto prescritto dalle fonti, le tecniche preparatorie dei *sectilia* pavimentali non dovevano differire da quelle adottate per i pavimenti musivi[381]. Al di sotto del pavimento in tarsie litiche doveva esservi quindi il *nucleus*, in cocciopesto, poggiante su di un *rudus* in calcestruzzo. Effettivamente, in uno dei *sectilia* più antichi (CBF_PREP_13) è presente un potente livello in malta di cocciopesto, identificabile con il *rudus*, su cui è poi steso un ulteriore strato di cocciopesto, funzionale all'allettamento delle lastrine litiche (*nucleus*). Questo è però l'unico caso direttamente confrontabile con le fonti, essendo datato ad un periodo più o meno coevo al periodo di stesura del trattato vitruviano. Se il pavimento proveniente dalla *Domus* di Tito Macro presenta una stratigrafia più complessa (strato di allettamento in cocciopesto CP1 con calcite spatica; strati di cocciopesto con polvere fittile CP1b, strato in cocciopesto grossolano, non campionato), i *sectilia* tardi delle abitazioni dell'*Insula* dalla Casa delle Bestie ferite sono invece realizzati direttamente su di un unico strato in cocciopesto CP1b, steso direttamente su riporti terrosi.

Nel complesso, non sembra esservi una tradizione costruttiva prevalente. Anche altrove nella *Venetia*, le pavimentazioni in *opus sectile* risultano realizzate su sistemi di preparazione spessi e complessi dal punto di vista stratigrafico[382], ma non sono assenti casi in cui queste tipologie pavimentali vengano messe in opera su stesure di spessore piuttosto modesto[383]. Le dimensioni e la destinazione funzionale del pavimento non sembrerebbero inoltre condizionare troppo le modalità costruttive della preparazione; anche la cronologia di produzione, diversamente da quanto osservato per i mosaici, non sembra essere un fattore determinante nella qualità delle tecniche preparatorie dei *sectilia*.

Un aspetto di interesse ricorrente nelle preparazioni di questi rivestimenti sta nella composizione delle miscele in esse impiegate. Come già detto, tutti i livelli preparatori consistono in strati di cocciopesto o ad elevata frazione fittile, mentre il cocciopesto grossolano appare assente, o impiegato esclusivamente nelle stesure preparatorie più profonde. La classazione granulometrica complessiva dell'aggregato fittile appare maggiore nelle stesure di supporto di *sectilia* rispetto a quanto osservato per i mosaici. La presenza di polvere fittile nelle miscele preparatorie permette di ascrivere gran parte dei campioni analizzati al sottotipo CP1b. Le analisi XRPD dimostrano la presenza di alluminati di calcio idrati, ossia fasi di tipo AFm, prodottesi in seguito all'interazione pozzolanica tra il legante calcico e la polvere fittile (fig. VIII.38). Seppur l'analisi petrografica sembri attestare una più ridotta occorrenza di polvere fittile rispetto alle

[379] FALES *et alii* 2003, p. 200. La campionatura del pavimento è stata particolarmente complessa a causa del degrado e della copertura con manto vegetale cresciuta sul pavimento nel corso del tempo, per cui non è chiaramente ricontestualizzabile il punto preciso di campionamento con la stratigrafia preparatoria.

[380] Cfr. Cap VI, §4.6.

[381] Cfr. §3.5.1.

[382] Nella Villa neroniana a Montegrotto Terme, un pavimento in *sectile* poggia su di un livello esteso di cocciopesto grossolano spesso circa 20 cm (ZANOVELLO, BRESSAN, ONNIS 2011, pp. 380-381 e fig. 3. p. 393); presso la Villa di Desenzano un pavimento in *opus sectile* della seconda metà del IV sec. d.C. è realizzato sopra una preparazione di quattro strati, per uno spessore complessivo di oltre 30 cm (BUGINI, FOLLI, PORTULANO, ROFFIA 2012, p. 166).

[383] Ancora, nella Villa neroniana a Montegrotto Terme, un altro pavimento in *opus sectile* rispetto a quello sopra menzionato (cfr. nota precedente) è realizzato su una preparazione piuttosto esigua (ZANOVELLO, BRESSAN, ONNIS 2011, pp. 380-381).

malte di cocciopesto predisposte per infrastrutture idrauliche per la conservazione dell'acqua (vasche), i risultati delle indagini XRPD-*bulk* restituiscono occorrenza di fasi pozzolaniche di tipo AFm del tutto comparabili con i valori osservati per le miscele predisposte per la realizzazione di vasche aquileiesi[384]. Questo dato garantisce la buona qualità delle malte di cocciopesto che costituivano il massello preparatorio di pavimenti in *opus sectile*. Tale evidenza sperimentale conferma le ipotesi avanzate in sede di studio petrografico sull'utilizzo di polvere fittile. Le analisi SEM-EDS sembrano confermare le analisi mineralogiche, dato che il *CI index* misurato nelle matrici dei composti in questione appare costantemente superiore a 0.7, indicativo delle miscele idrauliche[385]. Tale caratteristica non sembra del tutto insolita, tanto che l'occorrenza di fasi pozzolaniche nelle malte preparatorie di *sectilia* pavimentali è già stata documentata anche in altri contesti, sulla base dell'evidenza desunta tramite indagini SEM-EDS[386]. L'uso della polvere fittile era quindi finalizzato a migliorare le qualità meccaniche e la resistenza dei supporti destinati a sorreggere un carico statico sicuramente maggiore rispetto a quello portato dai rivestimenti musivi; solo nelle situazioni in cui la pavimentazione fosse posta a diretto contatto con l'acqua, come nel caso del *sectile* al centro della vasca della *Domus* di Tito Macro, di primaria importanza era dotare il massello preparatorio delle adeguate qualità impermeabilizzanti[387].

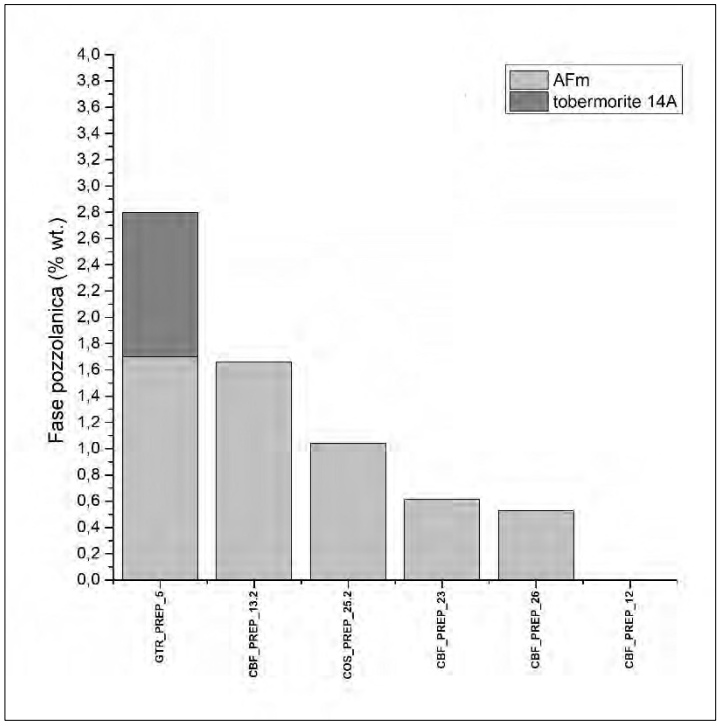


Fig. VIII.38 - Istogrammi comparativi dell'occorrenza di fasi pozzolaniche nei campioni prelevati da preparazioni pavimentali di pavimenti in *opus sectile* aquileiesi. I valori sono desunti da indagini quantitative XRPD-*bulk* trattate con metodo Rietvield (cfr. Cap. V, §3.3).

La limitata attestazione di *sectilia* ad Aquileia[388] dimostra quanto fosse prestigioso e oneroso permettersi una pavimentazione di questo tipo[389], per la cui realizzazione venivano sicuramente richiamate maestranze dotate di una discreta esperienza, come comprovato dalla "qualità" delle stesure preparatorie. Ancora una volta si osserva come la preparazione del *frigidarium* delle Grandi terme costantiniane restituisca qualità pozzolaniche di gran lunga maggiori rispetto a quanto osservato in tutti gli altri casi documentati, data la formazione di rilevate tobermorite 14Å, fase assente in tutte le altre miscele prelevate da preparazioni pavimentali. Ancora una volta si può quindi dimostrare l'elevata perizia tecnica delle maestranze operanti nel cantiere delle terme tardo antiche.

384 Cfr. §3.4.2.

385 BOYNTON 1980, pp. 274-275; BANFILL, FORSTER 1999, p. 177).

386 ZANDA, TULIANI, MONTARO 2004, p. 794. Si rinvengono silicati di calcio idrati in seguito a diffrazione di strati preparatori in cocciopesto di un *opus sectile* da Aqui Terme; Sulla base dei risultati di indagini SEM-EDS anche i campioni di preparazione di due *sectilia* da Firenze (Cortile Romano) appaiono sensibilmente più pozzolanici rispetto ai campioni da preparazioni di pavimenti musivi. Ciò è dovuto alla più sostenuta occorrenza in queste pavimentazioni di polvere fittile (STARINIERI 2009, pp. 109-110 e fig. 73, p. 109).

387 Sui processi di reazione pozzolanica e loro proprietà cfr. Cap. III, §3.

388 GHEDINI, NOVELLO 2017, p. 538.

389 Per un'analisi dei costi di un pavimento in *opus sectile* dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite sulla base dell'editto dei pressi dioclezianeo cfr. MARESO 2013/2014.

3.5.3 - *Preparazioni di altre tipologie pavimentali*

Sono stati presi in esame, per confronto, anche campioni provenienti da tipologie pavimentali differenti da quelle precedentemente descritte e, nel complesso, meno attestate ad Aquileia rispetto alle pavimentazioni in tessellato. I cementizi, in particolar modo, rappresentano solo il 2% delle tecniche pavimentali attestate nel centro antico[390]. Difficile quindi stabilire delle relazioni di massima per quanto riguarda le modalità preparatorie di queste tipologie pavimentali in quanto il campione statistico preso in esame è piuttosto ridotto (< 10 campioni). Pur con queste premesse sono state documentate soluzioni preparatorie differenti anche in relazione alla medesima tipologia pavimentale.

3.5.3.1 – Preparazioni di pavimenti in cementizio

Come osservato tramite analisi *in situ,* nei pavimenti in cementizio vi sono soluzioni preparatorie che prevedono la stesura di livelli in malta o calcestruzzo al di sotto del rivestimento e casi in cui il rivestimento stesso è messo in opera direttamente su un vespaio preparatorio in materiale misto a prevalenza fittile, come individuato in tre pavimenti presso l'*Insula* della Casa delle Bestie ferite[391], di cui uno è stato preso in esame (cfr. CBF_PREP_71)[392].

In altri casi invece la pavimentazione è disposta al di sopra di allettamenti in cocciopesto grossolano, senza l'interposizione di alcun vespaio. È questo il caso di un pavimento in cementizio a base fittile proveniente dalla *Domus* di Tito Macro di età alto imperiale (COS_PREP_16). Dal punto di vista composizionale, la preparazione analizzata consiste in un unico strato in cocciopesto grossolano del tipo CBT1, del tutto affine ai campioni degli strati preparatori più profondi (*rudus*) del massello dei mosaici di età tardo repubblicana o alto imperiale[393].

Seppur le tecniche preparatorie dei cementizi studiati siano differenti, non sembrano neppure esaurire tutte le soluzioni attestate dalla casistica archeologica per questa tipologia pavimentale[394]. Le fonti letterarie purtroppo non forniscono alcuna indicazione circa le tecniche preparatorie di questa tipologia di pavimentazioni[395].

3.5.3.2 – Preparazioni di pavimenti in grandi tessere fittili e lapidee

Sono state analizzate le miscele preparatorie di due pavimentazioni in grandi tessere fittili e lapidee, una proveniente dalla *Domus* di Tito Macro e l'altra dalle Grandi Terme[396]. Tali preparazioni si presentano del tutto differenti come tecnica realizzativa. La prassi principale ad Aquileia[397] ed in altri contesti delle *Venetia*[398] appare quella di realizzare queste pavimentazioni su stesure in malta di calce direttamente al di sopra di riporti terrosi. Questa tecnica è stata riscontrata esclusivamente nel campione proveniente dalle Grandi Terme (GTR_PREP_2). Fa eccezione quindi, in questo scenario, il campione proveniente dalla preparazione della pavimentazione in grandi tessere fittili documentata nel cubicolo orientale della *Domus* di Tito Macro, costituita da un cocciopesto grossolano del tipo CBT1 (COS_PREP_8) del tutto affine composizionalmente alle

390 GHEDINI, NOVELLO 2017, pp. 537-538.
391 Cfr. DILARIA 2013/2014, scheda Aq CBF PREP 35 e Aq CBF PREP 46. a
392 Cfr. Cap. VI, §5.4.
393 Cfr. per l'*Insula* della Casa delle Bestie ferite Cap. VI, §5.4; per la *Domus* di Tito Macro Cap. VI, §6.4.
394 Per i confronti con le tecniche preparatorie cfr. DILARIA 2013/2014, pp. 225 e note 521, 522.
395 Richiami in Columella e Palladio riguardano esclusivamente le modalità di costruzione del rivestimento cementizio stesso (cfr. *infra*).
396 Cfr. rispettivamente Cap. VI §§6.4, 4.4.
397 Da una analisi macroscopica, sembrano composte quasi esclusivamente da sabbie, mescolate ad una frazione estremamente ridotta di legante, probabilmente a base calcarea cfr. DILARIA 2013/2014, p. 227.
398 DILARIA 2013/2014, p. 228, nota. 533.

stesure preparatorie più profonde delle pavimentazioni musive della casa di età repubblicana[399]. Sembra quindi che la medesima maestranza impegnata nella realizzazione degli strati preparatori più profondi della corte (operai alle dipendenze dei mosaicisti?) fosse impegnata anche nella realizzazione di preparazioni di altre tipologie di pavimenti.

3.5.3.3 - Preparazioni di pavimenti in mattonato

Sono stati presi in esame anche i supporti preparatori di due pavimentazioni in mattonato, una proveniente dall'anfiteatro e l'altra dalla *Domus* di Tito Macro, datate rispettivamente ad età alto imperiale e tardo antica[400]. Le tecniche preparatorie sembrano differenti. Dal punto di vista petrografico, la preparazione del pavimento in mattoni di uno dei corridoi sottostanti l'*ima cavea* dell'anfiteatro (BRU_PREP_4) consiste in una stesura in cocciopesto grossolano del tipo CBT1 estremamente poroso e magro. Proprio il pavimento più antico trova maggiori richiami con le pratiche costruttive dei pavimenti *de testa arida (mattoni?)* che secondo Rutilio Palladio, dovevano essere realizzate su livelli preparatori in cocciopesto[401].

Nel secondo caso, il campione COS_PREP_5 è una malta di calce del tipo LM1 a consistenza friabile. I pochi clasti di aggregato di dimensioni > 0,5 cm sono costituiti da laterizi di riuso, clasti di calcare micritico, frammenti di tessere musive e diffusa presenza di frammenti di intonaco. L'uso di malta di calce risulta essere attestato anche nelle stesure preparatorie di altre pavimentazioni di questo tipo ad Aquileia in età tardo antica[402].

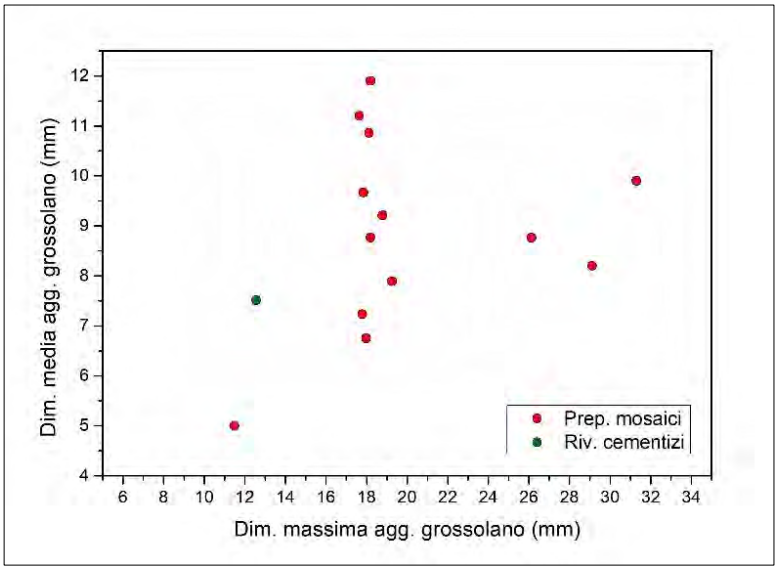


Fig. VIII.39 - Grafico distributivo dei campioni di cocciopesto grossolano impiegati con funzione di rivestimento pavimentale (cementizi) e preparatorio di masselli di mosaici in base al rapporto tra la distribuzione dimensionale media dell'aggregato fittile grossolano (asse X) in relazione all'aggregato fittile fino (asse Y). I valori espressi in millimetri sono stati desunti da misurazioni dirette dei clasti d'aggregato secondo la procedura esposta al Cap. V, §3.1. Si osserva una discreta classazione dell'aggregato fittile nel campione di pavimento cementizio CBF_PREP_71, rispetto ai campioni provenienti da masselli preparatori di pavimenti musivi.

3.6 - RIVESTIMENTI E PIANI PAVIMENTALI

I campioni afferenti con certezza a piani pavimentali sono solo quattro, e sono tra loro differenti.

3.6.1 - *Pavimenti in cementizio*

L'unico campione proveniente da un pavimento cementizio a base fittile di età medio imperiale è CBF_PREP_71[403]. Esso consiste in una stesura in cocciopesto grossolano di tipo CBT1 molto compatta. L'aggregato è costituito pressoché esclusivamente da frammenti fittili ben amalgamati e la miscela sembra di fattura migliore rispetto a quelle predisposte nei livelli preparatori di pavimenta-

399 Cfr. *supra*.
400 Cfr. rispettivamente Cap. VI, §§3.4, 6.4.
401 PALL, *Op. agr*. I, 9, 1.
402 Una pavimentazione in mattoni sesquipedali dalle case occidentali dell'Insula della Casa delle Bestie ferite presenta una preparazione non dissimile da quella qui analizzata (DILARIA 2013/2014, scheda AqCBF_PREP_33). Per ulteriori confronti cfr. *ibidem*, p. 229, e nota 537.
403 Cfr. Cap. VI, §5.4.

zioni musive; innanzitutto, la tenacità e la coesione del campione è maggiore. Ciò può essere dovuto alla ridotta porosità, derivata dall'opera di spianamento del composto con pestelli, con suggerisce la leggera iso-orientazione dei clasti fittili. Va inoltre evidenziato come rispetto ai cocciopesti grossolani impiegati nei livelli preparatori, la distribuzione granulometrica dell'aggregato sia inferiore e la classazione superiore (fig. VIII.39).

3.6.2 - *Piani in malta*

Due sono i piani in malta da cui sono stati prelevati campioni (COS_PREP_23; CBF_PREP_38). Probabilmente riferibili a stesure di cantiere non permanenti, entrambi i campioni sono costituiti da malte di calce di tipo LM3 di fattura scadente. L'occorrenza di grumi è sempre elevata, la distribuzione dell'aggregato non omogenea e la miscelazione del composto ridotta. Plaghe nell'aggregato sono frequenti così come infiltrazioni con frazione terrigena. A fini sgrassanti sono spesso aggiunti alle miscele grossolani frammenti fittili, lapidei e resti osteologici nonché, in alcuni casi, intonaci e malte di riciclo[404].

È stato infine analizzato un campione di un esteso battuto in malta di terra per esterni costituente il piazzale antistante il teatro aquileiese (COM_PREP_6) di datazione ancora incerta[405]. Come già detto il composto è costituito da una malta di terra del tipo CSM2 con aggregato litico non selezionato, rappresentato da sabbia carbonatico-silicatica, ghiaia e frammenti lapidei. La frazione , minimamente classata, è anche presente e distribuita soprattutto sulla superficie del piano, forse con fini di blando impermeabilizzante.

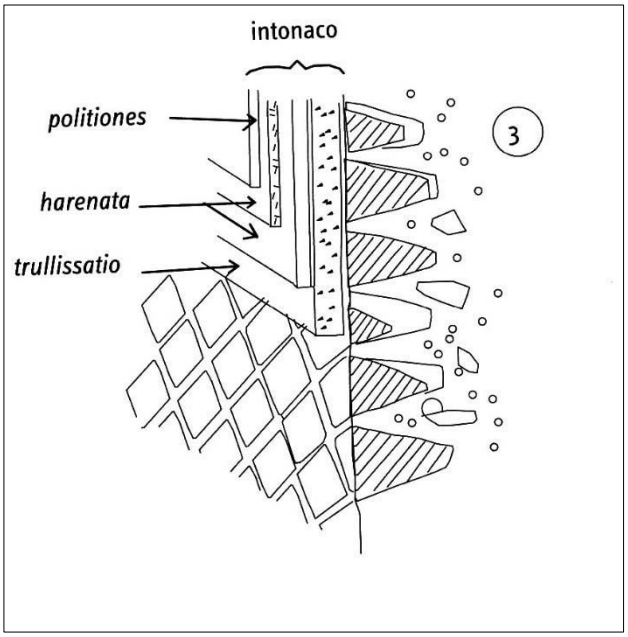


Fig. VIII.40 – La stesura del *tectorium* parietale secondo Vitruvio (VITR., VII, 3, 6). Ricostruzione tratta da GIULIANI 2006, fig. 2, p. 187.

3.7 - INTONACI E RIVESTIMENTI PARIETALI

Sono stati analizzati un totale di 63 campioni afferenti a intonaci di rivestimento parietale. La maggior parte di questi proviene da contesti secondari o di riporto e solo una minima parte è stato invece prelevato direttamente da strutture conservatesi *in situ*[406].

Ciò premesso, deve essere anche ribadito come non sia possibile essere certi che i campioni analizzati rappresentino sempre la totalità degli strati di *tectorium* dei supporti parietali, in quanto il riconoscimento e recupero di questi materiali in fase di scavo è, nella stragrande maggioranza dei casi, limitato ai soli frammenti che presentano ancora la patina pittorica in adesione. Ciononostante, anche considerando i pochi casi in cui il prelievo è avvenuto da rivestimenti pittorici conservati *in situ*[407], solo in rari casi la stratigrafia preparatoria complessiva, se raffrontata con

[404] Cfr. Cap. rispettivamente Cap. VI, §§6.4, 5.4.

[405] Cfr. Cap. VI, 2.4.

[406] Cfr, Cap. VII, §1. Quando qui discusso ha già trovato una preliminare pubblicazione, in relazione ad intonaci tardo antichi, in SEBASTIANI *et alii* 2019. Cfr. DILARIA, SBROLLI 2018 per una analisi specifica degli intonaci recuperati dagli scavi dell'anfiteatro di Aquileia.

[407] Cfr. a riguardo, Cap. VII, §1.2.

quanto definito dalle fonti storiche, rispetta la successione vitruviana consigliata per il *tectorium* dell'*opus albarium*. Questa prevedeva che, su di uno strato di rinzaffo preparatorio (*trullissatio*) in diretta adesione alla struttura muraria, venissero stesi poi al di sopra tre strati di arriccio (*coria ad harenatum*), a loro volta sottoposti ad altrettanti strati di intonachino (*politio*) resi con calce e polvere di marmo o calcite spatica (*coria ad marmoratum*) (fig. VIII.40)[408]. Tutti i campioni analizzati, che solo in rarissimi casi raggiungono il novero di 5 strati e sono più spesso compresi in numero di 2 o 3[409], richiamano soluzioni preparatorie semplificate e pertanto sconsigliate dalle fonti ma probabilmente largamente adottate in antico[410]. Vitruvio rammenta infatti come la stesura di un solo strato di arriccio preparatorio ad un secondo di intonachino tenda a rendere il *tectorium* meno solido e la decorazione pittorica meno vivace e brillante[411].

Se, nel complesso, si osservano alcune differenze rispetto alle pratiche teoriche, valide per tutti i campioni analizzati, anche la cronologia a cui sono ascritti i diversi nuclei sembra essere un fattore che influenza le tecniche preparatorie degli intonaci aquileiesi. Notevoli differenze occorrono infatti tra età repubblicana e tardoantica nei metodi di realizzazione degli strati del *tectorium*, nonché nelle modalità e selezione dei pigmenti.

La destinazione funzionale degli edifici e dei vani stessi non sembra incidere nelle tecniche preparatorie. In altre parole, il contesto architettonico, sia esso pubblico o privato, non sembra pertanto incidere in maniera preponderante sulle modalità realizzative con cui sono eseguite le stesure preparatorie e le tecniche di applicazione dei pigmenti stessi.

Età repubblicana e alto imperiale. Se la stratigrafia "virtuosa" nelle tecniche preparatorie di *tectoria* di intonaci non sembra essere mai rispettata, di contro, in tutti i campioni afferenti a età repubblicana o alto imperiale (I-IV stile pompeiano), si è potuta constatare una fedele adesione alla tradizione scritta per ciò che riguarda i materiali da impiegare nei diversi strati: riferendosi all'intonachino, Vitruvio esortava l'utilizzo di diversi tipi di *marmora*, tra cui i migliori sono i cristalli di vena che nella letteratura moderna vengono riconosciuti nei grani di calcite spatica, che si formano all'interno delle venatura dei calcari per precipitazione di carbonati. Solo laddove non fossero disponibili, si potevano utilizzare frammenti di marmo, recuperando le schegge avanzate dai marmisti[412]. Sotto questo punto di vista, l'adesione alla fonte letteraria è assoluta. La presenza di calcite spatica negli intonaci è infatti attestata in tutti i campioni di età repubblicana e alto imperiale analizzati in questo studio. L'impiego di marmo nell'intonachino non è invece mai preponderante e la sua ricorrenza si allinea perfettamente con quanto noto sulla circolazione di questo materiale ad Aquileia, le cui prime attestazioni non risalgono a prima della metà del I sec. a.C.: assente nei campioni di I stile, dove è impiegata esclusivamente calcite di vena, sporadico marmo è presente dai campioni di III-IV stile in poi, con un leggero incremento in età medio-imperiale, forse come indice dell'inizio della diffusione della pratica del reimpiego[413]. Ciò sembra essere assolutamente in accordo con quanto già osservato circa le tecniche di produzione di intonaci in nord Italia per il periodo in esame[414].

La "qualità" complessiva del prodotto finito è difficilmente valutabile, ma nel complesso appare sempre buona; si osserva come, in particolare, gli intonaci di I stile siano connotati per

[408] VITR., VII, 3, 6.

[409] Ciò sembra una caratteristica comune nella preparazione di affreschi, che, anche nei casi meglio conservati, raramente superano i 5 strati (CAGNANA 2000, p. 142); in Lombardia gli intonaci presentano in genere due soli strati, ovvero intonachino e arriccio (BUGINI, FOLLI 2013, p. 44). Tale caratteristica sembra comune anche in area centro-italica, come osservato per la *Domus* dei *Vetii* (PRISCO 2005, in part. p. 366).

[410] GRECO 2011, p. 71 e nota 338.

[411] VITR. *De arch*., VII, 3, 8-9.

[412] Cfr. Cap. §1.3.2.1. Sull'impiego e provenienza della calcite spatica e del marmo in relazione alla loro applicazione negli intonaci.

[413] Sul tema è stato recentemente presentato un poster al Convegno AIPMA di Napoli dove viene discussa la presenza del marmo negli intonaci aquileiesi, e analizzata la sua provenienza che è da ricondurre al reimpiego di schegge avanzate da marmisti.

[414] Ovunque nella Cisalpina romana l'uso di calcite spatica era prevalente sul marmo. Cfr. a riguardo §1.3.2.1.

un intonachino di ottima fattura, con clasti di calcite spatica moderatamente selezionati e perfettamente miscelati in malte di stucco del tipo ST1, con porosità minima e ottima tenacità, a rapporto L/A compreso tra 1:1.5-1:2 (INT GR 1). Il pigmento risulta prevalentemente steso a secco. La "qualità" del prodotto appare leggermente inferiore in intonaci di III-IV stile, o più genericamente inquadrati in età alto imperiale. La classazione è minore, così come la distribuzione areale dei clasti nella mescola meno rigorosa[415].

Per quanto riguarda la superficie pittorica, è stato possibile evidenziare una paletta cromatica standard, che testimonia l'utilizzo dei pigmenti canonici in età romana[416]. Gli intonaci di II-IV stile presentano in genere una stratigrafia di stesure pittoriche complessa: il colore di fondo steso in due o, più spesso, un solo strato, è dato a fresco ed è quasi sempre di colore giallo (ocra gialla - goethite) o, più raramente, rosso (ocra rossa - ematite). Non è raro che la stesura di fondo gialla possa essere totalmente obliterata da quella soprastante di colore rosso. Ciò si può interpretare come un espediente di carattere estetico volto a far risaltare ulteriormente il pigmento rosso soprastante, secondo una modalità già riscontrata anche in altri contesti[417]. Su di queste stesure pittoriche di fondo potevano poi essere disposte sovra-dipinture a secco.

Oltre alla sovrapposizione degli strati pittorici, non è infrequente che l'intonachino stesso sia steso in più strati e quello più superficiale consista in una malta in stucco del tipo ST1 miscelata con pigmento, sempre del colore rosso (ocra rossa), che conferisce alla malta un colore rosato[418]. La tecnica della "malta pigmentata" non sembra sconosciuta in età antica[419]. Un'attenta analisi delle modalità di applicazione di questo strato ne può consentire una chiara distinzione dalla più comune tecnica dell'affresco[420]. I toni del verde sono spesso frutto della miscelazione di terra verde (celadonite) e blu egizio (cuprorivaite), pigmento pregiato che conferiva una piacevole resa estetica finale[421].

Per quanto riguarda gli strati sottostanti del *tectorium* (arriccio e rinzaffo), sono utilizzate soprattutto delle malte del tipo LM1, a granulometria variabile (INT GR 5). In alcuni casi possono essere utilizzate malte che si accostano al gruppo LM2, in campioni afferenti a I-II stile (INT_GR_5b). Le sabbie e ghiaie impiegate trovano confronto con i depositi sedimentari del sistema isontino[422]. Di contro a quanto comunemente noto nelle stesure preparatorie, si osserva non di rado una progressiva riduzione nella distribuzione dimensionale dell'aggregato sabbioso dall'alto verso gli strati più profondi del *tectorium*[423], in controtendenza con quanto più comunemente attestato[424].

Tecniche particolari sono state saltuariamente documentate. L'aggiunta di una percentuale di calcite spatica negli strati di arriccio immediatamente sottostanti l'intonachino caratterizza alcuni campioni provenienti dalla *Domus* di Tito Macro presso i fondi ex-Cossar, afferenti ad un nucleo di III stile (INT_GR_5a)[425].

---

[415] Leggere modificazioni nelle tecniche di produzione di intonaci tra I e IV stile son state osservate anche in relazione a nuclei da Ostia (cfr. per una relazione preliminare CAVALIERI, TOMASSINI, MARANO 2018, p. 212).

[416] SIDDAL 2006.

[417] Tale espediente è stato riscontrato in relazione alla decorazione parietale dell'*oecus* (q) della *Domus* dei *Vettii* a Pompei (cfr. PRISCO 2005, 357 e nota 20), dell'aula occidentale del santuario di Brescia (cfr. BUGINI, FOLLI, VAUDAN 2000, 120; MEUCCI 2002, 73-74). Non mancano inoltre anche ulteriori esempi di area provinciale (BARBET 1995, 73).

[418] Cfr. DILARIA, SBROLLI 2018, fig. 93, p. 157.

[419] Osservato anche altrove cfr. WEBER *et alii* 2009, p. 590.

[420] PIOVESAN, MAZZOLI, MARITAN, CORNALE 2012.

[421] Questa tecnica non sembra essere estranea in nord Italia del periodo repubblicano ed alto imperiale. Il verde risulta in una combinazione di terra verde e blu egizio anche nelle pitture dell'aula occidentale del santuario repubblicano di Brescia (BUGINI, FOLLI, VAUDAN, 2010, p. 120; MEUCCI 2002, 74); talvolta terra verde è aggiunta a prevalente blu egizio per la realizzazione di tonalità quali il verde acqua come attestato in alcuni intonaci (campione H) rinvenuti negli scavi di Via S. Martino e Solferino a Padova (MAZZOCCHIN, MAZZOCCHIN, RUDELLO 2011, p. 182).

[422] Cfr. §1.3.1.1.

[423] Cfr. ad esempio la stratigrafia del campione CBF_INT_7.

[424] Il rinzaffo è infatti considerato come la stesura preparatoria più grossolana (NIMMO 2001).

[425] Cfr. Cap. VII, §1.3.1

L'uso di malte di cocciopesto del tipo CP1 negli strati di rinzaffo è ricorrente nei campioni del medesimo nucleo, proveniente, con tutta probabilità, da un ambiente riscaldato e dotato di vasca (INT Gr 6a)[426]. Anche in questo gli strati ad aggregato fittile più grossolano (< 4,0 mm) sono disposti al di sopra di altri con aggregato fittile più fino (< 1,5 mm) (INT Gr 6b). Seppur, come visto, le proprietà impermeabilizzanti delle malte analizzate siano particolarmente deboli o nulle, la pratica di stendere livelli preparatori più profondi dei *tectoria* con miscele composte da calce e frammenti fittili viene menzionata da Vitruvio in relazione ai rivestimenti pittorici da predisporre in ambienti umidi[427]. Del tutto affine come tecnica è un campione proveniente dagli scavi presso l'area dell'anfiteatro (BRU_INT_2), dove la stratigrafia e la tipologia delle malte impiegate appare la medesima del nucleo di III stile dai fondi ex-Cossar[428].

Per dotare della dovuta leggerezza porzioni decorative destinate a soffitti o a porzioni murarie a craticcio, non ritroviamo infine, negli impasti dei *tectoria*, prova dell'impiego di pomici (*impensa pumicae*)[429], sostituite, anche in questo caso, da soluzioni più economiche (paglia)[430].

Età medio e tardo imperiale. Se da un lato, come già visto riguardo le tecniche preparatorie dei pavimenti[431], la tradizione tecnica "teorica" sulle tecniche di realizzazione dell'*opus albarium*, si mantenne pressoché immutata nei testi degli autori di età medio imperiali e tardo antico[432], le pratiche adottate nella realizzazione degli intonaci parietali aquileiesi analizzati risultano mutare sensibilmente non tanto nelle caratteristiche delle materie prime in essi impiegati, ma soprattutto nelle modalità di messa in opera. Per ciò che concerne la preparazione dell'intonachino, si osservano delle linee di tendenze con una frequenza che appare sistematica, ossia: i) spessore complessivo progressivamente più esiguo delle stesure di intonachino di età medio imperiale e tardo antica rispetto al periodo repubblicano-alto imperiale (Fig. VIII.41, a); ii) progressiva carenza, tra la frazione d'aggregato nell'intonachino, della calcite e della polvere di marmo, a fronte di una presenza più sostenuta di sabbia carbonatica (calcare e dolomia) o silicatica (selce e quarzo). Tale tendenza, che comincia a osservarsi in intonaci di età medio imperiale (INT Gr 2), appare esasperata negli intonaci tardo antichi dove i clasti di calcite spatica e marmo sono pressoché assenti (INT Gr 4) (fig. VIII.41, b)[433]. Ciò deve essere ricollegato ad una minor attenzione nella cernita delle materie prime e alla messa in opera del *tectorium*[434]. In alcuni casi l'intonachino consiste addirittura in una stesura con minima frazione d'aggregato, quasi del tutto accostabile al puro grassello (INT Gr 3); iii) aumento dell'uso di legante in proporzione all'aggregato negli strati più profondi dei *tectoria* (fig. VIII.41, c), prodotti con malte di calce grasse del tipo LM3 (INT Gr 5c). Tali aspetti risultano esasperati negli intonaci tardo antichi dell'ex aula Violin (VLN_INT_4, 5), dove gli strati di arriccio e rinzaffo si caratterizzano per tenori di aggregato generalmente < 25% tot. vol. (INT Gr 5d). Nel caso degli intonaci con strati di rinzaffo in cocciopesto, questo tipo appare tendenzialmente più grasso delle omologhe stesure documentate negli intonaci più antichi (INT Gr 7); iv) leggero aumento della classazione complessiva dell'aggregato nei campioni di età medio e tardo imperiale, che può ascriversi ad una precisa scelta, ossia ad una più intensa setacciatura delle sabbie.
può osservare una tendenza all'impiego di malte grasse del tipo LM3 in campioni di intonaco di età tardo antica.

[426] *Ibidem*.

[427] VITR. VII, 4, 1.

[428] Cfr. nello specifico DILARIA, SBROLLI 2018, p. 156 e fig. 93b, p. 157.

[429] FAV. XXI; PALL, *Op. agr*. I, 13, 1-2.

[430] È piuttosto comune l'uso di paglia e fibre vegetali negli strati più profondi di *tectoria* (cfr. BARBET, ALLAG 1972, p. 970).

[431] Cfr. §3.5.1.

[432] PLIN. *N. H*., XXXVI, 176; Fav. 22; PALL, I, 15, 1. Vi è tuttavia una riduzione degli strati del *tectorium* a 5-6, dovuta probabilmente ad errori occorsi in fase di copiatura dagli autori stessi.

[433] Una modificazione nelle materie prime impiegate in strati di intonachino, che si avvicinano sempre più ai materiali impiegati per l'arriccio, è stata osservata anche in intonaci di fasi successive al II stile di Ostia (WEBER *et alii* 2009, pp. 590-591).

[434] Come osservato anche in BARBET, ALLAG 1972, p. 970.

Così come osservato per gli strati del *tectorium*, anche i tipi di pigmenti non sembrano variare nel corso del tempo, ma mantengano una paletta cromatica uniforme che non si discosta dagli standard del periodo romano. Ciò che si modifica è la modalità di applicazione e la ricercatezza di particolari tonalità cromatiche. A livello macroscopico le superfici pittoriche degli intonaci tardo antichi appaiono più grossolane e sommariamente eseguite, mentre il colore risulta meno vivace rispetto ad intonaci di età precedente. Generalizzato appare l'"abbandono", negli intonaci di età tardo antica, della tecnica del *buon fresco* per le campiture di fondo, ancora consigliato al tempo di Faventino[435] e attestato nei campioni provenienti da contesti medio imperiali quali la *domus* di Licurgo e Ambrosia, la *domus* delle Bestie Ferite e il Fondo Gallet[436]; ciò sembrerebbe testimoniare una semplificazione delle modalità di stesura della decorazione pittorica, con un risparmio sui tempi di realizzazione a discapito della qualità del risultato finale. In questo senso è stato riscontrato anche un probabile cambiamento per quanto riguarda le tecniche di miscelazione di alcune particolari tonalità come nel caso del colore verde. Se, nelle epoche più antiche, tale soluzione cromatica era ottenuta dalla miscelazione di terra verde e blu egizio, negli intonaci riferibili a contesti medio imperiali (B-RIZ_INT_2) e tardo antichi (TEOD_INT_3), i pigmenti verdi analizzati sono resi esclusivamente mediante l'utilizzo della sola terra verde (malachite). Tuttavia, data l'esiguità del campione finora analizzato sarà necessario, in futuro, ampliare la ricerca su questi aspetti su un campione analitico più ampio[437]. Da quanto documentato, ciò non sembra però associarsi ad una contrazione del commercio di pigmenti pregiati, in quanto l'uso del blu egizio (non miscelato ad altri pigmenti) è diffusamente attestato nei campioni proveniente dal complesso teodoriano e da quelli delle Grandi Terme. Non sembra neanche che la distribuzione di altri pigmenti pregiati fosse venuta meno col periodo tardo antico: il cinabro, pigmento anch'esso particolarmente costoso, è ancora attestato in intonaci di età medio imperiale (CBF_INT_7).

Non essendo un problema legato alla disponibilità delle materie prime nei mercati, quello che venne meno fu solamente l'attenzione e la cura rivolta nella predisposizione di malte e pigmenti nelle decorazioni parietali.

In accordo con le linee di tendenza sopra esposte sono le conclusioni a cui si è giunti in seguito all'analisi di nuclei di intonaco recuperati in giacitura secondaria dagli scavi della *Domus* in Via Gemina da parte dell'Università di Trieste. Sotto il profilo tecnico, gli intonaci di età repubblicana (I-II stile) e di prima età imperiale consistono di tre strati preparatori, interpretabili come rinzaffo, arriccio e intonachino. Quest'ultimo ha uno spessore di circa 4,0 mm e un colore di massa bianco vivo. L'aggregato è costituito da clasti di calcite spatica.

Si osserva invece negli intonaci tardo antichi uno "scadimento" qualitativo nella tecnica preparatoria di strati e nelle modalità di applicazione dei pigmenti[438].

In sintesi, si osserva come le tecniche preparatorie degli intonaci aquileiesi non rispettino pressoché mai la tradizione scritta "teorica", ma se ne discostino sensibilmente, soprattutto per ciò che concerne il numero di strati preparatori. Seppur le materie prime rimasero fondamentalmente sempre le stesse e, per ciò che concerne il *tectorium,* facilmente reperibili *in loco*, erano le modalità di messa in opera dei rivestimenti parietali che andarono evolvendosi e, in certa misura, semplificandosi sempre più. Questo dato induce a riflettere sull'effettiva competenza tecnica delle maestranze di *tectores* circolanti in area nord-italica in questi periodi, nonché sulla provenienza delle botteghe artigiane, portatrici di saperi e pratiche sempre meno legate alla tradizione romana canonica. Non è tuttavia da escludere che queste formule "speditive" si deb-

[435] FAV. XXII; cfr. inoltre GRECO 2011, p. 109 e nota 501.

[436] Cfr. a riguardo Cap. VII, §1.3.4; cfr. inoltre SEBASTIANI *et alii* 2019, pp. 42-44 per un'analisi più approfondita di questi aspetti.

[437] Ciononostante, significativo è il fatto che la tendenza a realizzare il colore verde esclusivamente tramite l'uso di sola terra verde sia stato evidenziato anche per altre realtà territoriali, come attestato da diversi intonaci della Gallia Narbonese (cfr. BARBET 1995, p. 73).

[438] MURGIA 2017, p. 13; cfr. per le analisi dei campioni di intonaco MURGIA, ZERBINATTI 2017.

bano alla necessità di realizzare i rivestimenti pittorici risparmiando volontariamente sulle materie prime e sui tempi di produzione per velocizzare la stesura degli intonaci, soprattutto nel caso della realizzazione di rivestimenti parietali in grandi vani, quali gli ambienti delle terme costantiniane o le aule teodoriane. Proprio in questo caso si è osservato come la stratigrafia e tipologia di miscele preparatorie degli intonaci dell'aula teodoriana meridionale sia del tutto comparabile con quanto osservato dall'analisi dei campioni TEOD_INT_1, 2, e 3 riferibili a nuclei pittorici in crollo dell'aula nord.

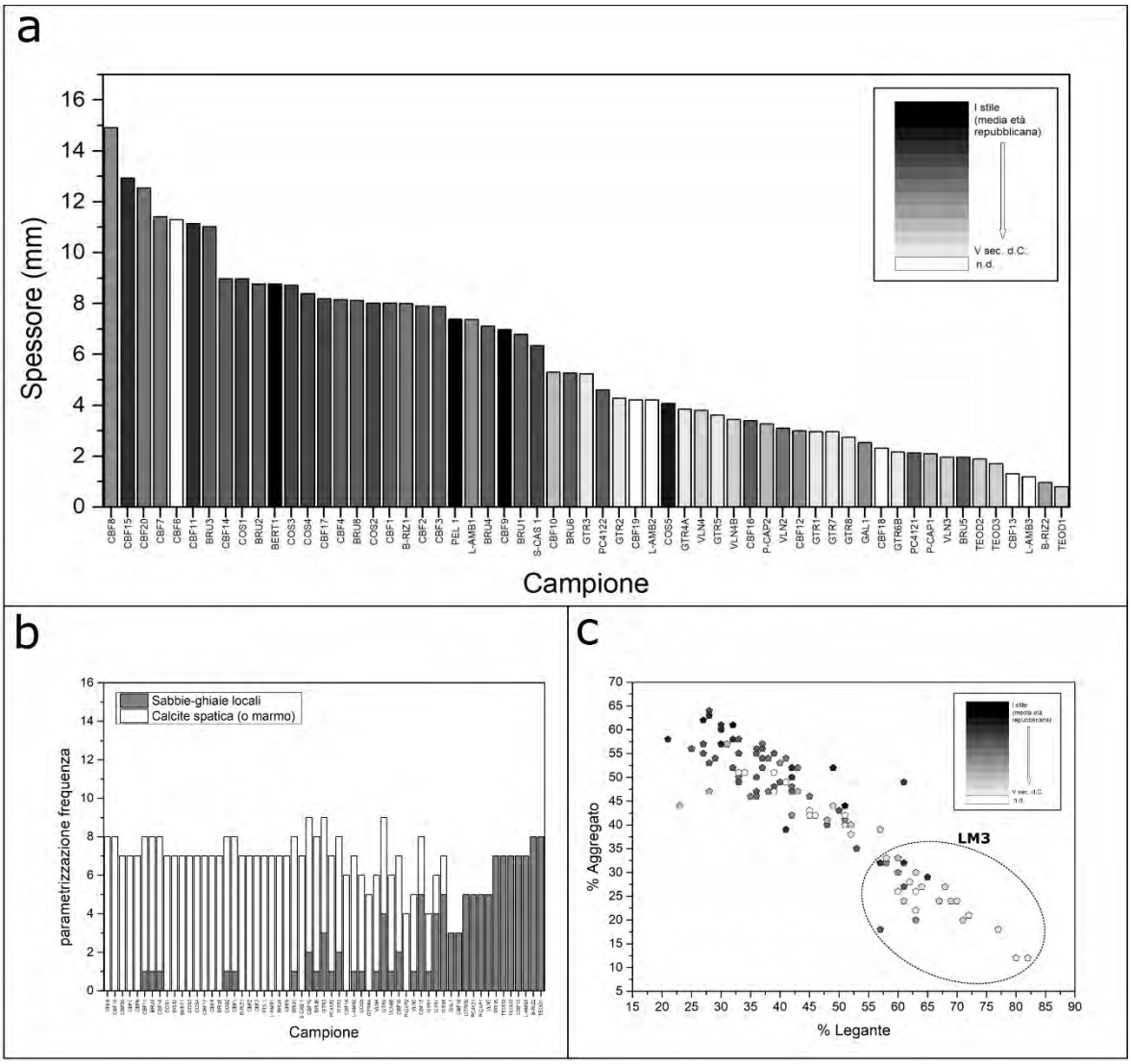


Fig. VIII.41 - Analisi distributive di campioni di intonaco aquileiesi sulla base di alcuni parametri di interesse. a) Istogramma rappresentativo dello spessore degli strati di intonachino (cumulativo) in relazione alle cronologie dei nuclei pittorici. Si osserva una chiara tendenza alla riduzione – improvvisa - dello spessore dello strato preparatorio più superficiale, particolarmente evidente in campioni di età tardo antica; b) Istogramma cumulativo delle percentuali parametrizzate, sulla base della procedura esposta al Cap. V, §3.1, delle componenti d'aggregato di strati di intonachino (cumulativo) in relazione alle cronologie dei nuclei pittorici. Se nei nuclei di I-V stile, fino ai campioni di età medio imperiale è attestato un impiego esclusivo o prevalente di calcite spatica (e sporadico marmo), si osserva un chiaro incremento dell'impiego di sabbie locali negli strati di intonachino in campioni di età tardo antica; c) Grafico distributivo dei campioni di intonaco aquileiesi, con riferimento ai soli strati di arriccio/rinzaffo in "malta di calce", in base al rapporto tra le percentuali della frazione legante (asse X) in relazione a quelle d'aggregato (asse Y). I valori percentuali sono stati desunti sul totale areale del campione tramite analisi d'immagine di sezioni sottili. Si

È quindi più probabile ritenere che durante l'età tardoantica fosse in atto un chiaro ridimensionamento del valore e del prestigio attribuito nella percezione comune alle pareti ad affresco, oramai soppiantate, come chiara forma di ostentazione del lusso, dagli onerosi *sectilia* o

mosaici parietali, che trovarono massima diffusione, anche in ambito privato, proprio da questo periodo[439].

3.8 - ALTRO

Tra le tipologie di strutture da cui sono stati prelevati ed analizzati campioni di miscele leganti, ve ne sono altre che, per conformazione e funzione, non rientrano tra quelle indicate precedentemente.

3.8.1 – *Calcara*

Tra le strutture non rientranti tra quelle precedentemente descritte vi è l'impianto tardoantico di produzione della calce individuato presso la sponda orientale del porto fluviale di Aquileia[440]. La struttura ad impianto circolare è costituita da una muratura di frammenti di laterizi legati da una malta di terra semplice, del tipo CSM1. La medesima miscela è impiegata anche con funzione di rivestimento del *fortax* della calcara stessa dove appare tuttavia fortemente sinterizzati dal processo di cottura della calce. I rivestimenti, stesi in due fasi, sono sempre interessati da fenomeni di alterazione. Come evidenziato in precedenza, i diversi stadi di vetrificazione dei campioni pur riferibili a una medesima fase di rivestimento sono indice di un controllo non ottimale della temperatura di fornace.[441].

Purtroppo, non vi sono altri casi in letteratura dove siano stati presi in esame le tipologie di leganti impiegate nella realizzazione di calcare o fornaci per la produzione ceramica e di laterizi e è pertanto possibile operare alcun confronto con quanto osservato nel presente studio.

Le spallette del *praefurnium* della calcara, leggermente diverse come tecnica costruttiva per l'impiego di elementi lapidei assenti nella struttura circolare, differiscono anche per la tipologia di miscele di allettamento, costituite da stesure in malta di terra mista a calce del tipo CSL3. La differenza composizionale dei campioni delle spallette (PFE_WM_3, 4) rispetto a quelli prelevati dalla struttura circolare sembrerebbe dimostrarne l'alterità di fase. Non si esclude però che tale differenza possa essere legata a specifiche scelte tecniche, mirate proprio alla scelta di non impiegare leganti a base di calce nei punti maggiormente soggetti ad elevate temperature[442].

3.8.2 - *Vasca lignea per tinture*

Ai casi non rientranti nelle strutture prima definite, si devono aggiungere anche i campioni PFE_PREP_1 e 2, entrambi prelevati dalla preparazione di una struttura quadrangolare interpretata come vasca per tinteggiature con pareti e fondo in legno collocata nell'area artigianale presso la sponda orientale del porto fluviale[443].

I campioni sono connotati da una struttura stratificata dove a stesure sub-centimetriche (< 1,0 mm) in puro grassello, altamente poroso e connotato dal diffuso ritiro, sono alternati strati millimetrici (< 2,0 mm) di malte di terra e calce del tipo CSM3 del tutto aeree. Sembra quindi che materiali molto poveri fossero utilizzati nelle strutture e infrastrutture artigianali distribuite nel suburbio di Aquileia.

---

[439] cfr. da ultimo GUIDOBALDI, GUIGLIA 2016, pp. 378-385 e pp. 388-390.

[440] Cfr. Cap. VI, §7 *passim*.

[441] Cfr. Cap. VI, §7, *passim*.

[442] Cfr. Cap. VI, §§7.5.2, 7.6.

[443] Cfr. Cap. VI, §§7 *passim*. L'interpretazione della struttura a tale funzione è anche determinata dal rinvenimento di un numero consistente di anfore da allume nelle immediate vicinanze. Cfr. Cap. VI, §8. Sul tema inoltre CIPOLATO, COTTICA C.S.

CAPITOLO IX
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

1 - PREMESSA

L'analisi di un vasto assortimento di campioni di miscele leganti di diversa tipologia, condotta in stretta relazione con le cronologie e la destinazione funzionale dei contesti di prelievo, ha permesso di sviluppare un'approfondita sintesi di carattere storico-tecnologico riguardo le modalità di realizzazione di materiali cementizi ad Aquileia attraverso quell'arco di oltre otto secoli che copre praticamente l'intera vita della città antica. Come noto, la colonia fondata nel 181 a.C., visse un periodo di prosperità durante l'età tardo-repubblicana e alto imperiale, ma fu coinvolta in un inesorabile processo di trasformazione che, in particolar modo dalla fine del IV sec d.C. si protrasse fino al tramonto della sua storia, determinato dalla conquista Longobarda nel 576 d.C.[1].

Una premessa è però necessaria. Gli anni recenti hanno visto la nascita di diversi studi incentrati su tematiche aquileiesi, che spaziano dalle ricerche sull'urbanistica, all'edilizia, alle arti e alle tecniche artistiche, fino alla cultura materiale[2]. Questi lavori di sintesi potevano però contare su una vastissima letteratura che deve tanto alle ricerche e alle indagini di scavo condotte nella città antica nel corso del Novecento da G. Brusin e L. Bertacchi.

La presente ricerca si basa invece, in massima parte, su quanto dedotto dai risultati delle analisi di materiali cementizi aquileiesi campionati ed esaminati nel corso dello studio stesso che, pertanto, non può ritenersi certamente esaustivo della variabilità delle testimonianze materiali presenti ad Aquileia, ma si auspica di essere comunque esauriente abbastanza da coprire adeguatamente tutti i diversi periodi in cui si declina la storia della città antica. La limitatezza, in termini quantitativi, di analisi effettuate con tecniche archeometriche, di alcuni campioni di malte e calcestruzzi prelevati da contesti aquileiesi negli anni passati e pubblicati in forma sintetica in un numero assai limitato di lavori non forniscono invece un sostanziale incremento al quadro documentario qui prodotto[3].

Non si può inoltre fare affidamento alle descrizioni circa natura e caratteristiche delle miscele aquileiesi visivamente apprezzabili riportate nella letteratura archeologica (report di scavo, studi di carattere tecnico), che risulta, pertanto, minimamente informativa ai fini di questa ricerca.

Ridotti sono infine i termini di confronto per quanto concerne l'impostazione stessa del lavoro qui condotto, in quanto studi "olistici", che abbiano tentato di prendere in esame in ottica diacronica e tecnico-funzionale le modalità produttive di materiali cementizi di un intero contesto urbano o di un'area territoriale sono estremamente limitati[4].

Non sarà quindi possibile condurre un'analisi storica approfondita nei diversi sotto-periodi alla maniera in cui è stato possibile fare in tante altre occasioni. In particolar modo l'età

[1] Cfr. Cap. I.

[2] Cfr. a riguardo, a titolo esemplificativo, i diversi lavori citati in questo elaborato.

[3] Circa gli studi sulle miscele aquileiesi e relative metodologie di indagine cfr. Cap. IV, §2 e tab. IV.1.

[4] L'unico studio confrontabili in termini di estensione, incentrato nell'analisi di tutte le tipologie di miscele leganti utilizzate in edifici di età romana di uno specifico ambito territoriale (Gallia), è il lavoro dottorale di A. Coutelas (COUTELAS 2003), purtroppo rimasto inedito nella sua veste monografica.

repubblicana verrà considerata come un *unicum* temporale alla luce, purtroppo, della limitatezza statistica del campione analitico analizzato e del grado di incertezza cronologica che caratterizza le datazioni delle strutture attribuite alle più antiche fasi di vita della colonia.

Non si esclude quindi che quanto di seguito descritto possa essere, in futuro, oggetto di integrazioni e ripensamenti, ma ci si auspica che il lavoro riesca a fornire, nel suo complesso, una valida base di partenza per una contestualizzazione storico-cronologica e tecnologica dei materiali cementizi prodotti in Aquileia romana, tardoantica ed altomedievale.

2 - L'USO DI MISCELE LEGANTI NEL QUADRO STORICO DI AQUILEIA

2.1 - L'ETÀ REPUBBLICANA (II – I SEC. A.C.)

L'età repubblicana corrisponde a quel periodo in cui la città di Aquileia, fondata nel 181 a.C., divenne un centro di estrema rilevanza nella Cisalpina, soprattutto dopo che, in seguito alla guerra civile, venne elevata, nel 90 a.C., colonia a diritto romano.

Come già spesso evidenziato, e come comprovato da diversi indicatori archeologici, i primi coloni dovettero però affrontare numerose insidie e difficoltà in quanto la città venne stabilita in un territorio particolarmente ostile, flagellato da invasioni e attacchi frequenti che ne resero complessa l'adeguata difesa; poco più di dieci anni dopo la deduzione, le amministrazioni urbane furono infatti costrette a richiedere, nel 169 a.C., un *supplementum* di coloni al senato di Roma[5].

A prescindere dall'effettivo numero di famiglie che abitavano ad Aquileia nella seconda metà del II sec. a.C.[6], è chiaro come il forte senso di instabilità e di incertezza che caratterizzò le prime decadi di vita della colonia possa aver influito anche nelle modalità di gestione e controllo del suburbio e delle aree contermini il centro urbano stesso. Per tutta l'età medio repubblicana, il territorio circostante la città antica non era infatti ancora saldamente controllato dagli aquileiesi; ci vollero anni, perlomeno fino alla spedizione del 129 a.C. di C. Sempronio Tuditano contro gli Istri, per vedere la colonia di Aquileia acquisire un pieno e sicuro dominio delle regioni della Carnia e della Venezia Giulia, ma il processo di installazione delle adeguate infrastrutture raggiunse la piena stabilità ed efficienza solo verso la metà del I sec. a.C.[7].

L'analisi delle miscele leganti aquileiesi sembra dare indicazione di una sorta di "insicurezza" nelle forme di gestione del territorio, che si declina, per certi aspetti, in formule di "sperimentazione" riconoscibili nel variegato palinsesto di tipologie di materiali cementizi[8] impiegati nel periodo repubblicano. Le amministrazioni urbane e le maestranze operanti sul territorio dovevano quindi avere ancora una ridotta consapevolezza di quelle che fossero le migliori aree di approvvigionamento delle materie prime da impiegare nelle miscele leganti; alla stessa maniera anche i sistemi infrastrutturali per una corretta gestione delle aree di cava dovevano ancora essere adeguatamente predisposti in questo periodo.

In particolar modo, l'elevata mutevolezza delle caratteristiche petrografico-mineralogiche dell'aggregato litico, che si può osservare soprattutto se si prendono in esame le tipologie di miscele applicate in ambito strutturale, testimonia come in questo periodo le forme di gestione e le dinamiche di approvvigionamento di ghiaie e sabbie non fossero ancora completamente stabilizzate e "standardizzate".

Come già evidenziato, i setti murari in conci e blocchetti di arenaria del tipo F1/A5 costituiscono la tecnica costruttiva attestata nelle più antiche fasi di vita della colonia aquileiese, perlomeno in relazione all'edilizia privata[9]. La natura dei leganti impiegati in questo tipo di strutture appare tuttavia estremamente vario sotto l'aspetto tipologico: oltre all'utilizzo di "malte di

[5] Cfr. Cap. I, §1.2.
[6] Sul tema cfr. FIORATTO, GHIOTTO 2015.
[7] PREVIATO 2015, pp. 513-516.
[8] Sui tipi di miscele leganti aquileiesi cfr. Cap. VIII, §2.
[9] PREVIATO 2015, p. 512.

calce" tradizionali di tipo LM1, composte da calce ed aggregato sabbioso locale afferente ai depositi isontini, ricorre con frequenza l'uso di "malte di terra" di diversa tipologia (CSM1, CSM2, CSM3), nonché di malte a legante carbonatico con aggregato vulcanico non locale del tipo LM4[10].

Con la piena età tardo repubblicana, una volta ottenuto il controllo dei territori friulani più settentrionali, iniziò la diffusione ad Aquileia dei calcari del Carso, che da questo momento andarono progressivamente a soppiantare l'arenaria e la pietra d'Istria quale principale materiale lapideo utilizzato nell'edilizia[11]. Proprio in alcuni dei contesti più antichi dove è documentata la presenza dei muri in conci di calcare di tipologia F2/A6, ossia i setti che costituiscono il perimetro della *Domus* tardo repubblicana di Tito Macro, il legante impiegato nei giunti strutturali è costituito da calcestruzzi del tipo CC2, caratterizzati da un particolare aggregato ghiaioso, forse afferente ad una *facies* sedimentaria dei depositi del Torre[12], che comunque non sembra essere attestato nelle fasi successive di vita della città.

Ognuno di questi aspetti appena sommariamente delineati merita di essere discusso singolarmente nel dettaglio e con estrema attenzione.

L'impiego di malte di terra per la costruzione di strutture murarie in contesto urbano è attestato esclusivamente in questo periodo. Questa dinamica appare perfettamente in linea con quanto documentato dalle fonti letterarie ed epigrafiche di età repubblicana, dove non di rado veniva fatto riferimento all'uso di una componente terrigeno-argillosa nei leganti strutturali nell'ambito della costruzione di strutture murarie. L'*opus structile*, citato nella c.d. *Lex Puteolana*, consiste infatti in un particolare tipo di opera cementizia da realizzarsi con calce, sabbia, argilla e *caementa* lapidei grossolani[13]. Catone inoltre fa menzione dell'impiego di un composto per nuclei murari costituito da "lapidem, calcem, harenam, aquam, paleas, terram unde lutum"[14].

Per quanto riguarda l'ambito cisalpino oltre al caso aquileiese, vediamo come l'impiego di leganti argillosi sembri attestato nel periodo compreso tra la media e la tarda età repubblicana anche altrove, come comprovato dall'analisi – pur esclusivamente macroscopica – dei giunti di allettamento dei corpi murari in laterizi delle mura di Parma e Modena (fig. IX.1)[15]. Queste malte risultano comparabili con quelle impiegate nei giunti strutturali del corpo delle mura repubblicane aquileiesi, nelle quali si è certificato

LOCALITÀ	MISURE MATTONI	NOTE
Ravenna, mura difensive III sec. a.C.	47/50 x 47/50 x 4,5 cm	Tipo Righini V B Legante: malta
Cesenatico, fornace III – II sec. a.C.	48,5 x 48,5 x 4,7 cm	Tipo Righini V B
Cattolica, scarico di fornace III sec. a.C.	Coppi laconici: largh. 17 cm Tegole corinzie: 68 x 52 x 3 cm	
Modena, Mura difensive 218 a.C. / 183 a.C.	53 x 46 x 4,5 cm	Tipo Righini I B Legante: argilla
Parma, mura difensive 183 a.C.	53 x 35 x 4,5 cm	Tipo Righini I B Legante: argilla
Piacenza, mura difensive post 190 a.C.	48/50 x 31/33 x 6 cm	Tipo Righini I B Verifica su base planimetrica
Imola, santuario di Montericco II sec. a.C.	45 x 28/29,5 x 8 cm	Tipo Righini I A Legante: argilla
Bologna, condotte idrauliche II sec. a.C.	41/50 x 15,5/16 x 8,5/9 cm	Tipo Righini I B Legante: argilla
Piacenza, tomba a camera II sec. a.C.	47/50 x 27/28 x 6 cm	Tipo Righini Tipo Righini I B Legante: malta sabbiosa
Cesena, mattone iscritto II sec. a.C.	45 x 29,5 x 6,5 cm	Tipo Righini I A

Fig. IX.1 - Tabella riassuntiva delle attestazioni di impieghi di malte di argilla nelle grandi opere in laterizio di età repubblicana (da MANZELLI 2019, tab. 1, p. 304).

[10] Cfr. Cap. VIII, §3.2.1.1.

[11] PREVIATO 2015, pp. 513-521.

[12] La questione della provenienza di questo aggregato, sicuramente locale, non è chiaramente circoscrivibile con precisione ma sembra riferibile a depositi di alta pianura fortemente pedogenizzati Cfr. Cap. VIII, §1.3.1.1.

[13] CIL X, 1781, 2, 19-20. cfr. GRECO 2011, p. 20, 43.

[14] "pietra, calce, sabbia, acqua, paglia, terra e argilla" cfr. CAT. *De agr.,* XIV, 3.

[15] Per Parma, cfr. LABATE, MALNATI, PELLEGRINI 2019, p. 296; per Modena cfr. MARCHI, SERCHIA 2019, p. 386. A questi si aggiungono un'altra serie di contesti di II sec. a.C. dove sembra essere attestato l'uso di leganti argillosi a livello strutturale (cfr. MANZELLI 2019, p. 304, fig. 1).

l'uso di miscele a legante argillo-limoso misto a calce del tipo CSM3; non si esclude quindi che anche nei casi sopra menzionati una adeguata indagine petrografica possa dimostrare con chiarezza la natura della frazione legante.

Quanto detto non esclude il fatto che la malta di calce tradizionale non potesse già essere impiegata a livello strutturale. Ne troviamo un precoce impiego nelle mura urbiche di Ravenna, del III sec. a.C. [16], nonché in alcuni tratti delle stesse mura aquileiesi[17].

La compresenza di queste due diverse tipologie di miscele leganti, talvolta applicate anche nel medesimo contesto edilizio, sembra caratterizzare tutta l'età repubblicana in nord Italia. Si veda ad esempio il caso del santuario tardo repubblicano di Brescia (secondo quarto del I sec. a.C.), dove le diverse indagini di natura petrografico-mineralogica hanno comprovato l'uso prevalente di miscele a legante calcico sia a livello strutturale che nelle stesure di rivestimento[18]. Non mancano tuttavia situazioni dove le malte di terra risultano ancora utilizzate, addirittura in un ambito molto particolare, come attestato in alcune stesure preparatorie di intonaci dipinti, rinvenuti in stato di crollo primario e probabilmente pertinenti alla decorazione originale del registro superiore dell'aula occidentale del santuario bresciano[19].

Certo è che con il passare del tempo l'impiego di malte di terra divenne obsoleto, tanto che già Tito Livio considera il *luto* (argilla) un materiale dal debole potere legante, impiegato dai Cartaginesi nelle mura di Sagunto di III sec. a.C., che, in seguito all'assedio romano, apparirono, nel complesso, poco solide tanto che la città spagnola venne facilmente espugnata[20].

Non è possibile purtroppo raggiungere un grado affidabile di risoluzione cronologica per circoscrivere con precisione quali fossero le ultime attestazioni dell'uso ad Aquileia di malte di terra in giunti di setti murari. I casi più tardi documentati sono le strutture murarie di tipo F1/A5 dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite, purtroppo inquadrate con un termine cronologico abbastanza ampio, ossia tra la fine del I sec. a.C. e la prima metà del I sec. d.C. L'uso di questo legante non sembra comunque mai del tutto sparire, tanto che è ancora impiegato in età imperiale per la messa in opera di canalette di scolo delle acque[21], nonché, nel suburbio, nella realizzazione della maggior parte delle infrastrutture dell'area presso il porto fluviale[22]; sembra cionondimeno che l'uso di malte di terra in strutture con valore portante in edifici di contesto urbano tenda a rarefarsi nelle epoche successive all'età augustea.

Questo processo, assolutamente non lineare, che caratterizza l'uso di leganti argillosi in ambito strutturale in età repubblicana non deve essere assolutamente ascritto all'ignoranza dei costruttori antichi di quelli che fossero i metodi e le procedure di produzione della calce. Infatti, nella maggior parte dei casi analizzati in questo studio, la frazione terrigena nelle malte rappresenta una componente secondaria o alternativa alla calce, che appare comunque presente nelle malte di tipo CSM3. Quindi, più che termini di arretratezza tecnica, quanto finora detto sembra piuttosto dimostrare come la calce fosse un prodotto a disponibilità limitata, la cui distribuzione nel mercato non permetteva di esaurire la domanda richiesta dagli sforzi edilizi del periodo, mentre l'argilla era certamente un materiale più economico e facilmente reperibile. Laddove non necessaria, come nelle strutture murarie autoportanti, quali possono essere quelle a corpo

[16] Seppur si sia dimostrata l'assenza di pozzolane nelle mura repubblicane ravennati (cfr. §1.3.1.3; circa le analisi delle malte ravennati cfr. COSTA, GAZZI, TOGNON 2001), nulla toglie al fatto che tali stesure fossero in "malta di calce" cfr. PREVIATO 2019, p. 371.

[17] Analisi visiva (ma ci si prospetta di operare nuove indagini archeometriche) delle stesure preparatorie i giunti di allettamento del corpo murario occidentale della cinta M1 recentemente indagati nel sondaggio 2019 sembrano verificare, nuovamente l'uso di malta di calce. Meno verosimile è che il legante delle mura aquileiesi fosse prodotto ovunque con malta di calce (cfr. PREVIATO 2019, p. 371), in quanto l'analisi condotta in questo studio su un campione proveniente dal tratto orientale della cinta ha confermato l'uso di una malta di terra del tipo CSM3 (cfr. Cap. VIII, §2.1.4.3).

[18] BUGINI, FOLLI 1996, BUGINI, FOLLI 1997; BUGINI, FOLLI 2014.

[19] BUGINI, FOLLI, RAMPAZZI 2014, p. 285.

[20] LIV. *Ab. Urb. Cond*. XXI, 28. Sul passo in questione cfr. anche GRECO 2011, pp. 91-92.

[21] Cfr. Cap VIII, §3.4.1.

[22] Cfr. Cap. VI, §7, *passim*.

pieno in laterizi, l'impiego di una componente argillosa legante fungeva da "smagrante" della miscela e permetteva di risparmiare sulla materia prima più pregiata, ossia la calce, che necessitava di maggior dispendio di tempo, risorse e manodopera per essere prodotta[23].

Le malte di terra non risultano essere quindi gli unici leganti utilizzati in ambito strutturale durante l'età repubblicana; più spesso adottate, già in questo periodo, sono le miscele a base calcica, prodotte, nella maggior parte dei casi, con calce miscelata ad aggregato litico (sabbie e ghiaie) che sotto il profilo petrografico-mineralogico si caratterizza per l'elevato contenuto di carbonati, con calcite prevalente sulla dolomite e secondaria occorrenza di silicati rappresentati da quarzo, selce e, in minima misura, arenaria. Come già ricordato, l'*assemblage* petrografico è del tutto compatibile con i depositi sedimentari del sistema isontino (rappresentato dai fiumi Isonzo, Natisone e Torre) che in antico scorrevano a limitata distanza dal centro urbano e da cui sembra dipendere anche la genesi delle dune peri costiere in località Beligna e Belvedere, nonché gli stessi depositi litoranei da Grado fino a Lignano[24]. Considerando la discreta lontananza dal centro antico, si tende però ad escludere che queste ultime aree fossero sfruttate per l'approvvigionamento di sabbie in età repubblicana ed è quindi più probabile uno sfruttamento diretto dei depositi di vicini corsi fluviali.

Le malte di calce tradizionali del tipo LM1/LM2, come si diceva, sono attestate ad Aquileia già dal II sec. a.C. in quanto costituiscono sempre gli strati preparatori più profondi (arriccio e rinzaffo) degli intonaci di I stile pompeiano analizzati. L'utilizzo di calcite spatica, che si poteva recuperare nelle venature di rocce carbonatiche calcaree, appare già ben consolidato quale prassi da seguire per la realizzazione degli stucchi di supporto ai pigmenti, stesi a secco.

Tuttavia, l'incertezza delle attribuzioni stilistiche dei nuclei parietali, aggravato, nel caso dei frammenti di I stile, dal contesto di rinvenimento, sempre secondario, non permette di confermare se questi nuclei pittorici possano ascriversi con sicurezza al primo secolo di vita della colonia o la datazione non debba scendere a fasi leggermente successive. Dall'analisi di alcuni nuclei sembrerebbe comunque che, in termini di cronologie assolute, l'introduzione del I stile pompeiano ad Aquileia possa risalire fino alla seconda metà del II sec. a.C.[25].

Meno sicura è la provenienza del materiale con cui si produceva la calce, che le indagini SEM-EDS hanno dimostrato essere ottenuta, nella stragrande maggioranza dei casi, da calcinazione di calcari pressoché puri quali erano i calcari istriani e dell'area carsica[26]. Tuttavia, nel II sec. a.C., i territori dove si trovano le principali formazioni calcaree del carso isontino e triestino, da cui proveniva, ad esempio, l'Aurisina, ampiamente utilizzata in età imperiale in città, non erano ancora stabilmente controllati[27] e non è pertanto verosimile supporre uno sfruttamento intensivo di questi bacini finalizzato alla produzione di calce già nel II sec. a.C. L'introduzione ad Aquileia della pietra d'Istria avvenne dopo il 177 a.C., ossia in seguito alla vittoriosa spedizione di G. Caio Pulcro contro gli Istri che permise ai romani di stabilire il controllo delle terre della penisola istriana[28]. Come è stato evidenziato anche grazie ad un recente scavo effettuato presso un tratto delle mura repubblicane occidentali, è probabile che, da questo momento, questo tipo calcareo venisse anche calcinato per la produzione di legante[29].

---

[23] La produzione della calce, che richiede ingenti sforzi, in termini di tempo e risorse, che spaziano dal recupero della materia prima, alla realizzazione della fornace, al recupero del combustibile, Secondo J. DeLaine (cfr. DELAINE 1997, pp. 112-114) il processo di produzione della calce richiede tempi di produzioni tripli rispetto alle modalità di approvvigionamento ed uso dell'argilla e i costi sono chiaramente più elevati. Come visto invece (cfr. §1.1.2, della buona argilla poteva essere più facilmente recuperata nelle immediate vicinanze nel suburbio di Aquileia.

[24] Cfr. Cap. VIII, §1.3.1.1.

[25] Cfr. recenti considerazioni su intonaci di I stile da Aquileia in MURGIA 2017, p. 7, cfr. inoltre SALVADORI, DE NICOLO, DIDONÉ, SALVO 2016, p. 248.

[26] Cfr. Cap. VIII, §1.1.1.1.

[27] PREVIATO 2015, pp. 514-515.

[28] PREVIATO 2015, p. 509.

[29] Nel corso dello scavo, ancora inedito, è stato rinvenuto uno scarico di materiale da costruzione probabilmente successivo all'ultimazione dei lavori di un tratto delle mura. Questo scarico è costituito da calce a grumi fram-

Al momento di fondazione della colonia, tuttavia, la calce di doveva produrre calcinando altlre rocce, e non si esclude la calcinazione diretta delle stesse sabbie e ghiaie impiegate in funzione di aggregato. Tuttavia, questa ipotesi sembra essere poco verosimile: le analisi SEM-EDS delle matrici leganti non hanno mai restituito occorrenza di ossidi di magnesio in percentuali tali da dimostrare una calcinazione di dolomie, che invece costituiscono una componente secondaria, ma comunque non irrilevante, dei depositi sabbio-ghiaiosi del sistema isontino[30]. La costante assenza, nei campioni analizzati tramite XRPD, di brucite - fase da associare alla calcinazione di dolomie[31] - sembrerebbe confermare quanto appena detto.

Difficile è quindi comprendere quale fosse il materiale da cui si otteneva il legante carbonatico impiegato nelle miscele prodotte nelle primissime fasi di vita della colonia. Ciononditmeno, la quantità di calce necessaria in alcuni cantieri doveva essere ingente: come evidenziato nel recente studio di J. Bonetto e C. Previato focalizzato sull'analisi del processo costruttivo delle mura repubblicane, è stato stimato che fossero necessari oltre 2770 metri cubi di calce per la realizzazione dell'opera fortificatoria[32]. Come già detto, l'assenza di pietra d'Istria nella porzione orientale della cinta M1 dimostra l'anteriorità (pur nell'ambito delle fasi di cantiere) di questo tratto rispetto a quello occidentale. Pertanto, per la realizzazione del tratto orientale, si può stimare che circa 1000 m^3 di calce debbano essere stati ottenuti calcinando dei calcari diversi da quelli istriani o carsici[33].

Come dimostrato dall'analisi dei campioni M1_PREP_1 e 2, nel calcestruzzo impiegato in un tratto delle fondazioni orientali della cinta urbana repubblicana si è sostenuta la teoria della calcinazione di un materiale carbonatico ad elevata infiltrazione silicatica, dalle ottime qualità idrauliche ma stranamente non più impiegato nelle epoche successive. La presenza di brucite, pur limitata, sembrerebbe inoltre testimoniare la presenza di una componente dolomitica non irrilevante nel materiale legante[34]. In seguito ad una serie di considerazioni si è quindi ipotizzato che la pietra da cui è stata ottenuta questa particolare calce fosse disponibile localmente, mentre più difficile è sembrata l'ipotesi dell'importazione[35]. Non si esclude che il legante sia stato prodotto in seguito a calcinazione ad elevata temperatura di calcari selciferi e dolomie (o dolomie selcifere!) utilizzando le stesse sabbie e ghiaie costituenti anche l'aggregato delle miscele. Tuttavia, come si vedrà in seguito, gli elementi di incertezza sono tali che non è possibile avvallare, ad oggi, alcuna delle ipotesi qui presentate[36], che devono rimanere però quali spunti di riflessione per ulteriori indagini che ci si auspica di condurre sul tema.

Oltre all'aspetto tecnologico, il particolarissimo calcestruzzo legante dell'*opus caementicium* costituente le gettate di fondazione delle mura repubblicane potrebbe rappresentare un elemento in particolare interesse anche sotto il profilo storico.

Sappiamo infatti che, secondo quanto tradizionalmente noto, l'utilizzo dell'*opus caementicium* o, in generale, di miscele leganti a livello strutturale, sembri diffondersi a Roma nel corso del III sec. a.C., o addirittura in un periodo precedente (fig. IX.2)[37]. L'"invenzione" di questo materiale ed il suo utilizzo fu diretta conseguenza del *boom* edilizio seguito alla fase di conquista e

---

mista a grossolani scapoli di pietra d'Istia, probabilmente derivati dagli scarti di taglio dei blocchi costituenti le fondazioni stesse delle mura in questo tratto (Cfr. Cap. VI, §1.2.1). È del tutto verosimile ritenere che il medesimo materiale sia stato calcinato per ottenere la calce stessa. Future analisi si propongono di prendere in esame le caratteristiche mineralogiche e chimiche di questi materiali.

[30] Cfr. analisi mineralogiche e chimiche dei campioni geologici (Cap. VIII, §1.3.1.1).

[31] cfr. BLÄUER-BÖHM, JÄGERS 1997.

[32] BONETTO, PREVIATO 2018, tab. 14.1, p. 322.

[33] Il valore calcolato riducendo ad un terzo la cifra sopra stimata, alla luce dell'evidenza dell'impiego, ad oriente, di miscele ad elevato contributo terrigeno del tipo CSM3.

[34] Cfr. Cap. VI, §1.5.2.

[35] Cfr. Cap. VI, §1.6.1 e §1.1.1.2.

[36] Sugli elementi di incertezza riguardante cronologia e tecnologia produttiva del calcestruzzo del tipo CC-hd cfr. inoltre Cap. VIII, §1.1.1.2.

[37] Per una rilettura delle diverse teorie in voga negli anni passati sull'introduzione dell'opera cementizia a Roma cfr. MOGGETTA 2015, pp. 2-7.

espansione territoriale dell'Urbe lungo tutta la penisola italiana. Tale fervore edilizio richiese la messa a punto di un materiale da costruzione di facile realizzazione e a basso costo, che potesse sostituirsi agli elementi strutturali in pietra o laterizio a corpo pieno, senza però perdere in capacità statica e resistenza meccanica. In un recente studio, condotto da M. Moggetta, dove sono state prese in esame le tecniche costruttive di edifici pubblici e privati del periodo medio repubblicano in area campano-laziale, si dimostrerebbe come, anche attraverso una revisione degli stessi criteri di datazione non sempre affidabili, i primi contesti con cronologie certe che attestino una embrionale introduzione dell'*opus caementicium* strutturale a Roma e nelle aree contermini non si datino ad un periodo antecedente la seconda metà del II sec. a.C. L'invenzione di questo materiale non sarebbe stata determinata quindi dal *boom* edilizio derivato dalle spinte colonialiste di Roma in Italia del III sec. d.C., quanto piuttosto risulterebbe dettata dall'evoluzione che caratterizzò l'architettura romana, nel periodo a cavallo tra media e tarda età repubblicana, per adattarsi agli stilemi ed ai modelli classici propri dell'architettura greca, tanto evidenti nell'edilizia pubblica quanto in quella privata[38]. L'introduzione dell'opera cementizia sarebbe quindi determinata dalla volontà dei romani di realizzare edifici monumentali in stile greco "risparmiando" così sulla materia prima, in quanto si tende ad evitare l'utilizzo delle tecniche costruttive murarie e fondazionali a corpo pieno, particolarmente dispendiose in termini di tempo e costi.

TABLE 1 Current Models of the Diffusion of Concrete in Rome and Italy

AUTHOR	WHEN	WHERE	CONTEXT OF INNOVATION	NOTES
Lugli 1957	3rd c. B.C.	Latium	Concerns for economic resources; Fast and cheap building method; Farms.	Properties 'discovered' in Campania; Developed by Roman colonists; Massive adoption in Rome after 211 B.C.
Brown 1951; 1980	4th–3rd c. B.C.	Rome/ Latium	Middle Republican colonization programme.	Technique 'imported' by Roman colonists at Cosa.
Coarelli 1977	Before 204 B.C.	Rome	Standardization of *opus incertum*; Population pressure and slave influx.	Origins of mortar technology in Pompeii; Steady development of facing styles in Rome.
Rakob 1983	200 B.C.	Rome/ Campania	Interaction with Punic sites.	Link with *opus Africanum*.
Carandini and Papi 1999	3rd c. B.C.	Rome	Urbanization (after 211 B.C.).	Diffusion of mortar technologies from Rome to Middle Republican colonies.
Giuliani 2006	4th–3rd c. B.C.	Rome	Middle Republican colonization programme.	Long period of trial-and-error prior to Testaccio building.

Fig. IX.2 - Tabella riassuntiva delle ipotesi circa le cronologie di introduzione dell'*opus caementicium* a Roma secondo diversi autori autorevoli (da MOGGETTA 2015, tab. 1, p. 3).

Se riletta sotto questa nuova luce, l'opera cementizia fondazionale impiegata nella cinta M1 risulterebbe straordinaria non più solamente per gli aspetti tecnologici, ma anche in relazione alla cronologia di costruzione. Se si dà per sicura la cronologia "alta" di edificazione della

[38] MOGGETTA 2015, p. 33.

cinta M1, che la vede già innalzata ed in uso negli anni immediatamente successivi alla fondazione della colonia di Aquileia, le gettate cementizie qui documentate risulterebbero particolarmente innovative in quanto potrebbero anticipare di circa vent'anni l'introduzione dell'*opus caementicium* a Roma stessa o, al massimo, andrebbero ad allinearsi con la datazione in cui se ne osserva la precoce applicazione nell'edilizia romana centro-italica. Questo dato sembrerebbe piuttosto sorprendente e permetterebbe di riconsiderare gli influssi tecnico-culturali che determinarono l'introduzione dell'opera cementizia nelle tecniche romane, come si cercherà di evidenziare.

È noto come l'impiego di miscele leganti a base calcica con funzione di rivestimento fosse ampiamente attestato a Roma nella media età repubblicana, e rappresenterebbe una trasmissione di tecnologie dall'ambiente ellenico greco e magno-greco (o addirittura punico[39]) in Roma stessa[40], però sicuramente mutuate nelle forme.

Che le malte con funzione di rivestimento pavimentale o parietale fossero ampiamente impiegate in antico già dal periodo minoico, se non da prima, è un fatto assodato[41]. Sappiamo inoltre come tutta la fascia adriatica si sia sempre dimostrata particolarmente ricettiva agli influssi di matrice greco continentale[42], in forme certamente superiori rispetto a quanto avvenne lungo la fascia tirrenica e nell'Urbe stessa, dove tale componente, mutuata dal mondo magno greco, sembrò tardare ad inserirsi nei suoi modelli tradizionali. Questa particolare influenza ellenico-continentale nella pianura padana orientale si evidenzia negli spostamenti di maestranze greche testimoniati, sotto il profilo edilizio, dai diffusi rinvenimenti di laterizi con modulo dimensionale del piede greco, impiegati nei grandi cantieri del nord Italia della età medio repubblicana (III-II sec. a.C.), a riprova di quale - e quanta - fosse la perizia tecnica di questi gruppi sociali, tanto abili nella costruzione da essere richiamati appositamente per le esperienze maturate soprattutto nell'ambito delle conoscenze poliorcetiche[43].

Alla luce di ciò, non è da escludere che il portato tecnico legato alla realizzazione delle gettate in *opus caementicium* pozzolanico rinvenute nelle fondazioni delle mura repubblicane aquileiesi, come per certi aspetti si era già velatamente avanzato in precedenza[44], non si debba ascrivere ad una testimonianza costruttiva prodotta anche da conoscenze e pratiche di matrice greco-ellenistica. Diversi sono gli elementi che sembrano supportare questa ipotesi: a) la mancata diffusione di questo tipo di calcestruzzo caratterizzato, ricordiamolo, dall'uso di una particolare calce idraulica prodotta da calcinazione di calcari selciferi (siano stati essi originariamente costituiti da sabbie/ghiaie o di blocchi appositamente cavati) nelle fasi più tarde di vita della colonia aquileiese; b) l'assenza delle "pozzolane" tradizionali richiamate dalle fonti romane (*harenae fossiciae*, *pulvis puteolana*); c) l'utilizzo di altri elementi strutturali (mattoni di piede greco) che attestano la presenza di maestranze greche nel cantiere delle mura.

L'uso a Narni di un calcestruzzo non dissimile da quello attestato ad Aquileia non sembra inoltre di ostacolo a questa possibile soluzione, in quanto il suo impiego è relativo ad una fase molto più tarda (età augustea)[45].

Ciò che manca per validare l'ipotesi sopra avanzata sono però i vari, troppi, elementi che mancano per una chiara ricostruzione del panorama tecnologico. Innanzitutto, non è stato possibile comprendere quale fosse esattamente il "calcare selcifero" calcinato per la produzione della calce naturale idraulica e quale fosse la sua provenienza, che si continua a supporre essere locale. In secondo luogo, non è attestato l'uso di calce idraulica nelle miscele per strutture di III e di prima metà di II sec. a.C. in Grecia e manca quindi, ad oggi, un confronto anteriore rispetto

[39] Forme di chiara trasmissione tecnologica tra il mondo punico e quello romano sono state osservate in Sardegna nell'ambito della realizzazione di cisterne nella fase a cavallo tra II e I sec. a.C. (SECCO *et alii* c.s.)

[40] MOGGETTA 2015, p. 31.

[41] Cfr. terminologia, usi nella storia

[42] BRACCESI 1977; BRACCESI, COPPOLA 1996.

[43] Cfr. BONETTO 2015 e da ultimo BONETTO 2019.

[44] Cap. VI, §1.6.1.

[45] Cfr. Cap. VI, §1.6.1.

al caso aquileiese; Sappiamo solamente che le tecniche di produzione del calcestruzzo fossero ben note ai Greci in quanto trovano applicazione, a Vergina, nei sottofondi preparatori di mosaici a ciottoli del Palazzo di Aegae della seconda metà del IV sec. a.C. (fig. IX.3, a-b). Sulla base dei risultati di analisi petrografiche e chimiche condotte nell'ambito di un recente studio[46], questi materiali cementizi non sembrano però presentare quelle caratteristiche pozzolaniche tali da permettere un confronto col legante dell'*opus caementicium* aquileiese; cionondimeno restituiscono elevatissima resistenza a compressione meccanica a testimonianza dell'ottima fattura (fig. IX.3, c)[47]; infine, un ultimo, cruciale, elemento di dubbio riguarda la cronologia di edificazione della cinta repubblicana stessa di Aquileia, che purtroppo non sembra essere supportata da elementi di datazione validi a tal punto da dimostrarne con sicurezza una realizzazione nella prima metà del II sec. a.C.; non si può escludere pertanto che la costruzione della cinta M1 non sia successiva.

Alla luce di ciò sembra impossibile oggi confermare se l'applicazione dell'*opus caementicium* ad Aquileia possa anticipare le prime applicazioni dell'opera cementizia a Roma stessa o non rappresenti piuttosto una forma di pronta ricezione di un sistema costruttivo già sperimentato in ambito centro italico e successivamente adattato nella colonia friulana utilizzando i materiali disponibili *in loco* al fine di dotare le fondazioni cementizie delle adeguate caratteristiche pozzolaniche, come sembrerebbe più semplice ipotizzare[48]. In tal caso si dovrebbe ascrivere, ancora una volta, ad una sperimentazione innovativa delle maestranze locali.

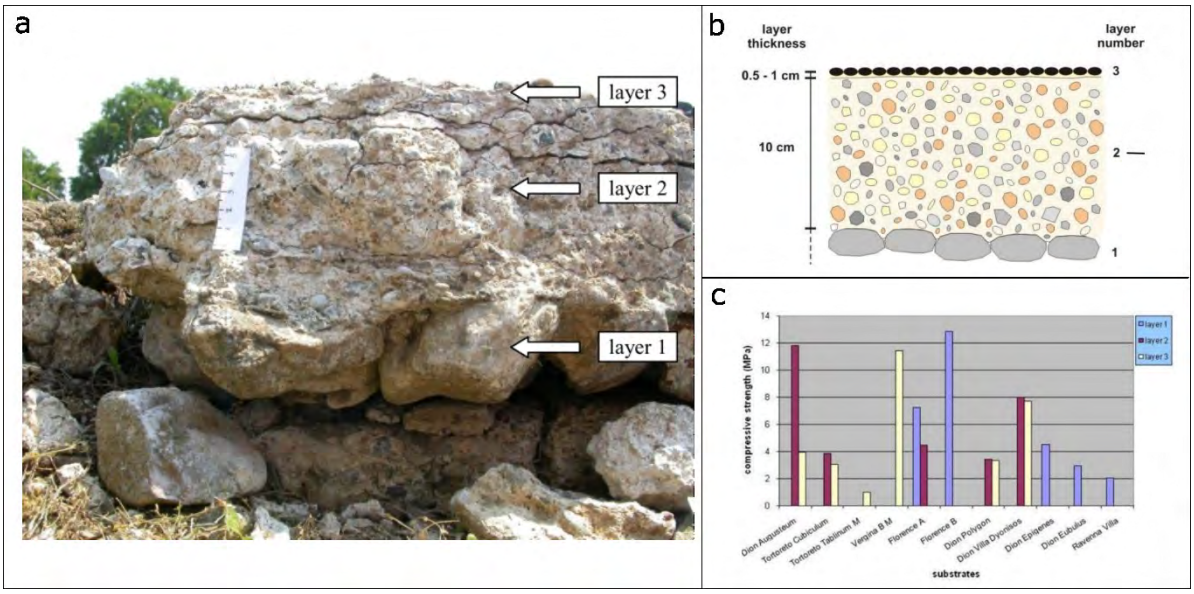


Fig. IX.3 - Vergina, Palazzo di *Aegae* (prima metà IV sec. a.C.). a) sottofondo preparatorio di un mosaico a ciottoli del Palazzo. Si osserva chiaramente l'impiego di calcestruzzo (da STARINIERI 2009, fig. 64, fig. 95); b) schema ricostruttivo delle stesure preparatorie del mosaico rappresentato ala fig. a (da STARINIERI 2009, fig. 65, fig. 95); c) Tabella riassuntiva dei valori di resistenza meccanica a compressione e trazione di campioni di massetti preparatori di pavimentazioni musive di cronologica differente (da STARINIERI 2009, fig. 72, p. 108).

Se il quadro delineato in relazione al periodo medio repubblicano sembra quanto più variegato nelle soluzioni preparatorie di materiali cementizi, nella successiva età tardo repubblicana lo scenario non sembra mutare affatto, ma anzi, se si analizzano le caratteristiche petrografico-mineralogiche degli aggregati impiegati in alcune malte di calce del periodo, la variabilità dei composti appare ancora maggiore[49].

[46] STARINERI 2009, pp. 94-103.
[47] STARINERI 2009, p. 108, fig. 72.
[48] Cfr. a riguardo le considerazioni avanzate in Cap. VIII, §3.1.
[49] Deve essere chiarito come non si ritiene qui che la variabilità tipologica nelle modalità di produzione di miscele leganti in età tardo repubblicana possa essere maggiore rispetto a quella del periodo precedente. Il dato statistico per il periodo medio repubblicano è infatti troppo limitato per una corretta letteratura.

Nei giunti di allettamento dei setti murari in blocchetti di calcare della *Domus* tardo repubblicana di Tito Macro vennero impiegate miscele di tipo CC2 con aggregato ghiaioso e legante calcico che non ritroviamo in epoca seguente in nessun altro ambito edilizio. Queste miscele di distinguono anche per i rapporti L/A particolarmente magri (1:3, 1:4) che sembrerebbero dimostrare, ancora una volta, la ridotta disponibilità nei cantieri di calce legante.

Infine, abbiamo le malte con aggregato vulcanico di provenienza alloctona del tipo LM4 che non sembrano essere attestate in epoche successive all'età alto imperiale e ricorrono sporadicamente in alcune strutture di età tardo repubblicana o augusteo/tiberiana[50]. Essendo stato chiarito, tramite indagine mineralogica e chimica, come le sabbie ad alto contenuto di pirosseni e microliti feldspatici in esse impiegate non conferiscano alcuna qualità performante ai composti, il loro approvvigionamento ad Aquileia non sembra essere intenzionale ma potrebbe derivare piuttosto da forme si smaltimento e reimpiego di zavorre che per via terrestre o, più probabilmente, a bordo di imbarcazioni, raggiungevano la città nord-adriatica, attraverso la fitta rete idrografica naturale e artificiale che ne permetteva il collegamento col mare[51].

Anche in questo caso, l'uso di tale aggregato "di importazione" andrebbe a sopperire alle difficoltà di approvvigionamento delle sabbie locali, in modo tale da rispondere ad una domanda di materiale per l'edilizia che testimonia la fervida attività costruttiva del periodo tardo repubblicano. Seppur ne sia documentato l'uso in un campione proveniente da una struttura collocata nei pressi del porto fluviale (COS_WM_32), malte del tipo LM4 sono attestate anche in strutture murarie ubicate a discreta distanza dal porto (*Insula* della Casa delle Bestie ferite). Ciò potrebbe suggerire addirittura una qualche modalità di vendita di questo materiale, e non solo una forma di smaltimento "intelligente" delle zavorre, smerciate nelle aree di carico-scarico nei pressi delle infrastrutture portuali. Da dati di letteratura, sembra però difficile circoscrivere questo fenomeno all'età repubblicana, in quanto resti di vulcaniti alloctone sono state rinvenute anche in malte di epoca tardo antica, sempre dall'area del porto fluviale[52].

Si osserva, nel complesso, come tutte le soluzioni che rivelano un ampio grado di "sperimentazione", riscontrabile sia nelle caratteristiche delle materie prime che nelle tecniche con cui sono prodotti i materiali cementizi in età repubblicana, appaiano contraddistinguere esclusivamente elementi murari e non sembrino invece assolutamente ritrovarsi negli altri ambiti del costruito.

Nella realizzazione degli apparati con funzione decorativa, quali potevano essere i rivestimenti musivi pavimentali ed i *tectoria* parietali, i leganti a base di calce aerea vennero infatti impiegati in maniera pressoché esclusiva. Se andiamo inoltre ad analizzarne le caratteristiche, ritroviamo l'applicazione di formule preparatorie molto più standardizzate, con chiari confronti con le tecniche che vennero in seguito "canonizzate" nel trattato vitruviano[53]. Da quanto osservato dall'analisi di campioni di I e II stile pompeiano, le tecniche preparatorie degli intonaci del periodo repubblicano, che sembrano trovare confronto con le caratteristiche descritte per i frammenti recuperati dagli scavi della *domus* in Via Gemina[54], dimostrano infatti una discreta adesione alla tradizione teorica per ciò che concerne tipologia di strati preparatori e materiali costituenti. Il prodotto finito si distingue sempre per l'ottima fattura, in termini di qualità esecutiva, percepibile sia nelle modalità preparatorie delle malte del *tectorium* che nelle tecniche di applicazione dei pigmenti, che rimasero ineguagliate nelle pitture di età successiva[55].

Alla stessa maniera, anche la costruzione delle pavimentazioni, in particolar modo musive, rivela una discreta adesione al modello vitruviano, seppur talune differenze debbano ascriversi

[50] Il campione più tardo che restituisce sporadica presenza di sabbie ad alto contenuto di pirosseni è CBF_WM_42, proveniente da una struttura muraria in conci di calcare del tipo F2/A6 (cfr. Cap. VI, §5).

[51] Su questa ipotesi cfr. Cap. VIII, §1.3.1.1.

[52] PORTULANO, URBAN 2001, p. 38.

[53] Cfr. Cap. VIII, § 3.7.

[54] MURGIA 2017, p. 13.

[55] Sulle caratteristiche degli intonaci aquileiesi, cfr. la sintesi Cap. VIII, §3.7.

ad adattamenti delle pratiche teoriche al contesto geomorfologico locale[56]. Va comunque nuovamente chiarito come la tradizione tramandata dagli autori latini faccia sempre riferimento a modelli "virtuosi", che probabilmente vennero applicati "alla lettera" solamente nei casi di committenze di elevata estrazione sociale, economica e culturale; questi modelli si discostano pertanto dalle ordinarie pratiche predisposte nei cantieri di costruzione di abitazioni di privati benestanti (ordine equestre?, *ordo decurionum*?) dove ritroviamo sempre l'applicazione di formule "ridotte", ravvisabili nella stratigrafia semplificata e nello spessore, nel complesso esiguo, delle stesure preparatorie, sia di ambito parietale che pavimentale.

La dicotomia che sussiste tra le tecniche preparatorie di materiali cementizi nei due principali contesti di applicazione (rivestimento a fini decorativi e strutturale) testimonia molto sul piano della formazione delle maestranze e degli artigiani circolanti nella città di Aquileia in epoca repubblicana.

Da un lato il difficile controllo del territorio e le forme ancora "incerte" di gestione delle risorse locali si rispecchiano in una sensibile variabilità nelle forme costruttive, che trova confronto anche nei materiali impiegati nell'edilizia stessa: ciò si osserva in particolar modo dall'analisi delle modalità di approvvigionamento e di uso della pietra, che appare costituita da litotipi quanto più vari, dove all'arenaria vennero presto affiancandosi la Pietra d'Istria e verso la fine della Repubblica, i calcari del Carso e la trachite euganea (fig. IX.4)[57].

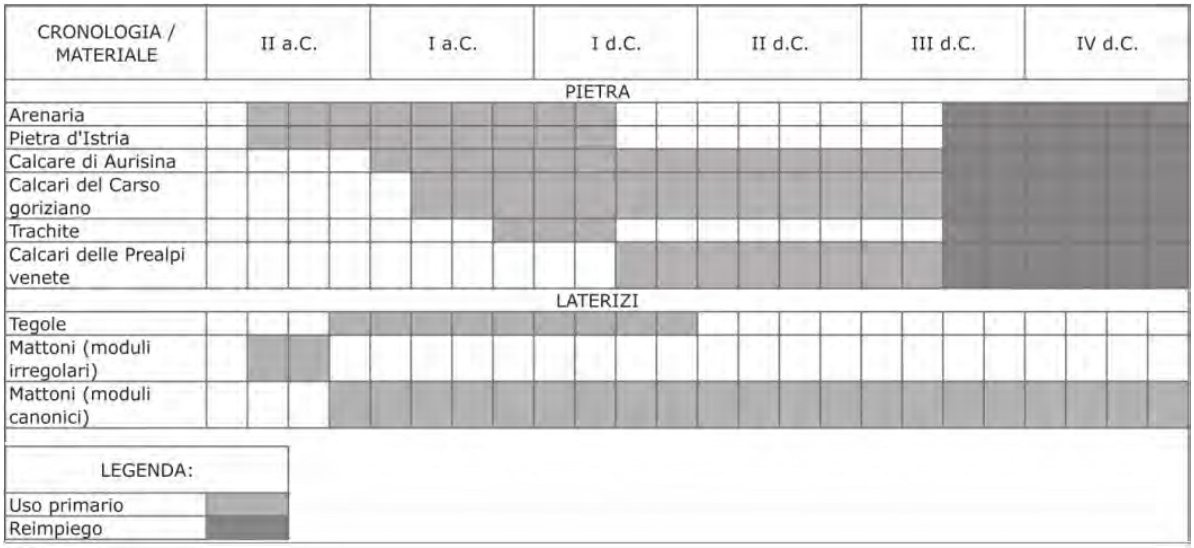


Fig. IX.4 - Tabella sinottica delle attestazioni dei materiali lapidei ad Aquileia in relazione alle cronologie di utilizzo (modificata da PREVIATO 2015, tab. 48, p. 526).

Di contro, nell'ambito della realizzazione di pregiati rivestimenti parietali a pavimentali che decoravano le case e gli edifici di maggior lusso della città antica, venivano richiamate maestranze dall'elevato bagaglio tecnico già ben formate nei modelli iconografico-decorativi vicini al gusto della tradizione ellenistica e campano-laziale[58]. È molto verosimile che la provenienza stessa delle maestranze fosse pertanto alloctona. Non è un caso che in una pavimentazione musiva, seppur di età leggermente più tarda rispetto al periodo qui trattato (prima età augustea), proveniente da un'abitazione dell'*Insula* della Casa delle Bestie ferite[59], le tessere nere fossero

[56] Sulle caratteristiche delle preparazioni pavimentali aquileiesi, cfr. Cap. VIII, §3.5.1.

[57] PREVIATO 2015, pp. 530-532. Non sono ancora state effettuate indagini sulle aree di cava delle argille costituenti i laterizi, che potrebbero apparire, alla stessa maniera, particolarmente varie sotto il profilo sedimentologico-mineralogico e testimonianza dell'impianto di *figlinae* in diverse aree del territorio.

[58] Per quanto riguarda la cultura decorativa pavimentale cfr. da ultimo BUENO 2017m, pp. 514-517; per la cultura artistico decorativa pittorica aquileiese cfr. SALVADORI 2012a, p. 35; MURGIA 2017, p. 14.

[59] Per un'analisi stilistica del pavimento in questione cfr. BUENO 2017z.

costituite da tefriti vulcaniche dell'area vesuviana, mentre quelle gialle siano invece riconducibili, pur con riserbo, al marmo Giallo Siena, proveniente dall'area toscana[60]. Questo è un dato particolarmente importante, in quanto le tessere nere con cui furono realizzati i mosaici aquileiesi nel pieno periodo imperiale venivano invece più spesso ricavate dal taglio dei calcari grigi/neri dell'area carnica-isontina[61]. Ciò palesa come i gruppi di mosaicisti centro-italici, oltre a trasferire in Cisalpina il loro "saper fare", portarono con sé anche le materie prime migliori, di cui conoscevano bene le caratteristiche coloristiche e le qualità fisico-meccaniche.

2.2 - L'ETÀ ALTO IMPERIALE (I SEC. D.C. – PRIMA METÀ II SEC. D.C.)

Nel corso del I sec. d.C., la città di Aquileia visse un periodo della sua vita assolutamente florido e stabile, tanto che proprio in questa fase si vide il superamento dell'abitato oltre quella che era l'ormai obsoleta cinta muraria urbana di età repubblicana, che venne in alcuni tratti demolita e parzialmente obliterata dalla costruzione di abitazioni al di sopra delle rasature murarie[62]. Anche in seguito alle vittorie di Tiberio nelle guerre dalmate, la città assunse un ruolo di primo piano nella gestione dei traffici commerciali del nord adriatico, divenendo il capolinea commerciale delle rotte che, dal mare, portavano le merci nel nord Italia, ed oltre, nel Norico[63].

Proprio in concomitanza con questo periodo di forte stabilità politico-sociale e di centralità economico-commerciale, si osserva, nel corso del I sec. d.C., un forte fenomeno di "standardizzazione" nelle modalità di realizzazione delle miscele leganti, soprattutto per ciò che concerne le materie prime in esse impiegate, del tutto analogo a quello riscontrato, nell'edilizia *tout court*, con la generalizzata affermazione dei calcari del Carso quale principale materiale lapideo da costruzione. L'uso di questo materiale, facilmente approvvigionabile e dalle ottime qualità estetiche e fisico meccaniche, determinò, se non la fine, una circolazione sempre più limitata dell'arenaria e della pietra d'Istria nell'edilizia aquileiese[64].

Questo forte senso di standardizzazione delle tecniche si osserva molto chiaramente nelle modalità produttive dei leganti applicati nell'ambito della realizzazione di strutture murarie.

Accanto alla malta di calce standard del tipo LM1, è il tipo LM2 a venire adottato sistematicamente quale materia legante di strutture murarie in pietra calcarea del tipo F2/A6 e F11/A4, o in tecnica mista del tipo F7/A6 (fondazione in tegole alzato in blocchetti di calcare) nonché per la realizzazione dell'*opus caementicium*. Le strutture in laterizi, soprattutto se a corpo pieno e pertanto autoportanti (tipo F5/A8), erano invece messe in opera su sottili stesure di malta di calce del tipo LM1.

La variabilità delle materie leganti sembra invece essere ancora ricorrente nelle modalità di costruzione degli apparati di scarico delle acque, dove si continua a rilevare l'uso di malte di terra non solo fino all' età imperiale[65], ma anche successivamente[66].

L'intensificarsi della circolazione di pietra calcarea ad Aquileia, in seguito al sempre più stretto controllo esercitato sulle cave del Carso, mise a disposizione un materiale perfettamente adatto all'edilizia e un'ottima risorsa per la produzione di calce. Le analisi SEM-EDS hanno dimostrato come nella maggior parte dei casi il legante utilizzato per la produzione dei materiali cementizi sia compatibile con i calcari puri, quali possono essere, per l'appunto, quelli del comprensorio carnico[67]. L'aggregato è sistematicamente rappresentato da sabbia media o medio/fina associata a ghiaia medio/fina riferibile ai depositi sedimentari dipendenti dal sistema isontino.

---

[60] BOSCHETTI, DILARIA, MAZZOLI, SALVADORI c.s.
[61] PORTULANO, BUGINI, FOLLI 2002; PREVIATO 2015, p. 515.
[62] BONETTO 2002, pp. 173-174; BONETTO 2009; p. 86.
[63] Cfr. a riguardo Cfr. Cap. I, §1.3.
[64] PREVIATO 2015, p. 517, 531
[65] Cfr. campione COS_CM_2.
[66] Cfr. Cap. VIII, §3.4.1; cfr. inoltre PREVIATO 2015, p. 347, e nota 378.
[67] Cfr. Cap. VIII, §1.1.1.1.

Inoltre, ritroviamo una fedele adesione con i precetti vitruviani nelle modalità di realizzazione di malte di calce generiche prodotte con sabbie fluviali o marine[68], che ad Aquileia risultano realizzate con legante calcico miscelato ad aggregato sabbioso fluviale nei rapporti di 1:2 circa (fig. IX.5, a). Andando nello specifico ad osservare le miscele impiegate in ambito strutturale, le malte impiegate nelle opere cementizie fondazionali sono prevalentemente afferenti al tipo LM2 e risultano prodotte con una componente legante leggermente più abbondante della media, con rapporti L/A compresi tra 1:2 e 1.1.5 (fig. IX.5, b). Di contro, nelle strutture murarie le miscele appaiono più magre e, se il tipo LM1 si avvicina ancora agli standard vitruviani, le malte del tipo LM2 risultano invece leggermente più magre per via dell'abbondante aggregato ghiaioso. In queste ultime il rapporto L/A può arrivare a 1:3 o, rarissimamente, addirittura a 1:4 (fig. IX.5, c).

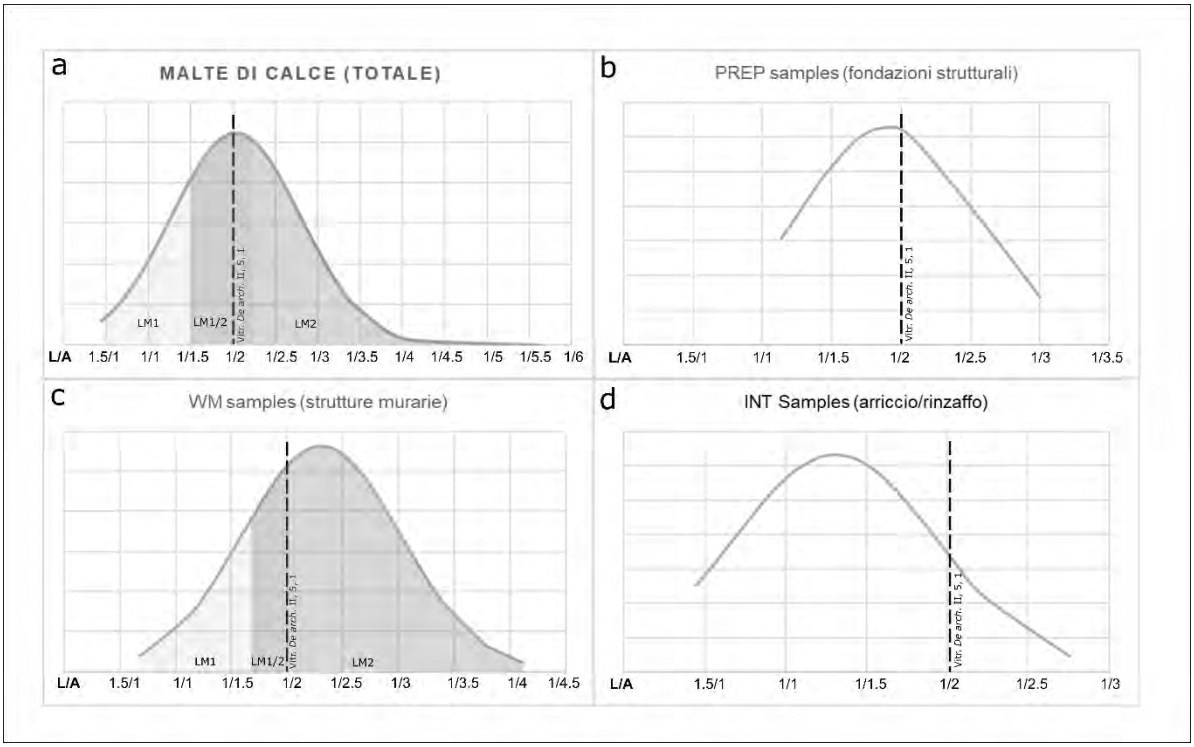


Fig. IX.5 - Rapporti Legante/Aggregato delle malte di calce di età alto imperiale in relazione alle norme vitruviane riguardo la realizzazione di malte con calce e sabbia fluviale/marina (VITR. *De arch*. II, 5, 1). a) Distribuzione normale della totalità dei campioni di malta di calce di età alto imperiale in relazione al rapporto L/A; b) Distribuzione normale della totalità dei campioni di malta di calce da fondazioni strutturali (platee fondazionali) di età alto imperiale in relazione al rapporto L/A; c) Distribuzione normale della totalità dei campioni di malta di calce da strutture murarie di età alto imperiale in relazione al rapporto L/A; d) distribuzione normale della totalità dei campioni di malta di calce da intonaci parietali di età alto imperiale (II-IV stile) in relazione al rapporto L/A.

L'ampio tasso di standardizzazione composizionale dei materiali cementizi di questo periodo, e la stretta relazione che si osserva tra le tipologie di miscele e le tecniche murarie, testimonia una ormai maturata esperienza nell'ambito costruttivo ed un ormai consolidato sistema di gestione delle risorse del territorio e delle infrastrutture per l'approvvigionamento delle materie prime (rete stradale, rete fluviale).

Non è però facile valutare il tasso di perizia tecnica delle maestranze circolanti ad Aquileia in età alto imperiale, che ci aspettiamo essere elevato visto il ruolo propulsore che il centro assunse da questo periodo nella formulazione di un linguaggio artistico-decorativo proprio.

Nell'arte pittorica, si osservano scelte stilistiche innovative in cui i modelli centro-italici vengono coinvolti in un processo di rielaborazione che porta alla formazione di un "gusto di sito"

[68] VITR., *De arch*., II, 5, 1.

pienamente autoctono[69]; nelle decorazioni pavimentali, si assiste all'elaborazione delle particolari tecniche miste del "sectile-tessellato" e del "pavimento a grandi tessere fittili e tessellato", che dimostrano la capacità delle botteghe aquileiesi di personalizzare le scelte stilistiche e iconografiche centro-italiche in caratteri nuovi, fortemente identitari[70].

Sotto il profilo degli apparati preparatori di manufatti musivi o parietali, le tecniche adottate non sembrano comunque discostarsi dalle pratiche in voga nelle fasi più antiche, ma anzi permangono inalterati gli elevati standard produttivi già osservati nel periodo medio e tardo repubblicano[71]. Una leggera inflessione si riscontra nell'ambito della produzione pittorica, che appare mantenersi comunque su canoni elevati, del tutto comparabili con le produzioni del periodo precedente[72].

L'attenzione riservata alla qualità dei composti predisposti per rivestimenti decorativi è anche apprezzabile nelle modalità di preparazione degli impasti preparatori: in questi ultimi, le malte di calce vengono realizzate con frazione legante leggermente più abbondante rispetto allo standard "normale", e pertanto testimoniano una cura maggiore nella messa in opera e costi superiori per la compravendita delle materie prime (fig. IX.5, d), rispetto a malte dello stesso tipo predisposte per le strutture murarie. Le miscele in assoluto più grasse di questo periodo sono quelle predisposte per il *nucleus* di pavimenti musivi e in *opus sectile*, che si discostano sensibilmente dai rapporti vitruviani, fissati ad 1:3[73]; più complesso è il confronto delle proporzioni tra i materiali costituenti le *ruderationes*, in quanto il trattato vitruviano appare piuttosto ambiguo circa le proporzioni esatte tra i materiali costituenti[74].

Inoltre, anche tramite indagine chimica è stato comprovato come le calci migliori vennero utilizzate sempre nella realizzazione di malte per intonaci parietali, mentre si fece più spesso ricorso a quelle meno pure, contenenti deboli infiltrazioni silicatiche e alluminose di natura argillosa, per la produzione di leganti per strutture murarie[75]. Lo stesso discorso si può fare anche per l'acqua impiegata negli impasti: quella del tutto depurata, senza infiltrazioni saline, imprescindibile per la realizzazione di malte dei *tectoria*, non fu sempre utilizzata per la produzione di miscele leganti da applicare in ambito strutturale[76].

Tutti i dati sembrano dimostrare come le migliori materie prime, nonché le maestranze di miglior formazione tecnica, operassero nella realizzazione di apparati decorativi di rivestimento, siano a destinazione pavimentale o parietale; di contro, nel campo edilizio, sia di ambito pubblico che privato, non si raggiunsero mai gli stessi standard di eccellenza.

Sotto quest'aspetto, se da un lato l'analisi dei prodotti pozzolanici dei cocciopesti impiegati nella realizzazione di vasche aquileiesi conferma una sicura superiorità tecnica di questi prodotti rispetto a quelli impiegati in un centro di provincia quale poteva essere Nora[77], non dobbiamo dimenticarci come l'analisi sia stata condotta ponendo a confronto due realtà urbane che in questo periodo non risultano affatto comparabili sul piano sociale e geopolitico[78]. Purtroppo, non è ancora stato definito un protocollo analitico che permetta di "comparare" la qua-

[69] I principali lavori a riguardo la formulazione del senso di identità della produzione pittorica nord-italici e aquileiese in particolar modo cfr. in particolare SALVADORI 2005; SALVADORI 2012.

[70] RINALDI 2017, p. 523.

[71] Cfr. Cap. VIII, 3.5.1.

[72] Cfr. supra Cap. VIII, 3.7.

[73] VITR. *De arch*. VII, 1,3.

[74] Cfr. Cap. VIII, §2.2.1.1.

[75] Cfr. Cap. VIII, §1.1.1.1.

[76] Per tutto ciò che riguarda le caratteristiche dell'acqua impiegata nelle miscele aquileiesi cfr. considerazioni in Cap. VIII, §1.2.

[77] In un recentissimo studio (SECCO *et alii* c.s.), sono state presi in esame le modalità di stesura e di produzione dei rivestimenti impermeabilizzanti di un'ampia serie di cisterne per la conservazione dell'acqua. Il confronto con questa città della Sardegna romana è determinato dal fatto che le analisi mineralogiche sulle miscele leganti sono state effettuate con la medesima metodologia adottata in questo studio e pertanto i dati quantitativi desunti da indagine XRPD-*bulk* sono perfettamente confrontabili (Cfr. Cap. VIII, §3.4.2).

[78] Sulla storia di Nora cfr. in sintesi TRONCHETTI 2018.

lità tecnico-strutturale di edifici antichi, declinato in un *vademecum* di analisi delle singole porzioni architettoniche. Certo è che se si pongono a confronto le tecniche di realizzazione delle platee di fondazione degli edifici per spettacoli aquileiesi con quelle recentemente indagate, applicando le medesime metodologie di indagine descritte in questo studio, in un centro importante dell'Italia settentrionale quale era *Patavium*, sicuramente non inferiore ad Aquileia in termini di ricchezza e prosperità durante l'età augustea e alto imperiale[79], si può chiaramente constatare come i sistemi costruttivi in questi due importanti siti urbani siano assolutamente differenti nei termini della qualità complessiva delle opere strutturali. I materiali cementizi impiegati nelle fondazioni degli edifici per spettacoli patavini sono eccezionali sotto ogni punto di vista, come dimostrato anche dalle indagini meccaniche effettuate sull'*opus caementicium* fondazionale del teatro, che hanno permesso di evidenziare caratteristiche di resistenza e di coesione del materiale straordinarie, del tutto inusuali per il periodo romano[80]. Se raffrontate ai casi aquileiesi non può esservi assolutamente alcun paragone con le tecniche, a dir poco approssimative, con cui furono realizzate le platee di fondazione del teatro ma, soprattutto, dell'anfiteatro aquileiesi, quest'ultimo descritto come un'opera cementizia ad elevata contaminazione terrigena con fini "smagranti". Rispetto alle brecce riolitiche pozzolaniche impiegate nelle miscele patavine, le stesure fondazionali dell'anfiteatro aquileiese sono prodotte con malte di argilla e frammenti fittili del tipo CSM2 dal debolissimo potere impermeabilizzante.

Nel caso di Padova, la disponibilità *in loco* della materia prima pozzolanica, che risulta provenire da Monte Alto presso i Colli Euganei a pochi chilometri di distanza dalla città, ha sicuramente determinato il pronto sfruttamento di questi depositi per la produzione di miscele leganti.

Questo aspetto non rende però motivata la loro assenza ad Aquileia. Se le proprietà di questo materiale fossero state conosciute dalle maestranze aquileiesi il loro approvvigionamento sarebbe stato estremamente semplice dato che questi materiali piroclastici potevano essere recuperati dalle stesse zone da cui si cavava la trachite euganea, roccia che, come detto precedentemente, trovò larga applicazione nell'edilizia aquileiese[81]. Come già attestato[82], il trasporto, sotto forma di zavorre, delle sabbie pozzolaniche euganee poteva pertanto avvenire contestualmente al trasporto della resistente pietra vulcanica, a bordo di imbarcazioni che raggiungevano il centro nord-adriatico principalmente per via fluviale ed endolagunare[83]. Non si può provare se siano state più le problematiche del trasporto, la poca "visibilità" che sembra aver avuto[84] o, infine, il costo elevato, legato alla compravendita di questo materiale pozzolanico[85], ad aver influito in maniera determinante nella sua mancata diffusione ad Aquileia.

Infatti, dall'analisi dei materiali cementizi di età imperiale, non si osservano quelle formule commerciali di medio e ampio raggio già evidenziate nell'ambito dei materiali lapidei e chiaramente riscontrato con l'introduzione, ad Aquileia, della trachite Euganea e dei calcari delle Prealpi Venete, il cui approvvigionamento era strettamente vincolato alla destinazione funzionale. La prima, in virtù dell'estrema durezza e durabilità, venne utilizzata per la realizzazione di

[79] STRAB., *Geog*. V, 1, 7.

[80] Cfr. Cap. VIII, §3.1.

[81] BONETTO, PREVIATO 2013, pp. 156-157; PREVIATO 2015, pp. 451-457; ZARA 2018, pp. 227-230.

[82] Il trasporto di pozzolane recentemente riconosciute come afferenti al complesso dei monti *vulsinii* (MARRA, D'AMBROSIO 2013), in qualità di zavorre è attestato già nel III sec. a.C. dal relitto B di Pisa (GIACHI, PALLECHI 2000; PECCHIONI *et alii* 2007).

[83] ZARA 2018, pp. 313-359.

[84] Il materiale non risulta richiamato in nessuna fonte di età antica; anche autori Rinascimentali quali il Palladio (PALLADIO 1570, I, 5. Cfr. inoltre ARCOLAO 2001, p. 4.) e lo Scamozzi (SCAMOZZI 1615, II, 7, 17), pur facendo menzione di un particolare calcare da cui si otteneva una calce con qualità idrauliche nei pressi di Padova, non riportano alcuna testimonianza di tale pregiata polvere vulcanica.

[85] Il bacino di estrazione delle brecce riolitiche di Monte Alto appare piuttosto limitato in termini di estensione territoriale (VOLPIN 2017/2018, pp. 136-138). Ciò potrebbe aver determinato costi elevati in quanto il materiale è naturalmente limitato. Tuttavia, gli studi sono ancora ad uno stato talmente embrionale che non è possibile, ad oggi, delineare alcuna dinamica commerciale con sicurezza.

strade e basolati, mentre la seconda, essendo facilmente lavorabile in lastre, trovava impiego come rivestimento pavimentale di spazi e corti scoperte[86]. L'unico materiale di importazione che si ritrova nelle miscele leganti di questo periodo è il marmo, sempre presente in traccia. In questo caso il suo utilizzo non rappresenta però altro che una forma di reimpiego delle schegge avanzate dall'attività scultorea e decorativa, che venivano quindi macinate prima di essere utilizzate come aggregato all'interno degli strati in stucco. Lo ritroviamo infatti in intonaci di II stile e, con una frequenza lievemente maggiore, di III e IV stile. In sostanza i marmi raggiungevano si Aquileia ma per scopi differenti dal loro impiego quale aggregato in malte e calcestruzzi.

Un dato di assoluto interesse è infine l'assenza, in quest'epoca, di qualsiasi prova dell'uso di *pulvis puteolana* o di *harenae fossiciae* ad Aquileia. Recenti studi ne hanno dimostrato il commercio anche per lunghe tratte tanto che tonnellate di pozzolana flegrea vennero impiegate addirittura nella costruzione dei moli di Cesarea sulla costa levantina, città fatta costruire da Erode Attico tra il 25 e il 13 a.C.[87]. Pur considerando la limitata distanza, nulla di tutto ciò si riscontra nella città nord adriatica. Dai risultati delle analisi archeometriche effettuate, anche le malte impiegate nelle strutture spondali delle banchine di età imperiale del porto fluviale, così come gran parte delle miscele impiegate a livello fondazionale, sembrano essere invece del tutto aeree[88].

È pertanto probabile che in ambito portuale l'adeguata impermeabilizzazione delle strutture venisse invece conferita dai rivestimenti in pietra d'Istria[89], ma in caso di rivestimenti impermeabilizzanti resi tramite applicazione di miscele leganti sembra prediligersi l'uso di malte di cocciopesto ad elevata frazione fittile micrometrica (tipo CP1b, CP2)[90].

2.3 - LA ETÀ MEDIO IMPERIALE (SECONDA METÀ II SEC. D.C. – III SEC. D.C.)

La media età imperiale corrispose ad Aquileia con un periodo di instabilità, durante il quale la città dovette far fronte a diversi attacchi e invasioni, prima tra tutte quella di Quadi e Marcomanni che, tra 161 e 165 d.C., arrivarono addirittura ad assediarla. Successivamente, nel 238 d.C., fu nuovamente cinta da assedio da Massimino il Trace e in tale occasione, come ricorda Erodiano, gli aquileiesi si impegnarono a ripristinare le antichissime mura repubblicane, fortificandole con nuove torri[91].

Seppur il periodo risulti ricco di eventi di importanza storica, in realtà molto poco se ne conosce sotto il profilo archeologico, dato che si osserva una certa lacuna di contesti attribuiti con certezza all'età medio imperiale, soprattutto nel campo dell'edilizia. L'impianto urbano infatti non sembra modificare l'assetto assunto nel corso del I sec. d.C.[92], se non per la costruzione del circo, nella zona nord-occidentale della città, negli anni finali del III sec. d.C.[93]. Questa fase è invece molto spesso testimoniata da attività di rifacimento e restauro, particolarmente evidenti nei contesti abitativi dalle ricostruzioni di pavimentazioni e decorazioni parietali, da cui provengono la maggior parte dei campioni di materiali cementizi attribuibili a questo periodo.

Se quindi nell'edilizia, l'età medio imperiale viene percepita come una fase senza importanti modificazioni nei sistemi e nelle tecniche da costruzione[94] e di passaggio verso la Tarda Antichità, momento in cui invece tanto venne mutando nell'aspetto urbano la città romana, sotto

[86] PREVIATO 2015, pp. 444-445.
[87] VOLA *et alii* 2011, pp. 318-334; OLESON, JACKSON, VOLA 2014, pp. 275-279.
[88] Cfr. Cap. VI, §7, campioni PFE_WM_1 e 2.
[89] Cfr. a riguardo PREVIATO 2015, pp. 102-103 e bibliografia *ivi* riportata.
[90] Cfr. Cap. VIII, §§2.1.3.2; 2.1.3.3.
[91] Cfr. Cap. I, §4; sul potenziamento della cinta M1 cfr. Cap. VI, §1.2.1
[92] Sull'impianto urbano medio imperiale anche rispetto al periodo precedente cfr. TIUSSI 2009, pp. 73-77.
[93] Le più recenti indagini ne attribuiscono la costruzione ad età tetrarchica TIUSSI 2018, pp. 270-272.
[94] PREVIATO 2015, p. 523. Nella sintesi storica sulle tecniche costruttive questo periodo storico viene infatti accorpato e discusso assieme al periodo alto imperiale.

il profilo delle decorazioni pavimentali si osserva una più decisa cesura rispetto al periodo precedente nella scelta dei motivi iconografici e stilistici[95]. Egualmente, nell'arte pittorica appaiono diffondersi i sistemi di imitazione dell'*opus sectile* che rappresentano un'evoluzione rispetto al "sistema a pannelli", in voga durante l'alta età imperiale nei territori del nord Italia[96].

Le strutture murarie di questo periodo da cui sono stati prelevati campioni di miscele leganti sono piuttosto limitate e non sembrano testimoniare sensibili segni di cambiamento rispetto al periodo precedente. Un aspetto da mettere in risalto sembra essere l'introduzione, un po' più marcata, dell'uso di frammenti fittili di dimensione sub-centimetrica nelle malte di calce, in quantitativi comunque sempre limitati (< 20 %), come testimoniato dai campioni COS_WM_6 e 7[97]. Non mancano addirittura casi in cui alcuni setti murari di questo periodo risultino essere legati tramite malte di cocciopesto, secondo una pratica mai attestata nel periodo precedente e che diverrà invece più frequente in epoca tarda[98].

Caratteri di transizione tra le tecniche di età imperiale e quelle di epoca tardoantica si osservano invece meglio nelle modalità realizzative di rivestimenti pavimentali e parietali.

Nel corso di questo studio si è infatti potuto evidenziare un progressivo allontanamento nelle tecniche preparatorie dei pavimenti, in particolar modo musivi, rispetto alle tradizioni in voga fino all'età alto imperiale. Non è del tutto infrequente che le miscele preparatorie degli strati superficiali del massetto, associabili al *nucleus*, restituiscano un incremento sensibile della componente sabbiosa, pressoché assente invece nei prodotti cementizi di età precedente in questa tipologia di manufatti, ma che invece risulta essere l'elemento caratterizzante delle tecniche preparatorie di età tardoantica[99].

Un *trend* del tutto simile si osserva anche nelle modalità di realizzazione degli intonaci parietali[100]. Sono soprattutto la fattura più scadente dell'intonachino e le modalità di applicazione dei pigmenti a dimostrare un progressivo, sensibile, allontanamento rispetto alle tecniche di produzione adottate fino all'età alto imperiale, nonché dalla prassi teorica tramandate nelle opere di autori dell'epoca quali Cetio Faventino. Da quanto riportato nel trattato di questo autore vissuto tra II e III sec. d.C. sembra invece che la tradizione romana si mantenga sui precetti vitruviani e pliniani, mentre le integrazioni ai testi dei celebri trattatisti risultano minime[101].

Le dinamiche sopra esposte quindi sembrano evidenziare un sempre più profondo distacco tra la teoria e le comuni pratiche di cantiere. Distacco che, come vedremo, appare esasperato nelle forme assunte durante tutto il periodo tardoantico.

2.4 - L'ETÀ TARDO IMPERIALE (IV – V SEC. D.C.)

La prima metà del IV sec. d.C. fu per Aquileia un periodo di rinnovata prosperità: divenne innanzitutto sede del governatore della *Venetia et Histria*; il passaggio della famiglia imperiale costantiniana promosse la costruzione di un vasto impianto termale e la figura del vescovo Teodoro determinò l'installazione del primo centro episcopale della città. Aquileia divenne così tanto celebre da essere decantata da Ausonio come la nona città più importante di tutto l'impero, subito dopo di Capua[102]. Tuttavia, proprio perché ricca e prospera divenne oggetto di frequenti e ripetuti assedi negli anni tra la metà del IV e la metà del V sec. d.C. Prima vi fu, nel 361 d.C., quello di Giuliano l'Apostata a cui seguì, nemmeno un secolo dopo, l'invasione attilana, sotto i colpi della quale la città fu costretta a cedere nel 452 d.C. A nulla valse la protezione offerta dalle due cortine murarie, le cosiddette cinte M2 e M3, che andarono ad ampliare, tra IV e V sec. d.C.,

[95] RINALDI 2017, p. 522.
[96] SALVADORI 2012a, pp. 33-35.
[97] Cap. VI, § 6.5.1.
[98] Cfr. Cap. VIII, §2.1.3.1.
[99] Cfr. §3.5.1.
[100] Cfr. §3.7.
[101] Sulle integrazioni di Faventino ai testi vitruviani e pliniani cfr. GRECO 2011, pp. 99-111.
[102] Cfr. Cap. I, §5.

il circuito difeso della città antica. Tuttavia, la conquista di Attila non determinò la fine di vita di Aquileia. Diverse sono le testimonianze archeologiche che palesano attività di ricostruzione e rifacimento di abitazioni ed edifici pubblici nella seconda metà del V sec. d.C., i cui esempi più importanti sono rappresentati dalle ricostruzioni e potenziamenti delle aule teodoriane effettuate dai patriarchi Cromazio e Fortunazio[103].

I segni storici di questo periodo trovano un variabile riscontro nelle testimonianze archeologiche del tempo, assolutamente non concordi nelle linee di sintesi.

Gli studi sull'edilizia tardo antica hanno dimostrato un radicale cambiamento nei sistemi costruttivi, caratterizzati dalla diffusione incontrollata della pratica del reimpiego di materiali spoliati da edifici più antichi; si diffondono le tecniche di messa in opera più caotiche e disordinate, evidenti soprattutto nelle modalità di costruzione di setti murari, nella maggioranza dei casi ascrivibili al tipo in tecnica mista F10/A13. Ciò testimonia come il complesso sistema infrastrutturale connesso con la gestione e trasporto del materiale lapideo andò progressivamente destrutturandosi, seppur la produzione laterizia si fosse mantenuta ancora attiva perlomeno fino alla metà del V sec. d.C. [104].

Nell'ambito della produzione pittorica sembra perpetuarsi il gusto per le decorazioni a finti marmi che caratterizzava il terzo secolo[105], in soluzioni che trovano nelle decorazioni delle pareti delle Aule teodoriane gli esempi meglio noti e studiati del periodo[106]. Tuttavia, le difficoltà nell'analisi di questa classe di materiali stanno, ancora una volta, nel contesto di rinvenimento, quasi sempre secondario, che rende estremamente difficile l'attribuzione cronologica dei nuclei e la ricostruzione degli ornati degli apparati parietali stessi.

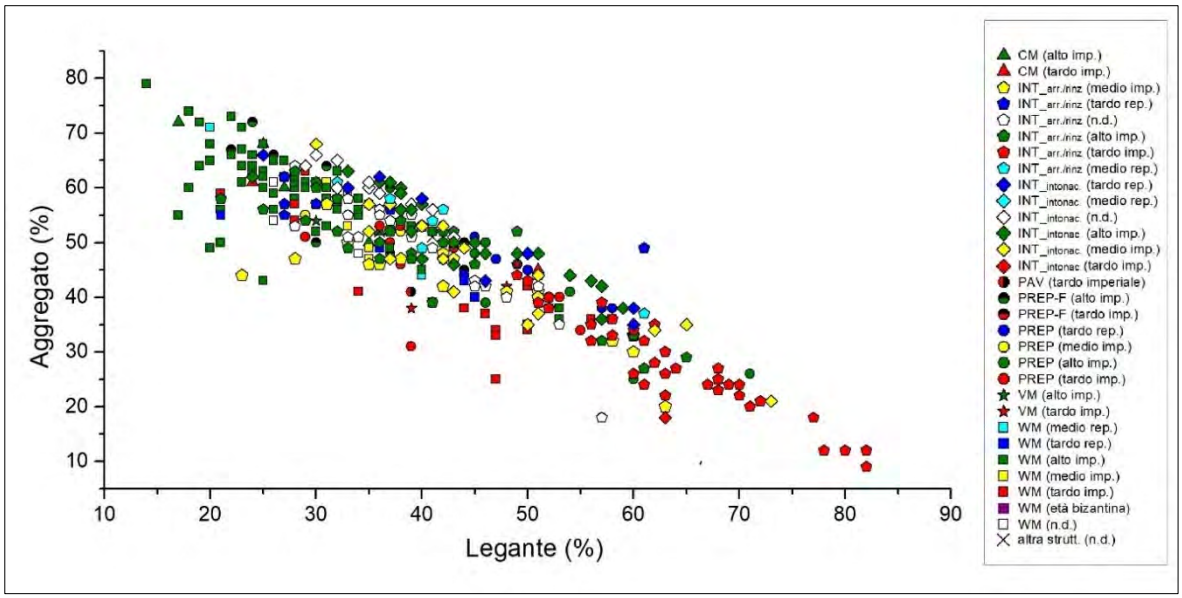


Fig. IX.6 - Grafico distributivo della totalità dei campioni di malte secondo i valori percentuali di legante (asse X) in relazione all'aggregato (asse Y). Non sono rappresentati i campioni afferenti agli strati di allettamento delle tessere in mosaici pavimentali (puro grassello) e le malte di terra di diversa tipologia. Le sigle in legenda corrispondo a: CM = miscele impiegate in infrastrutture idrauliche; INT_arr./rinz. = miscele preparatorie degli strati più profondi di intonaci parietali; INT_intonach. = miscele preparatorie degli strati più profondi di intonaci parietali di supporto al pigmento; PAV= miscele afferenti a rivestimenti pavimentali; PREP-F = miscele da grandi platee fondazionali in *opus caementicium*; PREP=miscele di preparazione di piani pavimentali; VM = miscele impiegate in volte strutturali in *opus caementicium*; WM miscele di allettamento di paramenti e nuclei di strutture murarie.

[103] Su questi interventi cfr. Cap. VII, §1.2 e bibliografia *ivi* riportata.
[104] PREVIATO 2015, pp. 523-526.
[105] In sintesi, cfr. SALVADORI 2012a, pp. 33-35.
[106] Sulla decorazione delle aule teodoriane cfr. SALVADORI, TIUSSI, VILLA 2014; SALVADORI, TIUSSI, VILLA 2010.

Infine, è soprattutto nell'ambito della produzione pavimentale che Aquileia si afferma per una rinnovata fioritura della produzione musiva, con un moltiplicarsi di rinvenimenti che arrivano a rappresentare il 20% del totale attestato in città[107]. Nel repertorio iconografico della prima metà de IV sec. d.C. si osserva un sensibile arricchimento nella scelta dei motivi e delle soluzioni decorative figurate e geometriche[108]; nella seconda metà del secolo questo senso propulsore sembra progressivamente affievolirsi, seppur ravvivato, verso la fine del IV e durante il V sec. d.C. dall'influsso stilistico esercitato dai modelli africani[109].

L'analisi dei campioni di miscele leganti ha restituito risultati che sembrano porsi in parte in accordo e in parte in disaccordo con quanto desunto da altri studi, soprattutto per ciò che riguarda aspetti eminentemente qualitativi.

Un aspetto che caratterizza gran parte delle miscele del periodo tardoantico è la sproporzione nell'uso di calce legante nei composti cementizi, ora ascritti prevalentemente al tipo LM3 (fig. IX.6)[110]; la natura dell'aggregato non sembra influire in questa tendenza che appare caratterizzare anche le malte a cocciopesto e in stucco prodotte in questo periodo.

Tale fenomeno è sicuramente esito delle dinamiche di spoliazione dei materiali da costruzione da edifici antichi che assunse forme incontrollate in età tardoantica. Il materiale calcareo migliore, nonché i marmi, erano sicuramente destinati alla calcinazione diretta, come comprovato dal carico rinvenuto all'interno della calcara tardoantica messa in luce presso la sponda orientale del porto fluviale, il cui carico, rinvenuto ancora all'interno del *fortax*, appare costituito in massima parte da blocchi architettonici ed edilizi in calcare e marmo[111].

L'ampia disponibilità di calce, in forme del tutto diverse rispetto al periodo precedente, determinò sicuramente l'abuso nei dosaggi del legante, divenendo l'elemento caratterizzante delle miscele prodotte ad Aquileia in epoca tardoantica[112]. Tali caratteristiche sembrano ricorrere sistematicamente in ambito urbano, mentre si osservano meno chiaramente nel suburbio, dove soprattutto nella realizzazione impianti produttivi, come la calcara sopra menzionata, continua a perpetrarsi l'uso di malte di terra[113].

Si assiste quindi a quel totale distacco tra le pratiche cantieristiche e la prassi tecnica tramandata dalle fonti tardoantiche, che era già stato labilmente anticipato in epoca precedente. Seppur l'autore tardoantico R. T. Palladio introduca nel suo trattato diversi elementi innovativi in merito alla produzione di materiali cementizi[114], i rapporti composizionali tra le materie prime (calce e aggregati) si mantennero ancora fedelmente dipendenti dal "canone" vitruviano. In tema di malte di calce generiche si continuava a riportare le proporzioni di 1:2 tra calce e sabbia[115], mentre i rapporti tra legante e aggregato delle malte aquileiesi risultano costantemente superiori a 1:1, arrivando spesso a valori di 2:1 o 3:1. (Fig. IX.7, a).

Tale caratteristica contraddistingue sia le miscele predisposte in ambito preparatorio pavimentale (fig. IX.7, b) che strutturale (fig. IX.7, c) ma appare esasperata nell'ambito della realizzazione di intonaci, dove le malte dei *tectoria* assumono spesso rapporti superiori a 2:1 (fig. IX.7, d).

Molti sono anche gli altri elementi di differenza col periodo precedente che risultano evidenti soprattutto nell'ambito della realizzazione di pavimentazioni e intonaci parietali, che appaiono ora realizzati con tecniche molto più "povere".

Le pavimentazioni musive provenienti delle abitazioni dell'*Insula* della *Domus* delle Bestie ferite prese in esame in questo studio risultano messe in opera su preparazioni inconsistenti,

[107] Cfr. da ultimo NOVELLO 2017, p, 525.
[108] *Ibidem* , pp. 527-530
[109] *Ibidem*, pp. 530-533.
[110] Cfr. Cap. VIII, §2.1.1.3.
[111] Cfr. Cap. VI, §7.
[112] Come infatti già si supponeva in seguito ad indagine macroscopica PREVIATO 2015, p. 524.
[113] Cfr. Cap. VI, §7.
[114] Cfr. a riguardo GRECO 2011, pp. 134-136.
[115] PALL. *De arg*. I, 10, 3.

rese tramite stesure di 2-5 cm di malta di calce del tipo LM1/LM3 molto friabili e ad alto contenuto di calcinaroli, a testimonianza di una ridotta miscelazione degli impasti. Il vespaio è assente, pertanto il massetto risulta disposto direttamente al di sopra di riporti terrosi[116].

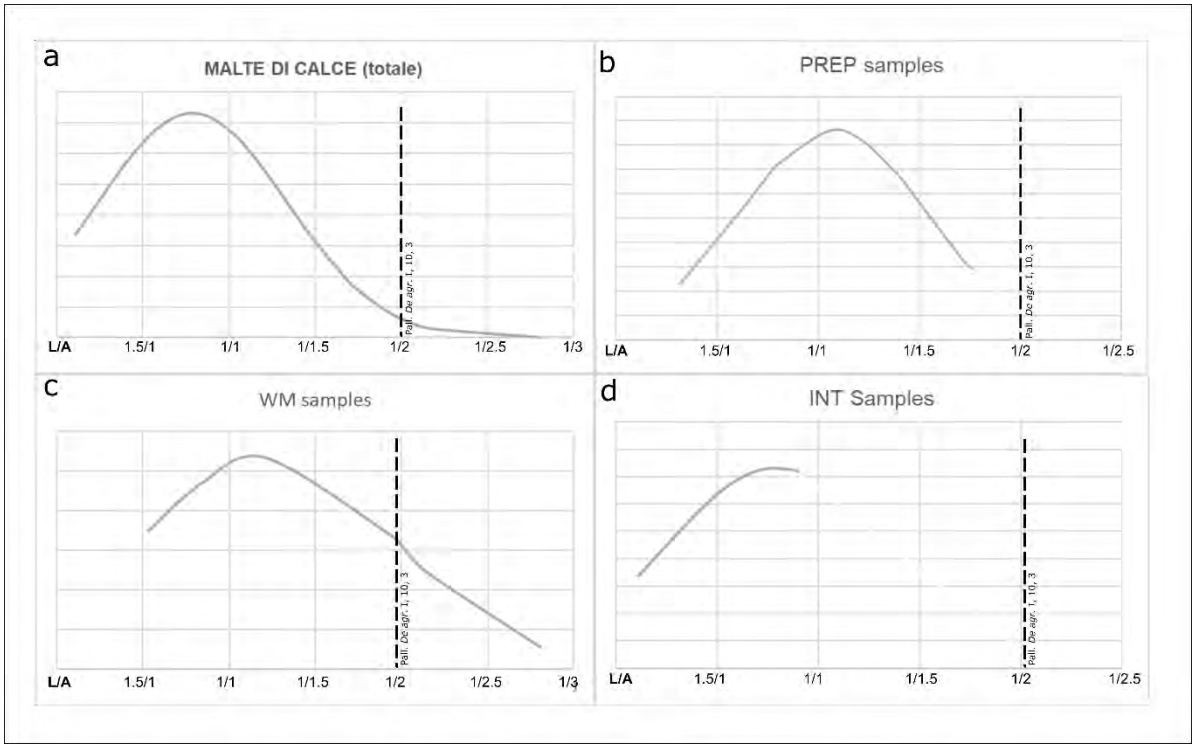


Fig. IX.7 - Rapporti legante/aggregato delle malte di calce di età tardo imperiale in relazione alle norme palladiane riguardanti le modalità di realizzazione di malte con calce e sabbia (PALL. *De agr*. I, 10, 3). a) Distribuzione normale della totalità dei campioni di malta di calce di età tardo imperiale in relazione al rapporto L/A; b) Distribuzione normale della totalità dei campioni di malta di calce da fondazioni strutturali (platee fondazionali) di età tardo imperiale in relazione al rapporto L/A; c) Distribuzione normale della totalità dei campioni di malta di calce da strutture murarie di età tardo imperiale in relazione al rapporto L/A; d) distribuzione normale della totalità dei campioni di malta di calce da intonaci parietali di età tardo imperiale (II-IV stile) in relazione al rapporto L/A.

Nell'ambito della realizzazione delle pitture parietali, tale scadimento tecnico si osserva soprattutto in relazione agli strati più superficiali dell'intonachino, ora costituiti da strati millimetrici su cui i pigmenti sono sistematicamente stesi a secco. Essendo assente la polvere di marmo o di calcite spatica, l'aggregato nelle stesure dell'intonachino, se presente, è costituito da sabbia carbonatico/silicatica non differente da quella utilizzata anche negli strati più profondi del *tectorium*[117].

Di contro, solo le modalità di costruzione dei pavimenti in *opus sectile* sembrano attestarsi ancora su standard elevati, come palesato dalla qualità dei litotipi marmorei impiegati nei rivestimenti[118] e dalle caratteristiche delle miscele preparatorie, costantemente realizzate con malte di cocciopesto del tipo CP1b dal discreto contributo pozzolanico[119].

Appare lampante il cambiamento nelle conoscenze, e forse anche nella provenienza stessa, delle maestranze artigiane circolanti nel periodo tardoantico ad Aquileia, non più portatrici di quel bagaglio tecnico che era proprio delle botteghe di mosaicisti e *tectores* attive in città in età repubblicana e alto imperiale. Lo studio di dettaglio focalizzato sull'analisi critica delle

[116] Cfr. Cap. VIII, §3.5.1
[117] Cfr. Cap. VIII, §3.7.
[118] Cfr. lo studio condotto in MARESO 2013/2014.
[119] Cfr. Cap. VIII, §3.5.2.

modalità di messa in opera della pavimentazione delle Bestie ferite ha permesso infatti di evidenziare errori, imprecisioni esecutive ed una generale disomogeneità nell'impostazione complessiva dell'opera che sono stati interpretati da M. Salvadori e C. Boschetti come l'operato di un'associazione occasionale di artigiani indipendenti, non strutturati all'interno di una bottega vera e propria[120]. La percezione di una certa leggerezza nella fase esecutiva si coglie anche analizzando le caratteristiche delle tessere musive: accanto all'uso di marmi bianchi, probabilmente di reimpiego, è stata riscontrata la presenza diffusa di elementi in cotto tagliati per la realizzazione delle tessere di colore giallo, arancio e rosso a cui si predilige, nelle porzioni di maggior impegno, l'uso di litotipi con queste varietà cromatiche (Giallo antico, Scaglia Rossa, Rosso ammonitico), in modalità che non appaiono comunque sistematiche[121].

Non sembra essere tanto l'utilizzo di materie prime "scadenti", quanto le modalità di messa in opera dei materiali costituenti le opere musive e pittoriche a trasmettere questo generale senso di "superficialità" esecutivo-procedurale. Si è infatti visto come, anche negli intonaci parietali, la qualità delle materie prime rimase discretamente alta, tanto che l'utilizzo di pigmenti pregiati quali il blu egizio e il cinabro non venne affatto a mancare, ma anzi talvolta appare preponderante.

Non sembra quindi che le cause di questo mutamento nelle tecniche si debbano imputare – o non esclusivamente imputare – ad una ridotta disponibilità economica dei proprietari delle dimore tardoantiche, quanto piuttosto al più contenuto valore, in termini di prestigio e lusso, che i rivestimenti musivi e pittorici andarono acquisendo in età tardoantica e alla ridotta "expertise" tecnico-culturale delle maestranze che li realizzavano.

Sembra quindi perdersi quel "saper fare" che accompagnava la tradizione artigianale perpetrata negli anni, tanto che queste tipologie di rivestimento andarono divenendo sempre più dozzinali anche nella scelta dei motivi decorativi. In accordo con quanto osservato abbastanza chiaramente anche a Roma, la massima ostentazione del lusso veniva ora raggiunta con i *sectilia* parietali e pavimentali, che, come dimostrato, sembrano conservare ad Aquileia standard esecutivi elevati anche in questo periodo[122].

Si deve invece lasciare sospeso il giudizio sulla qualità delle miscele applicate in ambito strutturale. Seppur, come visto, l'apparecchiatura muraria riveli i caratteri dozzinali di opere realizzate alla rinfusa[123], è forse proprio la pratica del reimpiego di materiali differenti a mimetizzare le proprietà statiche di queste strutture. L'impiego di elevata frazione legante nelle malte non sembra infatti suggerire uno scadimento produttivo, ma anzi un arricchimento della tenuta e della coesione dei composti[124], seppur, in termini generali, migliori proprietà fossero conferite dall'uso di acqua a debole contributo salino con presenza di batteri solfato-riduttori: l'acqua salmastra sembra infatti conferire ai composti particolare tenacità, in quanto favorisce la formazione diffusa di fasi M-S-H che migliorano l'iterazione tra le componenti presenti nelle miscele[125]. Ma le migliori miscele in assoluto risultano essere quelle realizzate tramite l'impiego di materiali con proprietà pozzolaniche (polvere fittile) il cui impiego appare però sempre limitato esclusivamente a quei contesti dove ne era ritenuto necessario l'uso.

Nel quadro appena delineato, non è stato ancora menzionato un fattore che in questo periodo giocò un ruolo chiave nella qualità delle opere, ossia la provenienza sociale ed anche culturale, nonché ovviamente il potere economico-politico, delle committenze.

Tutte le linee di tendenza finora delineate non sembrano infatti riconoscersi nei campioni analizzati dal cantiere delle Grandi Terme Costantiniane[126], se non per la ricorrenza all'impiego

[120] SALVADORI, BOSCHETTI 2014.

[121] BOSCHETTI, DILARIA, MAZZOLI, SALVADORI C.S.

[122] GUIDOBALDI, GUGLIA 2016.

[123] PORTULANO, URBAN 2001, p. 20.

[124] La conferma dell'effettiva bontà delle miscele leganti può avvenire solo effettuando opportune analisi meccaniche su materiali cementizi di tipologia differente.

[125] Sull'utilizzo dell'acqua nelle miscele cfr. cap. 8, §acqua.

[126] Cfr. a riguardo Cap. VI, §5.

di miscele grasse, ad elevata frazione calcica. Gli standard esecutivi elevati che ci si aspetta di riconoscere in una committenza di altissimo rango, quale era la famiglia imperiale costantiniana, appaiono chiaramente analizzando tutte le strutture costituenti la fabbrica architettonica, dalle fondazioni alle coperture del vasto complesso termale.

L'impiego di miscele a base fittile, che appare generalizzato nell'edificio, testimonia l'applicazione di una rigida organizzazione del lavoro in tutte le sue fasi, che giunge ad interessare anche le tecniche produttive dei materiali cementizi. L'uso di cocciopesto nelle stesure di allettamento dei giunti murari anticipa, tra l'altro, una tradizione particolarmente documentata in epoca bizantina[127]. Le terme sono infatti l'unico contesto in cui si attesti un uso massiccio di queste miscele a livello strutturale, mentre in nelle altre strutture murarie di epoca tardo imperiale analizzate in questo studio, la malta di calce LM3 appare essere il tipo principalmente utilizzato[128].

Ancora riconosciamo la perizia tecnica delle maestranze richiamate nel cantiere nella qualità dei rivestimenti per strutture idrauliche, del tutto incomparabile con quanto visto nelle vasche delle abitazioni private[129].

Inoltre, è questo l'unico caso finora documentato in nord Italia dove sia attestato l'uso, in quantità tra l'altro estremamente abbondanti, di ceneri piroclastiche e lave vulcaniche con funzione di alleggerimento nelle volte che, in seguito ad analisi degli elementi in traccia, sono riconducibili ai depositi dell'area campano-flegrea e vesuviana; pertanto se ne è supposto il trasporto via terra o, più probabilmente, via mare di questi materiali da costruzione[130]. Questo dato sembra attestare, per la prima volta, un commercio di un materiale lapideo alloctono finalizzato alla produzione di miscele leganti e opere cementizie, oltre al marmo, il cui approvvigionamento in antico era, come già detto, tuttavia indirizzato alla realizzazione di elementi architettonici e scultorei, piuttosto che per la realizzazione di miscele in stucco per intonaci e pavimenti. Rispetto a tutti gli altri materiali da costruzione importati ad Aquileia[131], questi prodotti vulcanici dalle particolari proprietà pozzolaniche sembrano giungere in città solo in fasi abbastanza tarde. La funzione a cui erano adibiti non è quella comunemente richiamata atta a garantire l'impermeabilizzazione e l'idraulicità a composti cementizie e strutture in *opus caementicium*. In questo caso, sia l'utilizzo, in funzione di aggregato nelle miscele che come *caementa* grossolano è funzionale a ridurre il peso specifico delle volte dell'edificio termale.

Permane comunque l'elevatissimo livello di incertezza dovuto alla carenza di attestazioni di edifici nel centro antico di cui si siano conservate le coperture voltate e non si possono escludere impieghi di pomici e scorie di importazione anche nei periodi precedenti. Tuttavia, si è osservato come in diversi monumenti di età imperiale di centri della *Venetia* (Verona, Sirmione) con volte cementizie conservate, i *caementa* in esse impiegate siano costituiti da travertini o arenarie discretamente porose di provenienza locale non comparabili, non comparabili, in termini di leggerezza, con le pomici, scorie e lave vulcaniche, estremamente porose utilizzate alle Grandi Terme[132]. Anche in quello che è stato supposto essere uno spezzone di volta cementizia di copertura di vani di passaggio dell'anfiteatro aquileiese, non è attestato l'uso di tali *caementa* d'alleggerimento[133].

---

[127] Giunti strutturali con malte di cocciopesto sono ricorrenti in età bizantina e riscontrate tra le tecniche in voga in area nord adriatica in età altomedievale, molto diffusi nell'area ravennate (ZANETTO 2017, pp. 350-351). Cfr. in generale, per il mondo bizantino BARONIO, BINDA, LOMBARDINI 1997, p. 33; MOROPOULOU, BAKOLAS, ANAGNOSTOPOULOU 2005, p. 296.

[128] Non si esclude comunque che l'uso di cocciopesto debolmente pozzolanico in ogni ambito della struttura sia voluto intenzionalmente a fini impermeabilizzanti in ogni ambito strutturale, data la destinazione termale dell'edificio e quindi connotato da un certo tasso di umidità permanente. Ma questa ipotesi mi sembra meno verosimile.

[129] Cfr. Cap. VIII, §3.4.2.

[130] Cfr. Cap. VI, §5 *passim* e Cap. VIII, §§1.5.2; 3.3.

[131] Sulle fasi di introduzione dei materiali lapidei ad Aquileia cfr. PREVIATO 2015, pp. 530-532.

[132] Cfr. Cap. VIII, §§1.5.2; 3.3.

[133] Cfr. Cap. VI, §4 *passim* e Cap. VIII, §§1.5.2; 3.3.

Questi dati testimonierebbero come la ridotta circolazione nella *Venetia* di materiali lapidei importati dall'area campano-laziale per fini edilizi, non interessi affatto il cantiere delle Grandi Terme. Il dialogo commerciale tra nord e sud della penisola potrebbe essere infatti ripreso in seguito alla battaglia di Ponte Milvio del 312 d.C., momento in cui, grazie all'uccisione dell'usurpatore al trono imperiale Massenzio per mano delle armate di Costantino, l'area occidentale dell'impero tornò a vivere un periodo di relativa stabilità politico-amministrativa.

Ritornando ancora alle terme costantiniane, si può infine constatare l'alto grado di perizia tecnica anche nelle modalità di realizzazione dei mosaici, che già sotto il profilo stilistico si presentano come il prodotto di botteghe di altissimo profilo artistico, tanto da rappresentare il propulsore, assieme a quelle operanti nella basilica teodoriana, nella spinta creativa del gusto locale del periodo ad Aquileia[134]. Il sottofondo preparatorio di uno dei tessellati dell'impianto termale, pur se risulti ascritto alla seconda fase e non appaia essere particolarmente elaborato sotto il profilo decorativo[135], appare cionondimeno di ottima fattura e richiama standard esecutivi di ascendenza chiaramente vitruviana, ancora compendiati nel trattato di Palladio[136]: sono chiaramente riconoscibili il *rudus* in calcestruzzo (tipo CC 1b), il *nucleus* in cocciopesto (tipo CP 1) e lo strato di allettamento delle tessere, per uno spessore complessivo variabile tra 11 e 14 cm. Il vespaio è costituito da frammenti fittili, lapidei e da scarti di lavorazione in marmo.

Pertanto, si può constatare come soprattutto in quest'epoca l'influenza ed il potere di una committenza di rango imperiale, connotata per l'elevatissimo *status* economico-culturale nonché per un vastissimo raggio di conoscenze sul piano sociale, permettesse di richiamare ancora maestranze in possesso di un ottimo bagaglio tecnico e di servire i costruttori dei migliori materiali da costruzione disponibili sul mercato.

Tuttavia, come già detto, un certo grado di semplificazione delle forme stilistiche caratterizza la produzione musiva dalla seconda metà del IV sec. d.C.[137]. Anche presso le Grandi Terme si può constatare infatti una progressiva degenerazione nelle modalità di realizzazione dei mosaici; mentre alcuni risultano realizzati ancora su consistenti sottofondi in cocciopesto se ne alternano altri, nella zona settentrionale dell'edificio, messi in opera su massetti costituiti da esigue stesure in malte di calce ad elevato contenuto di calcinaroli, che non sembrano dissimili da quelle predisposte per i pavimenti musivi rinvenuti nei contesti privati sopra descritti[138].

2.5 - L'ETÀ ALTO MEDIEVALE (VI SEC. D.C.)

Agli albori dell'età medievale il panorama urbano della città di Aquileia mutò profondamente, così come venne cambiando il ruolo politico-civile da essa svolto. La città, già espugnata dall'assedio attilano, continuò la sua vita dopo il 452 d.C., come dimostrato dai rifacimenti e dai potenziamenti dei patriarchi Cromazio e Fortunazio delle aule teodoriane. Il fulcro urbano si restrinse attorno al centro episcopale, che divenne il vero e proprio cuore della città altomedievale, mentre i luoghi dell'amministrazione politica propri della città romana vennero, col tempo, abbandonati. Una chiara dimostrazione di questo mutato scenario sociale nonché urbanistico si ritrova nella netta cesura dello spazio fortificato in seguito alla realizzazione, nella metà del VI sec. d.C., delle mura a salienti che, sfruttando e probabilmente ripristinando una porzione delle cinte tardoantiche M2 e M3, racchiusero al suo interno solo la metà meridionale dell'antico abitato romano, lasciandone invece all'esterno alcuni dei principali monumenti dell'amministrazione civile, quali il foro[139].

[134] NOVELLO 2017, pp. 526-530.
[135] PAOLUCCI 2017f, p. 256.
[136] PALL. *Op. agr.*, I, 9, 4.
[137] NOVELLO 2017, pp. 530-531.
[138] Cfr. Cap. VI, §4.6.
[139] Cfr. a riguardo Cap. I, §6.



Fig. IX.8 – Grado, Battistero ottagono (metà del V sec. d.C. - inizio del VI sec. d.C.). Si osserva l'utilizzo di una malta conchiglifere nei giunti del corpo murario del battistero. Le conchiglie, delle specie tipiche dei litorali sabbiosi nord-adriatici, sono impiegate intere e in frammenti negli impasti (foto autore).



Fig. IX.9 – Grado, Basilica di Santa Maria delle Grazie (seconda metà del VI sec. d.C.). Si osserva abbondante presenza di conchiglie nei giunti in malta del corpo murario. Le conchiglie, delle specie tipiche dei litorali sabbiosi nord-adriatici, sono impiegate intere e in frammenti negli impasti (foto autore).

È proprio questo il momento che sancisce l'entrata di Aquileia all'interno della sfera di influenza bizantina, che aveva stabilito nella vicina Grado la testa di ponte per il controllo politico amministrativo dei territori litoranei dell'alto Adriatico in seguito alla vittoria delle armate di Narsete e Belisario nella guerra grecogotica. Il centro costiero, sviluppatosi nel corso del IV sec. d.C. come scalo portuale e strutturatosi, dalla seconda metà del V sec. d.C., attorno al *castrum* difeso, acquisì una sempre maggior importanza in seguito all'impaludamento dei porti aquileiesi[140] che, seppur forse ancora parzialmente mantenuti[141], non svolsero certamente più quel ruolo di primo piano avuto nelle epoche precedenti quale scalo commerciale delle navi provenienti dal mare. È invece proprio dalla seconda metà del V sec. d.C. e nel corso del VI sec. d.C. che Grado venne coinvolta in un rinnovato processo edilizio declinatosi in attività di costruzione e ricostruzione dei principali edifici religiosi cristiani della città, quali il Battistero ottagono, il Duomo di Sant'Eufemia e la Basilica di Santa Maria delle Grazie[142].

Ancora una volta, le caratteristiche dei materiali cementizi di questo periodo sembrano dare prova del cambiamento geopolitico in atto nel corso del VI sec. d.C.

Già altri studiosi in passato avevano osservato visivamente la sostenuta occorrenza di conchiglie intere o, più spesso, finemente tritate nelle malte del corpo murario della cinta bizantina M4[143]. Il campionamento e le indagini archeometriche ne hanno verificato l'ipotesi, riconoscendo una particolare malta di calce, ascritta al tipo LM5, prodotta con legante calcico e aggregato sabbioso carbonatico-silicatico associato ad una significativa componente conchiglifera.

L'impiego di questo particolare aggregato in miscele leganti, seppur attestato giù dall'età minoica[144], appare abbastanza frequente in età bizantina in area nord adriatica, tanto che chiari

[140] MARANO 2012, p. 580.
[141] cfr. Cap. VI, §1.6.4.
[142] cfr. Cap. VI, §1.6.4.
[143] BRUSIN 1934, pp. 47-48; BUORA 2013, pp. 567, 569; BUORA 2014, p. 12.
[144] Per uno studio a riguardo si richiama DILARIA 2017b.

confronti dell'uso di malte conchiglifere si sono documentati nei giunti murari degli edifici altomedievali gradesi sopra menzionati (figg. IX.8, IX.9)[145]. Oltre a comprovare l'operato, nei due centri nord adriatici, di maestranze di medesima formazione tecnico-esperienziale, la presenza di specie conchiglifere tipiche delle aree litoranee sabbiose fornisce notevoli indizi su quelle che dovevano essere le aree di approvvigionamento delle sabbie d'aggregato che risultano infatti compatibili, con buon margine di sicurezza, con i sedimenti della fascia costiera friulana da Lignano fino alle foci isontine[146]. L'elevato tasso di frammentazione testimonia un impiego intenzionale delle conchiglie, che vennero volontariamente macinate prima della messa in opera per migliorare le aree di presa tra aggregato e legante nei composti cementizi. La preferenza per l'approvvigionamento delle sabbie da aree distanti almeno a 5-10 km da Aquileia, rispetto alle zone di cava sfruttate fino all'età tardoantica, ossia i vicini depositi ghiaio-sabbiosi dei corsi fluviali del sistema isontino o delle dune peri costiere di località Beligna-Belvedere, fu probabilmente determinato dal miglior controllo esercitato dalle amministrazioni politico-militari bizantine sulla fascia costiera; l'entroterra doveva invece apparire, in questo periodo, come un territorio estremamente vulnerabile e non abbastanza difeso per consentire l'installazione di un'attività di cava stabile e di tutto il sistema di infrastrutture connesse al trasporto di quegli enormi carichi di sabbie (stimati a circa 2000 m^3) necessari alla produzione delle malte leganti da utilizzare nella costruzione delle rinnovate fortificazioni aquileiesi. La calce poteva invece essere prodotta nelle immediate vicinanze delle aree di cantiere delle mura, calcinando le pietre calcaree spogliate dalle fabbriche di età romana. La totale cesura rispetto ai sistemi costruttivi dell'epoca precedente si osserva dalla tecnica edilizia, attribuibile ad una variante certamente più ordinata della tecnica A13, dall'impianto rigoroso dell'opera, nonché nel ritorno all'adozione di rapporti tra legante ed aggregato di circa 1:2 nelle malte, sensibilmente più vicini all'antica tradizione teorica.

Purtroppo, a nulla valse la lungimiranza con cui fu condotta la realizzazione dell'opera difensiva bizantina, sia nell'ottica progettuale che nella fase costruttiva vera e propria. Non si riuscì infatti a difendere Aquileia in misura tale da permetterle di opporsi prontamente contro quegli attacchi che, meno di trent'anni anni dopo la costruzione della cinta stessa, portarono i Longobardi ad insediarsi stabilmente in città, determinando la fuga del patriarca Paolo a Grado e l'avvio di un processo *versus de destructione Aquilegiae numquam restaurandae*[147].

[145] cfr. *supra*.

[146] A sud di Lignano le sabbie presentano valori superiori di dolomite, in quanto la genesi di queste spiagge dipende da dispersioni litoranee del Livenza e del Tagliamento (GAZZI, ZUFFA, GANDOLFI, PAGANELLI 1973, p. 7).

[147] Verso dell'autore anonimo del IX sec. d.C., riconosciuto forse col patriarca Paolino (cfr. a riguardo MARANO 2009, p. 33 e nota 89.

BIBLIOGRAFIA

ABU AYSHEH M. S. 2008, *Studio archeometrico-tecnologico e conservazione dei mosaici romani del sito archeologico di Suasa*, tesi di dottorato, Università di Bologna.

ADAM J.-P. 1984, *La construction romaine*, Paris.

ADAM J.-P. 1988, *L'arte di costruire presso i Romani. Materiali e tecniche*, Milano.

ADAM J.-P. 1994, *L'arte di costruire presso i romani. Materiale e tecniche*, Milano.

ADAM J.-P. 2005, *Roman building. materials and techniques*, London-New York.

ADDIS *et alii* 2016 = ADDIS A., SECCO M., PRETO N., MARZAIOLI F., PASSARIELLO I., BROGIOLO G. P., CHAVARRIA ARNAU A., ARTIOLI G., TERRASI F. 2016*, New strategies for radiocarbon dating of mortars: Multi-step purification of the lime binder*, in I. Papayianni, M. Stefanidou, V. Pachta (a cura di), *Proceedings of the 4th Historic Mortars Conference (Santorini, 10-12 ottobre 2016)*, Salonicco, pp. 665-672.

ALESSANDRINI G. 1985, *Gli intonaci nell'edilizia storica: metodologie analitiche per la caratterizzazione chimica e fisica*, in "L'intonaco: storia, cultura e tecnologia" Atti del V Convegno di Studi (Bressanone, June 1985), Padova, 1985, pp. 147-166.

ALESSANDRINI *et alii* 1985 = ALESSANDRINI G., AULETTA R., BROGLIA E., BUGINI R., PERUZZI R., *Basilica di San Satiro in Milano: analisi e studi preliminari su malte e intonaci antichi*, in *L'intonaco: storia, cultura e tecnologia*, Atti del V Convegno di Studi (Bressanone, giugno 1985), Padova, pp. 275-290.

ALESSANDRINI G., BOLLA M., BUGINI R., ROFFIA E. 1992, *Characterization of plasters from the Roman Villa of Sirmione (Brescia – Italy)*, in *Role of chemistry in archaeology*, Proceedings of the 1st international colloquium (Hyderabad, India, 15-18 november 1991), Hyderabad, pp. 61-66.

Anfiteatro di Aquileia 2018 = BASSO P. 2018, *L'anfiteatro di Aquileia. Ricerche d'archivio e nuove indagini di scavo*, *Scavi di Aquileia V*, Quingentole (Mantova).

ANTICO GALLINA M. V. 2004, *Le pompe idrauliche di* Mediolanum*: dalle particolarità costruttive alla relazione con i caratteri ambientali*, in *Problemi di macchinismo in ambito romano. Macchine idrauliche nella letteratura tecnica, nelle fonti storiografiche e nelle evidenze archeologiche di età imperiale*, a cura di F. Minonzio, archeologia dell'Italia settentrionale, 8, Como, pp. 125-142.

ANTICO GALLINA M. V. 2011, *Il caso del teatro di* Mediolanum, in, *Archeologia del legno: uso, tecnologia, continuità in una ricerca pluridisciplinare*, a cura di M. Antico Gallina*,* Milano, pp. 125-140.

ANTONIOLI *et alii* 2007 = ANTONIOLI F., FERRANTI L., FONTANA A., AMOROSI A. M., BONDESAN A., BRAITENBERG C., DUTTON A., FONTOLAN G., FURLANI S., LAMBECK K., MASTRONUZZI G., MONACO C., SPADA G., STOCCHI P. 2009, *Holocene relative sea-level changes and vertical movements along the Italian coastline*, in *Journal of Quaternary International*, 231, pp. 37-51.

APPOLONIA L., PICCIRILLO A. 2006, *Studio delle malte dei pavimenti di alcuni edifici di età romana ad Aosta: prime note e valutazioni*, in *Bollettino della Regione Valle D'Aosta,* 3, pp. 195-197.

Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica 2009, a cura di J. Bonetto e A. R. Ghiotto, Padova.

Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica 2010, a cura di J. Bonetto e A. R. Ghiotto, Padova.

Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica 2011, a cura di J. Bonetto e A. R. Ghiotto, Padova.

Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica 2012, a cura di J. Bonetto e A. R. Ghiotto, Padova.

Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica 2013, a cura di J. Bonetto e A. R. Ghiotto, Padova.

ARCOLAO C. 2001, *Le ricette del restauro. Malte, intonaci, stucchi dal XV al XIX secol*o, Venezia.

ARNAUD-FASSETTA *et alii* 2003 = ARNAUD-FASSETTA G., CARRÉ M.B., MAROCCO R., MASELLI SCOTTI F., PUGLIESE N., ZACCARIA C., BANDELLI A., BRESSON V., MANZONI G., MONTENEGRO M. E., MORHANGE C., PIPAN M., PRIZZON A., SICHÉ I., 2003, *The site of Aquileia (northeastern Italy): example of fluvial geoarchaeology in a Mediterranean deltaic plain*, in *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 9, 4, pp. 227-245.

BACCELLE L., BOSELLINI A. 1965. *Diagrammi per la stima visiva della composizione percentuale nelle rocce sedimentarie*, in *Annuali dell'Università di Ferrara*, 1, 3, pp. 59-62.

BACCELLE SCUDELER L., DE VECCHI G. 2003, *Tessitura e composizione degli aggregati presenti nella malta dell'*opus caementicium *nell'anfiteatro romano di Padova*, in G. Tosi*, Gli edifici per spettacoli nell'Italia romana*, 1, Roma, pp. 961-968.

BACCHETTA A. 2003, *Edilizia rurale romana*, Flos Italiae, 4, Firenze.

BALLANCIN S. 2016, *Casa settentrionale: settore 5*, in *Aquileia: le indagini archeologiche dell'Università di Padova. Lo scavo della Casa delle Bestie ferite. Le campagne 2014 e 2015*, a cura di M. Salvadori, Padova, pp. 57-59.

BALLANCIN S., BRUGNOLO G. 2016, *Settore 1*, in *Aquileia: le indagini archeologiche dell'Università di Padova. Lo scavo della Casa delle Bestie ferite. Le campagne 2014 e 2015*, a cura di M. Salvadori, Padova, pp. 10-14

BANDELLI G. 2003, *Aquileia colonia latina dal* senatus consultum *del 183 a.C. al* supplementum *del 169 a.C.*, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del Ducato longobardo: storia, amministrazione, società*, Atti della XXXIII Settimana di studi aquileiesi (Aquileia, 25-27 aprile 2002), a cura di G. Cuscito, *Antichità Altoadriatiche*, LIV, Trieste, pp. 49-78.

BANFILL P. F. G., FORSTER A. M. 2000, *A relationship between hydraulicity and permeability of hydraulic lime*, in *Historic Mortars: Characteristics and Tests*, Proceedings of the International RILEM workshop (12-14 maggio 1999) a cura di P. Bartos, C. Groot e J. j. Hughes, Paisley, pp. 173-183.

BARAGLI S. 1998, *L'uso della calce nei cantieri medievali (Italia centro-settentrionale): qualche considerazione sulla tipologia delle fonti*, in *Archeologia dell'Architettura*, III, pp. 125-139.

BARALDI *et alii* 2006 = BARALDI P., BONAZZI A., GIORDANI N., PACCAGNELLA F., ZANNINI P. 2006, *Analytical characterization of Roman plasters of the "*domus *Farini" in Modena*, in *Archaeometry*, 48, 3, pp. 481-499.

BARBET A. 1995, *La technique comme révélateur d'écoles, de modes, d'individualités des peintres?*, in *Mededelingen van het Nederlands Instituut te Rome*. *Antiquity*, 54, pp. 61-80.

BARBET A., ALLAG C. 1972, *Techniques de préparation des parois dans la peinture murale romaine*, in *Mélanges de l'Ecole français de Rome*, 84, 2, pp. 935-1069.

BARCA D., DE FRANCESCO A. M., CRISCI G.M., 2007, *Application of laser ablation e ICP-MS for characterization of obsidian fragments from peri-Tyrrhenian area*, in *Journal of Cultural Heritage*, 8, 2, pp. 141-150.

BARCA *et alii* 2011 = BARCA D., BELFIORE C. M., CRISCI G. M., LA RUSSA M. F., PEZZINO A., RUFFOLO S. A. 2011, *A new methodological approach for the chemical characterization of blackcrusts on*

building stones: a case study from the Catania citycentre (Sicily, Italy), in *Journal Analytical Atomic Spectroscopy*, 26, pp. 1000-1011.

BARONIO G., BINDA L., 1996, *Byzantine Concretes: The Role of Thick Mortar Joints Containing Crushed Brick." Concrete: From Material to Structure*, in Proceedings of the RILEM International Conference (Arles, 11-12 september 1996), a cura di J.-P. Bournazel e Y. Malier, Bagneux, pp. 442-460.

BARONIO G., BINDA L. 1997, *Study of the Pozzolanicity of Some Bricks and Clays*, in *Construction and Building Materials*, 11, 1, pp. 41-46.

BASSO P. 2004, *Topografia degli spazi ludici di Aquileia, in Aquileia dalle origini alla costituzione del Ducato longobardo. Topografia, urbanistica, edilizia pubblica*, in *Atti della XXXIV settimana di studi aquileiesi* (Aquileia 8-10 maggio 2003) a cura di G. Cuscito e M. Verzár-Bass, *Antichità Altoadriatiche*, LIX, Trieste, pp. 317-337.

BASSO P. 2018a, *Ubicazione del sito e pianificazione dell'indagine*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 19-20

BASSO P. 2018b, *La ricerca negli archivi*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 21-56.

BASSO P. 2018c, *L'architettura e la tecnica*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 217-232.

BASSO P. 2018d, *La cronologia*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 239-244.

BASSO P. 2018e, *La posizione urbana*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 245-249.

BERNARD E., LOTHENBACH B., POCHARD I., CAU-DIT-COUMES C. 2019, *Alkali binding by magnesium silicate hydrates*, in *Journal of the American Ceramic Society*, 102, 10, pp. 1-15.

BERTACCHI L. 1963, *Nuovi Mosaici figurati di Aquileia*, in *Aquileia Nostra*, XXXIV, cc. 19-84.

BERTACCHI L. 1964, *Attività delle soprintendenze. Friuli-Venezia-Giulia. Ritrovamenti archeologici in fondo ex-Moro e in fondo ex-Cassis*, in *Bollettino di Archeologia*, 49, 4, pp. 257-266.

BERTACCHI L. 1968, *Aquileia. Relazione preliminare sugli scavi del 1968*, in *Aquileia Nostra*, XXXIX, cc. 29-48.

BERTACCHI L. 1980a, *Architettura e mosaico*, in *Da Aquileia a Venezia. Una mediazione tra l'Europa e l'Oriente dal II secolo a.C. al VI secolo d.C.,* a cura di B. Forlati Tamaro, L. Bertacchi, L. Beschi, M. Carina Calvi, L. Bosio, G. Rosada, G. Cuscito, G. Gorini, Milano, pp. 93-336.

BERTACCHI L. 1980b, *Grado*, in *Da Aquileia a Venezia, a cura di Una mediazione tra l'Europa e l'Oriente dal II secolo a.C. al VI secolo d.C.*, a cura di B. Forlati Tamaro, L. Bertacchi, L. Beschi, M. Carina Calvi, L. Bosio, G. Rosada, G. Cuscito, G. Gorini, Milano, pp. 275-277.

BERTACCHI L. 1981, *Contributo alla conoscenza delle Grandi Terme di Aquileia,* in *Aquileia Nostra*, LII, cc. 37-64.

BERTACCHI L. 1990, *Per l'individuazione del teatro di Aquileia*, in *Aquileia Nostra*, LXI, cc. 177-192.

BERTACCHI L. 1994, *Aquileia: teatro, anfiteatro e circo*, in *Spettacolo ad Aquileia e nella Cisalpina romana*, *Antichità Altoadriatiche*, XLI, Udine, pp. 163-181.

BERTACCHI L. 1995, *II teatro romano di Aquileia*, in Splendida civitas nostra. *Studi archeologici in onore di Antonio Frova*, a cura di G. Cavalieri Manasse e E. Roffia, Roma, pp. 119-135.

BERTACCHI L. 2003, *Nuova pianta archeologica di Aquileia*, Aquileia.

BERTACCHI L., D'ANGELA D., LONGINELLI A., STOLFA D. 1985, *L'origine dei marmi di Aquileia alla luce di uno studio geochimico-isotopico*, in *Aquileia Nostra*, LVI, cc. 421-440.

BERTO *et alii* 2017 = BERTO S., BONETTO J., CENTOLA V., DOBREVA D., FURLAN G., GHIOTTO A.R., LUONGO T., LUISE B., MADRIGALI E., PREVIATO C., STELLA A. 2017, CASA DI TITO MACRO, FONDI EX- COSSAR, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, pp. 297-298.

BERTO S., DILARIA S., FURLAN G., ZAGO S. 2014, *Area III, Saggio 2*, in *Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica 2013*, pp. 53-62.

BESCHI L. 1960, *Verona romana. I monumenti*, in *Verona e il suo territorio*, I, Verona pp. 373-552.

BIANCHETTI, P.L., CAMPISI M., GRATZIU C., MELUCCO VACCARO A. 1990, *La calcite spatica dell'intonaco romano*, in *Superfici dell'architettura: le finiture,* Atti del convegno di studi (Bressanone, 26-29 giugno 1990), a cura di G. Biscontin e S. Volpin, Venezia, p. 251-260.

BIANCHI B. 2007, *Gli intonaci dipinti*, in *Dalla villa romana all'abitato altomedievale. Scavi archeologici in località Faustinella - S. Cipriano a Desenzano*, a cura di E. Roffia, Milano, pp. 33-35.

BIANCHI E., MENEGHINI R. 2012, *Nuovi dati sulle volte in calcestruzzo della Basilica Ulpia e del Foro di Traiano*, in *Bullettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma*, 111, pp. 111-140

BIANCHI E., MENEGHINI R., 2002, *Il cantiere costruttivo del foro di Traiano*, in *Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts. Römische Abteilungen*, 109, 2002, 395-417

BIEHL K. 1927, *Beiträge zur Kenntnis alter Römer Mörtel*, in *Tonindustrie Zeitung*, 51, pp. 139-143.

BIERNACKA-LUBÁNSKA M. 1970, *Research on Mineral Mortar Used in Ancient Times. Results of studies on Mortar Used at the Construction of Roman Acqueducts in the Territory of Bulgaria*, in *Archeologia*, 21, pp. 106-111.

BINNINGER S. 2008. *La construction du trophée d'Auguste à la Turbie : l'étude de l'organisationet des rythmes du chantier*, in *Arquelogia de la construcción, 1. Los procesos constructivos en el mundo romano: Italia y provincias occidentales* (Mérida, 25-26 ottobre 2007), a cura di S. Camporeale, H. Dessales, A. Pizzo, *Anejos de AEspA* 50, Mérida, pp. 89-106.

BLAKE M. E. 1947, *Ancient Roman construction in Italy from the prehistoric period to Augustus. A chronological study*, Washington D.C.

BLANC, A. C. 1958, *Residui di manifatture di porpora a Leptis Magna e al Monte Circeo*, in *Il porto romano di Leptis Magna*, a cura di Bartocci R., *Bollettino del Centro di studi per la storia dell'architettura*, 13, Roma, pp. 187-210.

BLÄUER-BÖHM, C., JÄGERS, E. 1997, *Analysis and recognition of dolomitic lime mortars*, in *Roman wall painting* 1997, pp. 223-235.

BLÜMEL O. W., HORN H. 1963-1964, *Der Aufbau des Mörtels der Palastruine*, in Carnuntum *Jahrbuch*, pp. 92-98.

BÖKE H., AKKUR S., İPEKOĞLU B., UĞURLU E. 2006, *Characteristics of brick used as aggregate in historic brick-lime mortars and plasters*, in *Cement and Concrete Research*, 36, pp. 1115–1122.

BOLLA M. 2014, *Verona romana*, Sommacampagna, Verona.

BONAZZA *et alii* 2013 = BONAZZA A., CIANTELLI C., SARDELLA A., PECCHIONI E., FAVONI O., NATALI I., SABBIONI C. 2013, *Characterization of hydraulic mortars from archaeological complexes in Petra*, in *Periodico di Mineralogia*, 82, 2, pp. 459-475.

BONAZZI A., SANTORO S., MASTROBATTISTA E. 2007, *Caratterizzazione archeometrica delle malte e degli intonaci dell'*Insula *del Centenario* in *Pompei.* Insula *del Centenario (IX, 8) I. Indagini diagnostiche geofisiche e analisi archeometriche*, a cura di S. Santoro, *Studi e Scavi. Nuova serie*, 16, Bologna, pp. 93-128.

BONETTO J. 2004, *Difendere Aquileia, città di frontiera*, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del Ducato longobardo: topografia, urbanistica, edilizia pubblica*, Atti della XXXIV Settimana di Studi Aquileiesi (Aquileia, 8-10 maggio 2003), a cura di G. Cuscito e M. Verzár-Bass, Antichità Altoadriatiche, LIX, Trieste, pp. 151-196.

BONETTO J. 2009, *Le mura*, in Moenibus et portu celeberrima 2009, pp. 83-92.

BONETTO J. 2012, *L'edilizia privata ad Aquileia. Profilo storiografico*, in *L'architettura privata ad Aquileia in età romana*, Atti del Convegno (Padova, 21-22 febbraio 2011), a cura di J. Bonetto e M. Salvadori, Antenor Quaderni, 24, Padova, pp. 1-47.

BONETTO J. 2015, *Diffusione ed uso del mattone cotto nella Cisalpina romana tra ellenizzazione e romanizzazione*, in *Il laterizio nei cantieri imperiali. Roma e il Mediterraneo*, Atti del I workshop "Laterizio" (Roma, 27-28 novembre 2104), a cura di E. Bukowiecki, R. Volpe e U. Wulf- Rheidt, Archeologia dell'Architettura 20, Sesto Fiorentino, pp. 105-113.

BONETTO J. 2019, *Maestranze greche e laterizio cotto: alle origini dell'architettura della Cisalpina*, in *Alle origini del laterizio romano. Nascita e diffusione del mattone cotto nel Mediterraneo tra IV e I secolo a.C.*, Atti del Convegno Internazionale Di Studio (Padova, 26-28 aprile 2016), a cura di J. Bonetto, E. Bukowiecki, R. Volpe, Costruire nel mondo antico, 1, Roma, pp. 317-334.

BONETTO J., ARTIOLI G., SECCO M., ADDIS A. 2016, *L'uso delle polveri pozzolaniche nei grandi cantieri della Gallia Cisalpina in età romana repubblicana: i casi di Aquileia e Ravenna*, in *Arqueología de la Construcción V. Man-made materials, engineering and infrastructure*, Proceeding of the 5th International Workshop on the Archaeology of Roman Construction (Oxford, 11-12 aprile 2015), a cura di J. De Laine, S. Camporeale e A. Pizzo, Anejos de AespA, 77, Merida, pp. 29-44.

BONETTO *et alii* 2013 = BONETTO J., BRAGAGNOLO D., CENTOLA V., DOBREVA D., FURLAN G., MADRIGALI E., MENIN A., PREVIATO C. 2013, *Aquileia (UD). Fondi ex Cossar. Relazione delle ricerche 2009*, in *Notiziario della Soprintendenza per i Beni archeologici del Friuli Venezia Giulia*, 4/2009, pp. 134-168.

BONETTO J., CENTOLA V. 2013, *La casa di Tito Macro presso i Fondi Cossar*, in *Costantino e Teodoro. Aquileia nel IV secolo*, Catalogo della Mostra (Aquileia, 5 luglio-3 novembre 2013), a cura di C. Tiussi, L. Villa, M. Novello, Milano, pp. 174-176.

BONETTO *et alii* 2017 = BONETTO J., CENTOLA V., NOVELLO M., VENTURA P., *Scavi, documenti e studi per una storia delle ricerche ai fondi Cossar*, in J. Bonetto e V. Centola (a cura di), *Fondi Cossar 1. Scavi, ricerche e studi del passato*, Scavi di Aquileia II, Roma, pp. 19-65.

BONETTO *et alii* 2019 = BONETTO J., FIORATTO G., FURLAN G., GHIOTTO A.R., PREVIATO C., SALVADORI M., SCALCO L. 2019, *Gli scavi archeologici dell'Università di Padova ad Aquileia*, in *Quaderni Friulani di Archeologia*, XXIX, 1, pp. 117-125.

BONETTO J., GHEDINI F. 2014, *Vitruvio ad Aquileia. La casa ad atrio dei fondi ex Cossar, in P. Clini (ed.), Vitruvio e l'Archeologia. Tra Norma e Prassi*, Atti del III Symposium di Studi vitruviani (Fano, 8-11 novembre 2012), Venezia, pp. 48-73.

BONETTO *et alii* 2006 = BONETTO J., GHEDINI F., MAURIELLO P., MENIN A., NOVELLO M., SALVADORI M. 2006, *Aquileia. Il progetto di indagine della Casa delle Bestie ferite (Aquileia, UD)*, in *Aquileia Nostra*, LXXVII, cc. 322-326.

BONETTO J., PAJARO G. 2012, *Area I, saggio 1, in Aquileia – Fondi ex Cossar. Missione archeologica 2012*, a cura di J. Bonetto e A.R. Ghiotto, Padova, pp. 7 19.

BONETTO J., PREVIATO C. 2013a, *Trasformazioni del paesaggio e trasformazioni della città: le cave di pietra per Aquileia*, in *Le modificazioni del paesaggio nell'altoadriatico tra pre-protostoria ed altomedioevo*, Atti della XLIII settimana di studi aquileiesi (Aquileia, 10-12 maggio 2012), a cura di G. Cuscito, Antichità Altoadriatiche LXXVI, Trieste, pp. 141-162.

BONETTO J., PREVIATO C. 2013b, *Tecniche costruttive e contesto ambientale: le sottofondazioni pluristratificate ad Aquileia e nella Cisalpina*, in *Le modificazioni del paesaggio nell'altoadriatico tra pre-protostoria ed altomedioevo*, Atti della XLIII settimana di studi aquileiesi (Aquileia, 10-12 maggio 2012), a cura di G. Cuscito, Antichità Altoadriatiche LXXVI, Trieste, pp. 231-264.

BONETTO J., PREVIATO C. 2018, *The construction process of the Repubblican city walls of Aquieia (Noertheastern Italy). A case study of quantitative analysis on ancient buildings*, in *Constructing monuments, perceiving monumentality and the economics of building: Theoretical and*

methodological approaches to the built environment, a cura di A. Brysbaert, V. Klinkenberg, A. Gutiérrez Garcia-M. e I. Vikatou, Leiden, pp. 309-330.

BONETTO J., PREVIATO C., MAZZOLI C. (a cura di) 2015, *Atlante dei materiali lapidei*, in C. Previato, *Aquileia. Materiali, forme e sistemi costruttivi*, *Antenor Quaderni*, 35, Padova, pp. 563-638.

BORGES C., SANTOS SILVA A., VEIGA R. 2014, *Durability of ancient lime mortars in humid environment*, in Construction and Building Materials, 66, pp. 606–620

BORSATO A. 2017/2018, *Il riuso a scopo produttivo degli edifici teatrali romani. Il caso del Teatro di Aquileia*, Tesi di Laurea Magistrale, Università degli studi di Padova, Rel. Prof. A. Ghiotto, Corr. Dott. R. Reiana, Dott. L. Bernardi.

BOSCHETTI C. 2017a, 49, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, pp. 52-55.

BOSCHETTI C. 2017b, 57, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, pp. 60-61

BOSCHETTI C., BRIDI E., CATALDI G. 2016, *Settore 5*, in *Aquileia: le indagini archeologiche dell'Università di Padova. Lo scavo della Casa delle Bestie ferite. Le campagne 2014 e 2015*, a cura di M. Salvadori, Padova, pp. 21-25.

BOSCHETTI C., DILARIA S., MAZZOLI C., SALVADORI M. c.s., *Making roman mosaics in Aquileia (i bc – iv ad): technology, materials, style and workshop practices. Two case studies from domus delle bestie ferrite,* in Proceedings of the 19th International Congress of Classical Archaeology (Cologne/Bonn, 22-26 May 2018), in corso di stampa.

BOSCHETTI C., DILARIA S., PIAZZA A. 2016, *Settore 4*, in *Aquileia: le indagini archeologiche dell'Università di Padova. Lo scavo della Casa delle Bestie ferite. Le campagne 2014 e 2015*, a cura di M. Salvadori, Padova, pp. 42-44.

BOTTAZZI G., BUORA M. 1999, *Nuovi dati sul territorio di Aquileia romana*, in *Archeologia senza scavo: nuovi metodi di indagine per la conoscenza del territorio antico*, Atti della XXVIII settimana di studi aquileiesi (Aquileia, 25-28 aprile 1997), a cura di C. Zaccaria, Antichità Altoadriatiche, XLV, Trieste, pp. 61-78.

BOYNTON R. S. 1966, *Chemistry and technology of lime and limestone*, New York (2nd ed.).

BRACCESI L. 1977, *Grecità adriatica*, Bologna.

BRACCESI L., COPPOLA A. 1996, *I Greci e l'Adriatico*, in *La Magna Grecia e il mare. Studi di storia marittima*, Taranto, 1996, pp. 108-119.

BRACONI P. 2009, Ostracus, astrico *e* lastrico: *i pavimenti in cocciopesto degli antichi e l'*opus signinum *dei moderni*, in *Atti del XIV Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico* (Spoleto, 7-9 febbraio 2008), a cura di C. Angelelli, Tivoli, pp. 371-384.

BRAGANTINI I. 1989, *Contributi per lo studio della pittura ad Aquileia nella prima età imperiale*, in *Aquileia repubblicana e imperiale*, *Antichità Altoadriatiche*, XXXV, Udine, pp. 253-262.

BREW D.R.M., GLASSER F.P. 2005, *Synthesis and characterization of magnesium silicate hydrate gels*, in *Cement and Concrete Research*, 35, 1, pp. 85-98.

BROGIOLO G. P., CAGNANA A. 2005, *Nuove ricerche sull'origine di Grado*, in *L'Adriatico dalla tarda antichità all'età carolingia*, a cura di G. P. Brogiolo e P. Delogu, Firenze, pp. 79-108.

BROGIOLO G. P., GELICHI S. 1998, *La citta nell'alto medioevo italiano. Archeologia e storia*, Bari.

BROUQUIER-REDDE V., GRUEL K. 2004, *Le sanctuaire de Mars Mullo chez les Aulerques Cénomans (Allonnes, Sarthe) Ve s. av. J.-C. -IVe s. apr. J.-C. Etat des recherches actuelles*, in *Gallia*, 61, pp. 291-386.

BRUGNOLO G. 2017a, *50*, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, pp. 55-56.

BRUGNOLO G. 2017b, *57*, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, pp. 60-61.

BRUGNOLO G. 2017c, *58*, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, p. 62.

BRUGNOLO G. 2017d, *65*, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, pp. 65-66.

BRUGNOLO G. 2017e, *73*, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, pp. 70-71.

BRUGNOLO G. 2017f, *450*, in *Pavimenti romani di Aquileia*, pp. 294-296.

BRUGNOLO G. 2017g, *472*, in *Pavimenti romani di Aquileia*, pp. 308-309.

BRUGNOLO *et alii* 2017 = BRUGNOLO G., BUENO M., DIDONÈ A., MANTOVANI V., NOVELLO M., SALVADORI M. 2017, *Casa delle Bestie ferite*, in *Pavimenti romani di Aquileia* 2017, pp. 48-51.

BRUSIN G. 1922, *Aquileia. Scavi*, in *Notizie di Scavi*, pp. 187-188.

BRUSIN G. 1923, *Aquileia. Scavi in un grande edificio pubblico*, in *Notizie di Scavi*, pp. 224-231.

BRUSIN G. 1929, *Aquileia. Scavo parziale di terme*, in *Notizie di Scavi*, 7, pp. 14-138.

BRUSIN G. 1934, *Gli scavi di Aquileia*. Udine.

BRUSIN G. 1934, *Gli scavi di Aquileia. Un quadriennio di attività dell'Associazione Nazionale per Aquileia (1929-1933)*, Udine.

BRUSIN G. 1939, *Scavi dell'Associazione dal dicembre 1938 al luglio 1939*, in Aquileia Nostra, X, pp. 65-76.

BRUSIN G. 1955, *Scavo parziale di case romane*, in *Fasti Archeologici*, 10, pp. 342-344.

BRYSBAERT A. 2007, Murex *uses in plaster features in the Aegean and Eastern Mediterranean Bronze Age*, in *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 7/2, pp. 29-51.

BUCHI E. 1979, *Impianti produttivi del territorio aquileiese in età romana*, in Antichità Altoadriatiche, 15, 2, pp. 439-459.

BUCHI E. 1979, *Impianti produttivi del territorio aquileiese in età romana*, in *Antichità Altoadriatiche*, 15, 2, pp. 439-459.

BUCHI E. 2003, *Aquileia da Tiberio ad Antonino Pio (14-161 d.C.*), in *Aquileia dalle origini alla costituzione del ducato longobardo: storia, amministrazione, società*, Atti della XXXIII Settimana di Studi Aquileiesi (Aquileia, 25-27 aprile 2002), a cura di Cuscito, Giuseppe, Antichità Altoadriatiche, LIV, Trieste, pp. 177-219.

BUCKLAND P. SADLER J. P. 1990, *Ballast and building stone: a discussion*, in *Stone, Quarrying and Buiding in England*: AD 43-1525, a cura di D. Persons, Leicester, pp. 114-125.

BUENO M. 2017b, *48*, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, pp. 51-52.

BUENO M. 2017a*, 47*, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, p. 51.

BUENO M. 2017c, *53*, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, pp. 58-59.

BUENO M. 2017d, *54*, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, p. 59.

BUENO M. 2017e, *60,* in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, pp. 63-64.

BUENO M. 2017f, *64*, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, p. 65.

BUENO M. 2017g*, 68*, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, p. 67

BUENO M. 2017h, *70*, in *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, p. 60.

BUENO M. 2017i, *457*, *Pavimenti Romani di Aquileia* 2017, p. 301.

BUENO M. 2017l, *462*, in *I pavimenti romani di Aquileia* 2017, p. 304.

BUENO M. 2017m*, I mosaici di Aquileia tra la fine dell'età repubblicana e l'età giulio-claudia*, in *Pavimenti romani di Aquileia* 2017, pp. 514-517.

BUENO M., CENTOLA V. 2014, *Le* domus *di Aquileia e le loro evoluzioni architettonico-funzionali tra III e IV sec. d.C.: i casi delle domus delle Bestie ferite e di Tito Macro presso i fondi Cossar*, in Costantino il Grande, a 1700 anni dall'editto di Milano, a cura di G. Cuscito, Antichità Altoadriatiche, LXXVIII, Trieste, pp. 317-334.

BUENO M., CENTOLA V., GHIOTTO A. R. 2015, *Le* domus *dei fondi ex Cossar e delle bestie ferite: due esempi di trasformazione delle case aquileiesi in età tardoantica*, in *Aquileia Nostra*, LXXXIII-LXXXIV, 2012-2013, pp. 171-181.

BUENO M., MANTOVANI V., NOVELLO M. 2009, *Aquileia (UD). Il progetto di indagine della Casa delle Bestie Ferite (Università di Padova, Università del Molise). Campagna 2009*, in *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli-Venezia Giulia*, 4, pp. 119-132.

BUENO M., NOVELLO M. 2011, *Aquileia. La casa delle Bestie ferite*, in *Via Annia II. Adria, Padova, Altino, Concordia, Aquileia. Progetto per il recupero e la valorizzazione di un'antica strada romana*, Atti della Giornata di Studio (Padova, 17 giugno 2010), a cura di F. Veronese, Padova, pp. 307-324.

BUENO M., NOVELLO M., SALVADORI M. 2008, *Aquileia (UD). Il progetto di indagine della Casa delle Bestie Ferite (Università di Padova, Università del Molise). Campagna 2008*, in *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli-Venezia Giulia*, 3, pp. 153-160.

BUENO M., SALVADORI M. 2007, *Il progetto di indagine della Casa delle Bestie Ferite*, in *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli-Venezia Giulia*, 2, pp. 128-132.

BUGINI R. 2012, *Composizione degli intonaci*, in *L'area archeologica del Monastero Maggiore di Milano*, a cura di P. Blockley, N. Cecchini e C. Pagani, Quaderni del Civico Museo Archeologico di Milano, 4 speciale, pp. 50-51.

BUGINI R., CERESA MORI A., FOLLI L., PAGANI C. 2014, *Relationship between plaster coats in Roman wall paintings (Milan- Italy)*, in *Antike Malerei zwischen Lokalstil und Zeitstil?*, XI Internationales Kolloquium der AIPMA, (Ephesos/Selçuk - Türkei, 13-17 settembre 2010), a cura di N. Zimmermann, Wien, pp. 543-549.

BUGINI R., FOLLI L. 1993, *Studio petrografico di malte e pietre*, in Novum Comum *2050*, Atti del convegno celebrativo della fondazione di Como romana (Como, 8-9 novembre 1991), a cura di G. Luraschi, Como, pp. 77-84.

BUGINI R., FOLLI L. 1996, *Santuario repubblicano, aula occidentale: analisi dei materiali lapidei e dei prodotti di degrado*, in *Carta Archeologica della Lombardia, V Brescia. la città*, a cura di F. Rossi, Modena, pp. 173-182.

BUGINI R., FOLLI L. 1997, *Materials and making techniques of Roman Republican wall paintings (Capitolium, Brescia, Italy)*, in *Roman wall painting* 1997, pp. 121-130.

BUGINI R., FOLLI L. 1998, *Brescia, piazza Labus 3, resti della basilica romana - Indagini sui materiali lapidei*, in *Notiziario Soprintendenza Archeologica Lombardia*, 1995-97, pp. 180-181.

BUGINI R., FOLLI L. 2001, *Calcite crystals as mortar aggregate in northern Italy*, in *Proceedings of the 11th Meeting of the European Union of Geosciences*, (Strasbourg, 8-12 Apr 2001), Symposium AI01, p. 32.

BUGINI R., FOLLI L. 2002, *Confronto di intonaci romani in area lombarda*, in *Atti del II congresso Nazionale di Archeometria (Bologna 29 gennaio – 1 febbraio 2002)*, a cura di C. D'Amico, Bologna, pp. 475-484.

BUGINI R., FOLLI L. 2005, *Indagini scientifiche sugli intonaci romani* in *Dalle* domus *alla corte regia. S. Giulia di Brescia, gli scavi dal 1980 al 1992*, a cura di G.P. Brogiolo, F. Morandini, M. Baggio e F. Rossi, Firenze, pp. 307-312.

BUGINI R., FOLLI L. 2007, *Le malte*, in *Dalla villa romana all'abitato altomedievale. Scavi archeologici in località Faustinella - S. Cipriano a Desenzano*, a cura di E. Roffia, Milano, pp. 78-79.

BUGINI R., FOLLI L. 2012, *Monomineralic Aggregates in Mortars: Examples From Lombardy (Northern Italy)*, in *Proceedings of the 10th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM)* (Trondheim, 1-5 agosto 2011), a cura di M. Broekmans, Berlin-Heidelberg, 85-93.

BUGINI R., FOLLI L. 2013a, *Features of Roman plaster aggregates in Lombardy, Italy*, in *Open Journal of Archaeometry*, 1, pp. 95-98.

BUGINI R., FOLLI L. 2013b, *Critères pour la comparaison des enduits peints romains de la Lombardie*, in *ArcheoSciences*, 37, pp. 41-50.

BUGINI R., FOLLI L. 2016, *Ubicazione delle cave di pietra da calce utilizzata come materia prima degli intonaci romani nella Lombardia occidentale*, in *Materials, transport and production*. Posters of the 5th International Workshop on the Archaeology of Roman Construction (Oxford, April 11-12, 2015), Arqueología De La Arquitectura, 13, pp. 1-10.

BUGINI R., FOLLI L., 2014, *Materiali da costruzione e metodologia di messa in opera nel santuario repubblicano di Brescia*, in *Un luogo per gli dei: l'area del* Capitolium *di Brescia* a cura di F. Rossi, Borgo san Lorenzo (FI), pp. 273-281.

BUGINI R., FOLLI L., MAPELLI M., PITCHER L. P. 2008, *First study on Roman mortar pavements from Cremona (Lombardy - Northern Italy)*, in *37th International Symposium of Archaeometry*, (Siena, 2008 may 12-16), a cura di E. Turbanti-Memmi, Berlino, p. 209.

BUGINI R., FOLLI L., MARIANI E., PAGANI C. 2017, *Pigment composition and Applying Methods in Roman Wall Painting of Lombardy (2nd Century BCE-4th Century CE)*, in *Context and Meaning*, Proceedings of the Twelfth International Conference of the Association Internationale pour la Peinture Murale Antique (Athens, September 16-20), a cura di E. M. Moormann, S.T.A.M. Mols, Babesch Supplements, 31, pp. 405-409.

BUGINI R., FOLLI L., MARIANI E., PITCHER L. 2014, *Features of roman ceiling plasters from Cremona (Italy)*, in *Proceedings of the 39th International Symposium for Archaeometry* (Leuven 2012), Leuven, pp. 24-26.

BUGINI R., FOLLI L., PORTULANO B., ROFFIA E. 2012, *The analytical approach to the Roman mosaics. A case study in Northern Italy*, in *XI International Colloquium on Ancient Mosaics*, Atti del Convegno (Bursa 16-20 ottobre 2009), a cura di M. Sahin, Istanbul, pp. 163-170.

BUGINI R., FOLLI L., RAMPAZZI L. 2014, *Argille negli intonaci di rivestimento parietale*, in *Un luogo per gli dei: l'area del* Capitolium *di Brescia* a cura di F. Rossi, Borgo san Lorenzo (FI), pp. 285-286.

BUGINI R., FOLLI L., VAUDAN D. 2000, *Les pigments vert et rouge d'une peinture murale d'époque romane républicaine*, in *Actes Congrès Art et Chemie, La Couleur,* Actes du congrès (Parigi, 15 settembre 1998), a cura di J. Goupy e J. Mohen, Parigi, pp. 119-120.

Building for Eternity 2014 = *Building for Eternity. The History and Technology of Roman Concrete Engineering in the Sea*, a cura di C. J. Brandon, R. L. Hohlfelder, M. D. Jackson e J. P. Oleson, Oxford 2014.

BULTEEL D., RAFAÏ N., DEGRUGILLIERS P., GARCIA-DIAZ E. 2004, *Petrography study on altered flint aggregate by alkali–silica reaction,* in *Materials Characterization* 53, 2-4, pp. 141-154

BUONFIGLIO M. 2017, *Il cantiere e le tecniche*, in Theatrum Marcelli, a cura di P. Ciancio Rossetto e G. Pisani Sartorio, Roma, pp. 101-114.

BUORA M. 1994, *Lovaria. Comune di Pradamano del Friuli. Campagne di scavo 1992-1994*, in Aquileia Nostra, 65, cc. 368-374.

BUORA M. 1994, *Lovaria. Comune di Pradamano del Friuli. Campagne di scavo 1992-1994*, in *Aquileia Nostra*, LXV, cc. 368-374.

BUORA M. 2000, *Introduzione e commento alla Fundkarte von Aquileia di H. Maionica*, *Quaderni Aquileiesi*, 5, Trieste.

BUORA M. 2013, *Le mura bizantine di Aquileia*, in *Diadora*, 26/27, p. 561-584.

BUORA M. 2014, *Ipotesi sul porto bizantino di Aquileia*, in *Studia Universitatis Hereditati*, 2, 1-2, pp. 11-22.

BUORA M., MAGNANI S., PREVIATO C., ZAGO S. 2018, *il sistema di smaltimento delle acque di Aquileia. Tra vecchi e nuovi dati dagli scavi per le fognature moderne (1968-1972)*, in *I sistemi di smaltimento delle acque nel mondo antico,* Atti del convegno (6-8 aprile 2017), a cura di M. Buora e S. Magnani, *Antichità Altoadriatiche* IXXXVII, Trieste, pp. 63-94.

CALDERINI A. 1930, *Aquileia romana*, Milano.

CANCIANI V. 2019, *Il mattone pozzale: una forma laterizia speciale di età romana*, in *Alle origini del laterizio romano. Nascita e diffusione del mattone cotto nel Mediterraneo tra IV e I secolo a.C.*, atti del convegno internazionale di studio (Padova, 26-28 aprile 2016), a cura di J. Bonetto, E. Bukowiecki, R. Volpe, Padova, pp. 397-400.

CANTISANI *et alii* = CANTISANI E., CECCHI A., CHIAVERINI I., FRATINI F., MANGANELLI DEL FÀ C., PECCHIONI E., RESCIC S. 2002, *The binder of the «Roman Concrete» of the Ponte di Augusto at Narni (Italy)*, in *Archaeometry and Cultural Heritage*, 71, pp. 113-123.

CARÒ F., RICCIARDI M. P., MAZZILLI SAVINI M. T. 2008, *Characterization of plasters and mortars as a tool in archaeological studies: the case of Lardirago Castle in Pavia, northern Italy*, in Archaeometry, 50, 1, pp. 85–100

CARRE M.-B. 2004, *Le réseau hydrographique d'Aquilée: état de la question*, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del Ducato longobardo: topografia, urbanistica, edilizia pubblica*, a cura di G. Cuscito e M. Verzár-Bass, Antichità Altoadriatiche LIX, Trieste, pp. 197-216.

CARRE *et alii* 2003 = CARRE M.-B., MAROCCO R., MASELLI SCOTTI F., PUGLIESE N. 2003, *Quelque données récentes sur le réseau fluvial et le paléoenvironnement d'Aquileia (Italie nord-orientale)*, in *Puertos fluviales antiguos: ciudad, desarrollo e infraestructuras*, IV Jornadas de arqueología subacuática, Actas (Valencia, 28-30 marzo 2001), a cura di G. Pasqual Berlanga e J. Perez Ballester, Valencia, pp. 299-311.

CARRE M.-B., MASELLI SCOTTI F. 2001, *Il porto di Aquileia: dati antichi e ritrovamenti recenti*, in Antichità Altoadriatiche, 46, pp. 211-243.

CARULLI G. B., ONOFRI R. 1960, *I marmi del Carso*, Udine.

CASADIO F., CHIARI N. G., SIMON S. 2005, *Evaluation of binder/aggregate ratios in archaeological lime mortars with carbonate aggregate: a comparative assessment of chemical, mechanical and microscopic approaches*, in *Archaeometry*, 47, 4, pp. 671-689.

CASSOLA F. 1991, *La colonizzazione romana della Transpadana*, in *Die Stadt in Oberitalien und in den nordwestlichen Provinzen des Ròmischen Reiches*, Deutsch-Italienisches Kolloquium im italienischen Kulturinstitut (Köln, 18-20 mai 1989), a cura di W. Eck, H. Galsterer, Mainz am Rhein, pp. 17-44.

CATARSI M., ANGHINETTI C. 2007, *Ritrovamento di una fornace da calce a Sala Baganza*, in FOLD&R "Fasti Online Documents & Research", 95, pp. 1-3.

CAVALIERI M. 2018, *La peinture murale antique : méthodes et apports d'une approche technique : Louvain-la-Neuve, 21 avril 2017*, in *Bollettino di studi latini. Periodico semestrale d'informazione bibliografica*, XLVIII, I, pp. 211-216.

CAVALIERI MANASSE G. 2008, *Gli scavi del complesso capitolino*, in *L'area del Capitolium di Verona: ricerche storiche e archeologiche*, a cura di G. Cavalieri Manasse, Verona, pp. 73-152.

CENCIG D., FRANCESCHIN G. 2012, *Idrografia e viabilità nel territorio centro orientale di Aquileia romana. Conferme, nuove osservazioni, aggiunte e correzioni*, Mariano del Friuli.

CENTOLA V. 2012, *Area II, Saggio 4*, in *Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica* 2012, pp. 23-40.

CENTOLA *et alii* 2012 = CENTOLA V., FURLAN G., GHIOTTO A. R., MADRIGALI E., PREVIATO C. 2012, *La casa centrale dei fondi ex Cossar ad Aquileia: nuovi scavi e prospettive di ricerca*, in J. Bonetto, M. Salvadori (a cura di*), L'architettura privata ad Aquileia in età romana*, Atti del Convegno di studio (Padova, 21-22 febbraio 2011), (Antenor Quaderni, 24), Padova, pp. 105-129.

CENTOLA V., FURLAN G., MADRIGALI E., PREVIATO C. 2014, *La domus dei fondi ex Cossar ad Aquileia: tradizione architettonica e innovazione tecnica*, in J.M. Álvarez, T. Nogales, I. Rodà (a cura di), *Centro y periferia en el mundo clásico*, Actas del XVIII Congreso internacional de Arqueología Clásica (Mérida, 13-17 de Mayo 2013), II, Mérida, pp. 159-1062.

CENTOLA V., GHIOTTO A. R. 2010, *Area III*, in *Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica* 2010, pp. 22-27.

CESPA S. 2018, *Nora. I sistemi di approvvigionamento idrico*, *Scavi di Nora*, VII, Roma.

CHAROLA A. E., HENRIQUES. F. M. A. 2000, *Hydraulicity in lime mortars revisited*, in *Historic Mortars: Characteristics and Tests*, Proceedings of the International RILEM workshop (12-14 may 1999), a cura di P. Bartos, C. Groot e J. J. Hughes, Paisley, pp. 95-104.

CHERIAN C., ARNEPALLI D. 2015, *A Critical Appraisal of the Role of Clay Mineralogy in Lime Stabilization*, in *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 1, 1, pp. 1-20.

CHEVER L., PAVÍA S., HOWARD R. 2010, *Physical properties of magnesian lime mortars*, in *Materials and Structures*, 43, pp. 283-296.

CHIABÀ M. 2009, *Dalla fondazione all'età tetrarchica*, in Moenibus et portu celeberrima 2009, pp. 7-22.

CIANCIO ROSSETTO M., BUONFIGLIO M. 2010, *Teatro di Marcello: analisi e riflessione sugli aspetti progettuali e costruttivi*, in *Arqueología de la construcción II, Los procesos constructivos en el mundo romano: Italia y provincias orientales*, Atti del Convegno (Siena, 13-15 novembre 2008), a cura di S. Caporeale, H. Dessales e A. Pizzo, Anejos de *AEspA*, 57, Madrid, pp. 51-70.

CIPOLATO A., COTTICA D., c.s., *Aquileia, suburbio orientale: nuovi dati e riflessioni sui depositi di anfore da allume*, in *Herom: Journal on Hellenistic and Roman Material Culture*, 8.

CLAASSEN, C. 1998, *Shells*, Cambridge.

CLEMENTI T. 2017a, Domus *di Via Giulia Augusta, fondo Ritter*, in *Pavimenti romani di Aquileia* 2017, pp. 20-21.

CLEMENTI T. 2017b, *Casa di Licurgo e Ambrosia*, *fondo ex-moro*, in *Pavimenti romani di Aquileia* 2017, pp. 98-99.

CLEMENTI T. 2017c, *Basilica teodoriana*, in *Pavimenti romani di Aquileia* 2017, pp. 412-427.

CLEMENTI T. 2017d, *Basilica post-teodoriana settentrionale*, in *Pavimenti romani di Aquileia* 2017, pp. 427-437.

CLEMENTI T. 2017e, *Basilica post-teodoriana meridionale*, in *Pavimenti romani di Aquileia* 2017, pp. 437-442.

CLEMENTI T. 2017f, *Piazza Capitolo, Casa sotto il Battistero*, in *Pavimenti romani di Aquileia* 2017, pp. 444-445.

CLEMENTINI M., MAIOLI M. G., CARBONARA E., MACCHIAROLA M. 2010, *Piazza Ferrari a Rimini: il mosaico del triclinio nella "*Domus *del Chirurgo". Un intervento tra restauro e manutenzione*, in *Atti del XV colloquio dell'associazione Nazionale per lo Studio e a Conservazione del Mosaico* (Aquileia, 4-7 febbraio 2009), a cura di C. Angelelli e C. Salvetti, Tivoli, pp. 183-191.

COLLEPARDI M. 1993, *La produzione del calcestruzzo antico e moderno*, in *Calcestruzzi antichi e moderni: storia, cultura, tecnologia*, Atti del Convegno di Studi, (Bressanone 6-9 luglio 1993), a cura di G. Biscontin e D. Mietto, Padova, pp. 181-192.

COLOMBI N. 1993, *Indagini geognostiche*, in Novum Comum *2050*, Atti del convegno celebrativo della fondazione di Como romana (Como, 8-9 novembre 1991), a cura di G. Luraschi, Como, pp. 67-76.

COMEL, A. 1954. *Monografia sui terreni della pianura friulana. I) Genesi della pianura orientale costruita dall'Isonzo e dai suoi affluenti*. *Nuovi Annali dell'Istituto di Chimica Agraria Sperimentale di Gorizia*, 5, Gorizia.

COSH S. R., NEAL D. S. 2002, *Roman Mosaics of Britain I: northern Britain incorporating Midlands and east Anglia*, London.

COSTA U., GOTTI E., TOGNON G. 2000, *Nota tecnica: malte prelevate da mura antiche dallo scavo della banca popolare di Ravenna*, in *Fortificazioni antiche in Italia: etá repubblicana,* a cura di S. Qulici Gigli e L. Quilici, *Atlante tematico di topografia antica*, 9, Roma, pp. 25-28.

COTTICA D. 2010, *Gli scavi del quartiere a est del porto fluviale*, in *Forma Urbis*, XV, 12, pp. 10-12.

COTTICA *et alii* 2017 = COTTICA D., BERTOLDI F., CAMERIERE R., FOZZATI L., MARVELLI S., GIACOMETTI V., MARCHESINI M., PAGLIARA F., PENZO D. 2017, *Le attività di scavo e ricerca del Dipartimento di Studi Umanistici a Pompei ed Aquileia e gli studi paleobiologici sulla necropoli di piazza Corrubbio a Verona,* in *Giornata dell'archeologia: scavi e ricerche del Dipartimento di Studi Umanistici*, a cura di L. Sperti, *Studi e ricerche*, 11, pp. 81-98.

COUTELAS A. (a cura di) 2009, *Le mortier de chaux*, in *Collection « Archéologiques »*, Paris.

COUTELAS A. 2003, *Les mortiers de chaux du sanctuaire antique de Ribemont-sur-Ancre (Somme)*, in *Revue archéologique de Picardie*, 3-4. pp. 77-89.

COUTELAS A. 2003a, *Pétroarchéologie du mortier de chaux gallo-romain, essai de reconstitution et d'interprétation des chaînes opératoires : du matériau au métier antique*, tesi di dottorato, Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.

COUTELAS A. 2003b, *Les mortiers de chaux du sanctuaire de Ribemont-sur-Ancre (Somme)*, in *Revue Archéologique de Picardie*, 3, 4, pp. 77-89.

COUTELAS A. 2011, *The selection and use of lime mortars on the building sites of Roman Gaul*, in *Building Roma Aeterna: current research on Roman mortar and concrete*, Proceedings of the conference (Helsinki, 27-29 marzo 2008), a cura di Å. Ringbom, R. L. Hohlfelder, P. Sjöberg, P. Sonck-Koota, Commentationes humanarum litterarum, 128, Helsinki, pp. 139-151.

COUTELAS A. 2012, *La planification et le déroulement des chantiers de construction en Gaule romaine: l'apport de l'étude des matériaux non lithiques*, in *Arqueología de la Construcción III: Los procesos constructivos en el mundo romano: la economía de las obras*, Atti del Convegno (Parigi, 10-11 dicembre 2009), a cura di S. Camporeale, H. Dessales, e A. Pizzo, *Anejos de AEspA*, LXIV, Mérida, pp. 131-143.

COUTELAS A., GODARD G., BLANC P., PERSON A. 2004, *Les mortiers hydrauliques : synthèse bibliographique et premiers résultats sur des mortiers de Gaule romaine*, in *Revue d'Archéométrie*, 28, pp. 127-139.

CRACCO RUGGINI L. 1990, *Milano da "metropoli" degli Insubri a capitale dell'Impero: una vicenda di mille anni*, in *Milano capitale dell'impero romano. 286-402 d.C.*, Catalogo della mostra, Milano 1990.

CRESCI MARRONE G. 2001, *La dimensione del sacro in Altino romana*, in *Orizzonti del Sacro. Culti e santuari antichi in Altino e nel Veneto orientale*, Atti del Convegno (Venezia, 1-2 dicembre 1999), a cura di G. Cresci Marrone e M. Tirelli, Studi e ricerche sulla Gallia Cisalpina, 11, pp. 139-161.

CRISCI *et alii* 2002 = CRISCI G. M., DAVOLI M., DE FRANCESCO A., GAGLIARDI F., GATTUSO C., MERCURIO P., MIRIELLO D. 2002, *L'analisi composizionale delle malte, un valido mezzo per risalire alle fasi costruttive. Risultati preliminari*, in *Atti del II congresso Nazionale di Archeometria* (Bologna, 29 gennaio - 1 febbraio 2002) a cura di C. D'Amico, Bologna, pp. 485-494.

CRISCI *et alii* 2001 = CRISCI G. M., DAVOLI M., DE FRANCESCO A., GAGLIARDI F., MERCURIO P., MIRIELLO D. 2001, *L'analisi composizionale delle malte. Metodo di studio delle fasi costruttive in architettura*, in *Arkos*, 3, pp. 36-41.

CRISCI *et alii* 2004 = CRISCI G. M., FRANZINI M., LEZZERINI M., MANNONI T., RICCARDI M. P. 2004, *Ancient mortars and their binder*, in *Periodico di Mineralogia*, 73, pp. 259–268.

CROW J. 2001, *Fortifications and urbanism in late antiquity: Thessaloniki and other eastern cities*, in *Journal of Roman Archaeology*, suppl. 42, a cura di L. Lavan, Portsmouth-Rhode Island, pp. 89-103.

CUCCHI F., GERDOL S. (a cura di) 1985, *I marmi del Carso triestino*, Trieste 1985.

CULTRONE *et alii* 2001 = CULTRONE G., RODRIGUEZ-NAVARRO C., SEBASTIAN E., CAZALLA O., DE LA TORRE M. J. 2001, *Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing*, in *European Journal of Mineralogy*, 13, pp. 621-634.

DALLA ROSA S. 1821, *Della origine dell'anfiteatro di Verona*, Verona.

D'AMBROSIO *et alii*, 2015 = D'AMBROSIO E., MARRA F., CAVALLO A., GAETA M., VENTURA G. 2015, *Provenance materials for Vitruvius* harenae fossiciae *and* pulvis puteolanis*: geochemical signature and historical-archaeological implications,* in *Journal of Archaeological Sciences, Reports*, 2, pp. 186-203.

DANIELE D., GRATZIU C. 1996, *Marmo e calcite spatica di vena: termini di un equivoco sull'intonaco vitruviano,* in *Annali della Scuola Superiore di Pisa. Classe di Lettere e Filosofia*, IV, I, 2, pp. 541-548.

DAVEY N. 1965, *A History of Building Materials*, London.

DE LORENZI PEZZOLO A., COLOMBI M., MAZZOCCHIN G. A. 2018, *Where did Roman masons get their material from? A DRIFTS/ MVA investigation on mortar aggregates and their potential sources in the* X Regio, in *Environmental Science and Pollution Research*, 25, pp. 28798–28807.

DE LORENZI PEZZOLO A., MAZZOCCHIN G. A. 2013, *Spectroscopic-chemometric study of sands in mortars of Xth-Regio Roman domus, A comparison with nearby rivers sediments*, in *Sciences at Ca' Foscari*, 1, pp. 24-38.

DELAINE J. 1997, *The Baths Of Caracalla: A Study In The Design, Construction And Economics Of A Large-Scale Building Projects In Imperial Rome*, in *Journal of Roman Archaeology*, suppl. XXV, Portsmouth.

DELAINE J. 2001, *Bricks and mortar: exploring the economics of building techniques at Rome and Ostia*, in *Economies beyond agriculture in the Classical World*, a cura di D.J. Mattingly e J. Salmon, Londra, pp. 230-268.

DIDONÈ A. 2016, *Settore 3*, in *Aquileia: le indagini archeologiche dell'Università di Padova. Lo scavo della Casa delle Bestie ferite. Le campagne 2014 e 2015*, a cura di M. Salvadori, Padova, pp. 15-19.

DIDONÉ A. 2017a, *156*, in *Pavimenti Romani di Aquileia 2017*, pp. 105-109.

DIDONÉ *A.* 2017b*, Gli intonaci della basilica teodoriana di Aquileia. Una rilettura alla luce dei nuovi dati,* in *Context and Meaning*, Proceedings of the 12th International Conference of the Association Internationale pour la Peinture Murale Antique (Athens, 16-20 September 2015), a cura di E.M. Moormann, S.T.A.M. Mols, Babesch Supplements, 31, pp. 439-443.

DILARIA S. 2013/2014, *Preparazioni pavimentali e attività di cantiere in due* domus *di Aquileia. Interpretazione delle fonti, studio dei contesti di scavo, analisi archeometriche*, Tesi di laurea magistrale, relatore: prof. J. Bonetto, Padova.

DILARIA S. 2017a, *Dietary consumption and purple-dye production in Roman Aquileia: reusing shell-waste as building material*, in *Archaeomalacology Working group Newsletter*, 27, pp. 4-6.

DILARIA S. 2017b, *Costruire ingegnosamente riutilizzando materiali poveri. L'impiego di conchiglie a fini edilizi ad Aquileia tra età Repubblicana e Tarda Antichità*, in *Reudar, European Journal of Roman Architecture*, 1, pp. 25-55.

DILARIA *et alii* 2016 = DILARIA S., ADDIS A., SECCO M., BONETTO J., ARTIOLI G., SALVADORI M. 2016, *Vitruvian recipes in Roman Aquileia (Italy): the floor bedding mortars of Bestie Ferite and Tito Macro domus*, in *Proceedings of the 4th Historic Mortars Conference* (Santorini, 10-12 ottobre 2016), a cura di I. Papayianni, M. Stefanidou, V. Pachta, Salonicco, pp. 145-159.

DILARIA S., SBROLLI C. 2018*, I frammenti di intonaco dipinto*, in *Anfiteatro di Aquileia*, pp. 151-158.

DILARIA S., SECCO M. 2018, *Analisi archeometriche sulle miscele leganti (malte e calcestruzzi)*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 177-186.

DILARIA S., SECCO M., BONETTO J., ARTIOLI G. 2019, *Technical analysis on materials and characteristics of mortar-based compounds in Roman and Late antique Aquileia (Udine, Italy). A preliminary report of the results*, in Proceedings of the 5th Historic Mortars Conference (Pamplona 19-21 june 2019) a cura di J. I. Álvarez., J. M. Fernández, Í. Navarro, A. Durán, R. Sirera, Paris, pp. 665-679.

DIX B. 1982, *The manufacture of lime and its uses in the western Roman provinces*, *in Oxford Journal of Archaeology*, 1, pp. 331-345.

DOBREVA D., SUTTO M. 2015, *Sulle tracce di Tito Macro*, in I. Bertrand, M. Feugere, S. Raux (a cura di), *Actualité de la recherche sur les mobiliers non céramiques de l'Antiquité et du haut Moyen Âge*, Actes de la table ronde europeenne instrumentum, Lyon (F, Rhone), 18-20 October 2012, (Monographie Instrumentum, 51), Montagnac, pp. 145-153.

DOLLASE W. 1986, *Correction of intensities for preferred orientation in powder diffractometry: application of the March model*, in *Journal of Applied Crystallography*, 19, pp. 267-272.

DORIGO W. 1994, In flumina et fossas*. La navigazione endolitoranea fra Chioggia e Aquileia in età romana e medioevale*, in *Aquileia Nostra*, LXV, cc. 81-134.

DRDÁCKÝ M., FRATINI F., FRANKEOVÁ D., SLÍZŇOVÁ Z. 2013, *The Roman mortars used in the construction of the Ponte di Augusto (Narni, Italy). A comprehensive assessment*, in *Construction and Building Materials*, 38, pp. 1117–1128.

DUFOURNIER S. 1972, *Sur une méthode d'analyse des mortiers anciens et son application*, in *Archéologie Médiévale*, 2, pp. 325-345.

DUMINUCO P., MESSIGA B., RICCARDI M.P. 1998, *Firing process of natural clays. Some microtextures and related phasex compositions*, in *Thermochimica Acta*, 321, pp. 185-190.

DUNBABIN K. D. M. 1999, *Mosaics in Greek and Roman World*, Cambridge.

EL OUAHABI M., DAOUDI L., HATERT F., FAGEL N. 2015, *Modified Mineral Phases During Clay Ceramic Firing,* in *Clays and Clay Minerals*, 63, 5, pp. 404-413.

FALES *et alii* 2003 = FALES F. M., MASELLI SCOTTI F., RUBINICH M., CLEMENTI T., MAGNANI S., REBAUDO L., SACCOCCI A., SPERTI L. 2003, U*niversità di Udine. Aquileia. Scavi dell'edificio pubblico detto "delle Grandi Terme". Campagne 2002-2003*, in Aquileia Nostra, LXXIV, cc. 181-287.

FIORI C. 2012, *Analisi dei materiali dell'*Asaroton Oecon *di Aquileia*, in *Il mosaico "non spazzato". Studio e restauro dell'*asaroton *di Aquileia*, a cura di P. Perpignani e C. Fiori, Ravenna, pp. 119-125.

FIORI C., DONATI F., MAMBELLI R., RACAGNI P. 1988, *Studio sulla struttura e dei materiali presenti nei vari strati di due pavimenti musivi nella zona archeologica di Ravenna*, in *Mosaico e restauro Musivo*, I, Faenza, pp. 67-80.

FIORI C., MACCHIAROLA M. 1996, *Study of traditional mortars and plasters using thermo analyses*, in *Restoration of Buildings and Architectural Heritage*, in Proceedings of the 3rd International Congress (Granada, 20-25 maggio 1996), a cura di E. M. Sebastían Pardo, I. Valverde Espinosa e U. Zezza, Granada, pp. 233-237.

FOLK R.L., VALASTRO S. 1976, *Successful technique for dating of lime mortar by carbon-14*, in *Journal of Field Archaeology*, 3, pp. 203-208.

FOLLI L., BUGINI R. 1999, *Il* marmor *degli intonaci romani*, in *Atti della V Giornata "Le scienze della terra e l'archeometria" (Bari, 19-20 febbraio 1998)*, a cura di C. D'Amico e C. Tampellini, Bari, pp. 125-128.

FOLLI L., BUGINI R. 1999, *Il* marmor *degli intonaci romani*, in *Le scienze della terra e l'archeometria,* Atti del convegno di studi (Bari, 19-20 febbraio 1998), a cura di C. D'Amico e C. Tampellini, Bari, pp. 125-128.

FOLLI L., BUGINI R. 2016, *Milano, via Brisa, scavi del 1959 (Via Brisa, 1959). Le malte*, in *Quaderni del Civico museo archeologico e del civico Gabinetto numismatico di Milano*, 5, pp. 92-93.

FONTANA A. 2006, *Evoluzione geomorfologica della bassa pianura friulana e sue relazioni con le dinamiche insediative antiche*, Udine.

FORLATI TAMARO B. 1975, *Le cinte murarie di Aquileia e il suo porto fluviale*, in *Archivio veneto*, 5, 104, pp. 5-10.

FORNASIER F., 2005, *Tipologie pavimentali di Altino romana*, in *Rivista di Archeologia*, 19, pp. 51-79.

FRIZOT M. 1975, *Mortiers et enduits peints antiques, étude technique et archéologique*, *Centre de recherches sur les techniques gréco-romaines*, 4, Dijon.

FURLAN G. 2012, *Area III, Saggio 2*, *Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica* 2012, pp. 71-92.

FURLAN V., BISSEGGER P. 1975, *Les mortiers anciens. Histoire et essais d'analyse scientifique*, in *Journal of Swiss archeology and art history*, 32, 2, pp. 166-178.

FURLAN V., HOUST Y. 1980, *Les matériaux pouzzolaniques et leur utilisation*, in *Chantiers*, 7, pp. 29-32.

GALLOCCHIO E., PENSABENE P. 2012, *Contributo per la storia del quartiere residenziale sud-ovest di Aquileia: i fondi ex Cal e Beneficio Rizzi*, in *L'architettura privata ad Aquileia in età romana*, Atti del Convegno (Padova, 21-22 febbraio 2011), a cura di J. Bonetto e M. Salvadori, *Antenor Quaderni*, 24, Padova, pp. 67-76.

GAZZI P., ZUFFA G.G., GANDOLFI G., PAGANELLI L. 1973, *Provenienza e dispersione litoranea delle sabbie delle spiagge adriatiche fra le foci dell'Isonzo e del Foglia: inquadramento regionale*, in *Memorie della Società Geologica Italiana*, 12, pp. 1-37.

GERMINARIO *et alii* 2018 = GERMINARIO L., ZARA A., MARITAN L., BONETTO J., HANCHAR J. M., SASSI R., SIEGESMUND S., MAZZOLI C. c.s., *Tracking trachyte on the Roman routes: Provenance study of*

Roman infrastructure and insights into ancient trades in northern Italy, in *Geoarchaeology*, 33, pp. 417-429

GHEDINI F., NOVELLO M. 2009, *L'edilizia residenziale*, in Moenibus et portu celeberrima 2009, pp. 111-125.

GHEDINI F., NOVELLO M. 2017, *Per una sintesi sulle pavimentazioni aquileiesi*, in *Pavimenti di Aquileia 2017*, pp. 537-545.

GHIOTTO A. R. 2013, *Nuovi dati e nuove ipotesi sulla pianificazione urbana di Aquileia*, in *Rivista di Archeologia*, XXXVII, pp. 99-114.

GHIOTTO A. R. 2018, *Considerazioni sul teatro e sul "quartiere degli spettacoli"*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 253-260.

GHIOTTO *et alii* 2018 = GHIOTTO A. R., BERTO S., DEIANA R., FIORATTO G., FURLAN G., *Il teatro romano di Aquileia: l'individuazione dell'edificio e lo scavo della cavea*, in *FOLD&R*, 404, pp. 1-20.

GHIOTTO A. R., FIORATTO G. 2015, *Sul tasso di urbanizzazione della colonia Latina di Aquileia*, in *Aquileia Nostra*, LXXXVI, pp. 81-97.

GHIOTTO A. R., MADRIGALI E. 2014, *Area III, Saggio 3*, in *Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica 2013*, pp. 63-70.

GHIOTTO A. R., MADRIGALI E., PREVIATO C. 2012, *Area III, Saggio 1*, in *Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica* 2012, pp. 47-70.

GIACHI G., PALLECCHI P. 2000, *Analisi preliminari sui materiali*, in *Le navi antiche di Pisa ad un anno dall'inizio delle ricerche*, a cura di S. Bruni, Polistampa, Firenze, pp. 348-351.

GIAVARINI C. (a cura di) 2005, *La basilica di Massenzio. Il monumento, i materiali, le strutture, la stabilità*, *Studia archaeologica*, 137, Roma.

GILOZZO E., CAMPOREALE S. 2009, *Le malte*, in *Sidi Ali Ben Ahmed - Thamusida, 2. L'archeometria*, a cura di E. Gilozzo, I. Turbanti Memmi, A. Akerraz e E. Papi, Roma, pp. 85-118.

GINOUVÈS R., MARTIN R. 1985, *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine, Tome I, Matériaux, techniques de construction, techniques et formes du décor*, Roma.

GIUDICE *et alii* 2018 = GIUDICE S., PREVITI M., TABONE G. P., TANILLO C., TONIOLO L. 2018, *La Fullonica di Stephanus: il restauro*, in *Restaurando Pompei. Riflessioni a margine del Grande Progetto*, a cura di M. Osanna e R. Picone, Roma, pp. 331-350.

GIULIANI C. F. 1992, Opus signinum *e cocciopesto*, in *Segni, I*, Quaderni del Dipartimento di Scienze dell'Antichità, Università di Salerno, Napoli, pp. 89-94.

GIULIANI C. F. 2006, *L'edilizia nell'antichità*, Roma (I° ed. 1990).

GÓRALCZYK S. 2012, *Alkali – carbonate reaction of aggregates*, in *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 28, pp. 45-62.

GRANDI CARLETTI M. 2001, Opus signinum *e cocciopesto: alcune osservazioni terminologiche*, in *Atti del VII Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico* (Pompei, 22-25 marzo 2000), a cura di A. Paribeni, Ravenna, pp. 183-197.

GRANDI M., GUIDOBALDI F. 2006, *Proposta di classificazione dei cementizi e mosaici omogenei ed eterogenei*, in *Atti dell'XI Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico* (Ancona, 16-19 Febbraio 2005), a cura di C. Angelelli, Tivoli, pp. 31-38.

GRANDIN E. 2012/2013, *Per una sistematizzazione delle evidenze relative all'area periurbana orientale di Aquileia*, Tesi di Laurea Magistrale, Università Ca' Foscari di Venezia, relatore Prof.ssa D. Cottica.

GRASSI G., STAFFERI L., DELORENZO R., PAPOTTI L. 1993, *Calcestruzzi tardo-romani: le mura e le porte di Susa*, in *Calcestruzzi antichi e moderni: Storia, Cultura e Tecnologia*, *Atti del convegno di Studi (Bressanone 6- 9 luglio 1993)*, a cura di G. Biscontin e D. Mietto, Padova, pp. 241-250.

GRAZIOLI V. 2018, *L'anfiteatro: i dati di scavo*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 69-100.

GROH S. 2011, *Ricerche sull'urbanistica e sulle fortificazioni tardoantiche e bizantine di Aquileia*, in *Aquileia Nostra*, LXXXII, cc. 153-204.

GROH S. 2016, *Nouvelle recherches sur le système fluvial et les installations portuaires d'Aquilée (Italie)*, in *Les ports dans l'espace méditerranéen antique. Narbonne et les systèmes portuaires fluvio-lagunaires*, Actes du colloque international (Montpellier, 22 - 24 mai 2014), a cura di C. Sanchez C. e M. P. Jézégou, Montpellier, pp. 1-4.

GROS P. 2003, L'opus signinum *selon Vitruve et dans le terminologie contemporaine*, in *Vitruvio nella cultura architettonica antica, medievale e moderna,* Atti del Convegno Internazionale di Genova (5-8 novembre 2001), a cura di G. Ciotta, Genova, pp. 142-152.

GUARNIERI C. 1996*, I Mosaici della domus di palazzo Pasolini a Faenza*, in *Atti del III Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico* (Bordighera, 6-10 Dicembre 1995), a cura di F. Guidobaldi e A. Guiglia Guidobaldi, Bordighera, pp. 303-318.

GUIDOBALDI F., GUIGLIA A. 2016, *I rivestimenti pavimentali e parietali a Roma fino al IX secolo: le dinamiche delle scelte decorative e della produzione*, in *L'archeologia della produzione a Roma (secoli V-XV)*, Atti del Convegno Internazionale di Studi (Roma 27-29 marzo 2014), a cura di A. Molinari, R. Santangeli Valenzani e L. Spera, Bari, pp. 369-393.

GUTMAN M., LESAR KIKELJ M., ZUPANEK B., KRAMAR S. 2016, *Wall paintings from the Roman Emona (Ljubljana, Slovenia): characterization of mortar layers and pigments*, in *Archaeometry*, 58, 2, pp. 297-314.

HEINRICHS J., GERDES A., SCHÖN F. 2014, *Technologietransfer in die Moderne Vergleich von Antiken und modernen Beschichtungssystemen für Wasserreservoire*, in *Antike und moderne Wasserspeicherung*, *Atti del Convegno Internazionale (Pantelleria, 11-15 maggio 2011)*, a cura di T. Schäfer, F. Schön, A. Gerdes e J. Heinrichs, Tübinger Archäologische Forschungen, 12, Rahden, pp. 123-134.

HEINRICHS J., GERDES A., SCHÖN F., SCHÄFER T. 2010, *Charakterisierung antiker Kalkmörtel aus Zisternen im zentralen und westlichen Mittelmeerraum*, in *Tagung Bauchemie*, *Atti del Convegno (Dortmund, 7-8 ottobre 2010)*, Dortmund, pp. 274-281.

HOBBS L. W., SIDDALL R. 2011, *Cementitious materials of the ancient world*, *Building* Roma Aeterna: *Current Research on Roman Mortar and Concrete*, in Proceedings of the Conference (Helsinki 27-29 marzo 2008), a cura di Å. Ringbom, R. L. Hohlfelder, P. Sjöberg, P. Sonck-Koota, Commentationes humanarum litterarum, 128, Helsinki, pp. 34-58.

HOHLFELDER R. L., OLESON J. P. 2014, *Roman Maritime Concrete Technology in its Mediterranean Context*, in *Building for Eternity* 2014, pp. 223-235.

ICHIKAWA T., MIURA M. 2007, *Modified model of alkali-silica reaction*, in *Cement and Concrete Research*, 37, 9, pp. 1291-1297.

IDORN, G. M. 1959, *The History of Concrete Technology – Through a Microscope*, in *Beton-Teknik*, 4, pp. 119-141.

JACKSON M. D. 2014, *Sea-Water Concretes and their Material Characteristics*, in *Building for Eternity* 2014, pp. 141-187.

JACKSON M. D. 2016, *Technological confidence in Late Republican and Imperial Era Roman architectural and maritime concrete construction*, in *Arqueología de la Construcción V. Man-made materials, engineering and infrastructure*, Proceeding of the 5th International Workshop

on the Archaeology of Roman Construction (Oxford, 11-12 aprile 2015), a cura di J. De Laine, S. Camporeale e A. Pizzo, Anejos de AespA, 77, Merida, pp.

JACKSON M. D. 2017, *Volcanic stone and concrete building materials of the Theatre of Marcellus*, in Theatrum Marcelli, a cura di P. Ciancio Rossetto e G. Pisani Sartorio, Roma, pp. 265-268.

JACKSON *et alii* 2013a = JACKSON M. D., CHAE S. R., MULCAHY S. R., MERAL C., TAYLOR R., LI P., EMWAS A.H., MOON J., YOON S., VOLA G., WENK H.-R., MONTEIRO P. J.M. 2013a, *Unlocking the secrets of Al-tobermorite in Roman seawater concrete*, in *American Mineralogist*, 98, pp. 1669-1687.

JACKSON *et alii* 2011 = JACKSON M. D., CIANCIO ROSSETTO P., KOSSO C. K., BUONFIGLIO M., MARRA F. 2011, *Building materials of the theatre of Marcellus, Rome*, in *Archaeometry*, 53, 4, pp. 728-742.

JACKSON M. D., DEOCAMPO D., MARRA F., SCHEETZ B. 2010, *Mid-Pleistocene pozzolanic volcanic Ash in ancient Roman concretes*, in *Geoarchaeology*, 25, 1, pp. 36-74.

JACKSON M.D., KOSSO C., MARRA F., HAY R.L. 2006, *Geological basis of Vitruvius' empirical observations of material characteristics of rock utilized in Roman masonry*, in *Proceedings of the Second International Congress of Construction History* (Cambridge 29 March–2 April 2006), a cura di M. Dunkeld, J. Campbell, H. Louw, M. Tutton, B. Addis e R. Thorne, London, pp. 1685-1702.

JACKSON *et alii* 2007 = JACKSON M. D., MARRA F., DEOCAMPO D. M., VELLA A., KOSSO C., HAY R. 2007, *Geological observations of excavated sand (*harenae fossiciae*) used as fine aggregate in Roman pozzolanic mortars*, in *Journal of Roman Archaeology*, 20, pp. 25-53.

JACKSON *et alii* 2013b = JACKSON, M. D., MOON, J., GOTTI, E., TAYLOR, R., CHAE, S.R., KUNZ, M., EMWAS, A-H., MERAL, C., GUTTMAN, P., LEVITZ, P., WENK H.-R., MONTEIRO P. J. M. 2013b, *Material and elastic properties of Al-tobermorite in ancient Roman seawater concrete*, in *Journal of the American Ceramic Society*, 96, pp. 2598-2606.

JACKSON *et alii* 2017 = JACKSON M. D., MULCAHY S. R., CHEN H., LI H., LI Q., CAPPELLETTI P., WENK A.-R., 2017, *Phillipsite and Al-tobermorite mineral cements produced through low-temperature water-rock reactions in Roman marine concrete*, in *American Mineralogist*, 102, pp. 1435-1450.

JACKSON *et alii* 2012 = JACKSON M. D., VOLA G., VŠIANSKÝ D., OLESON J.P., SCHEETZ B., BRANDON C., HOHLFELDER R. 2012, *Cement microstructures and durability in ancient Roman seawater concretes*, in *Historic Mortars. Characteristics and Tests*, a cura di J. Valek, C. Groot, e J. Hughes, Berlin, pp. 49-76.

JANIK J.A., KURDOWSKI W., PODSIADLYC R., SAMSET J. 2001, *Fractal Structure of C-S-H and Tobermorite Phases*, in *Acta Physica Polonica* 100, 4, pp. 529-537.

JEDRZEJEWSKA H. 1960, *Old Mortars in Poland: A New Method of Investigation*, in *Studies in Conservation*, 5, pp. 132-138.

KARIM M. E., JAHANGIR A., HOQUE S. 2017, *Effect of salinity of water in lime-fly ash treated sand*, in *International Journal of Geo-Engineering*, 8, 15, pp. 8-15.

KATAYAMA T. 2010, *The so-called alkali-carbonate reaction (ACR). Its mineralogical and geochemical details, with special reference to ASR*, in *Cement and Concrete Research*, 40, pp. 643–675.

KEMP, P. 1985, *Chemismus tunesischer Wasser und Landklassifikation der Steppenstzone Oglat Merteba in Sud-Tunesien*, Dietrich Reimer, Berlin.

KOSER E., FLÜGEL C., LIEBIG E., KAROTKE E., ALTHAUS E. 1997, *Punische und kaiserzeitliche Mörtel aus dem antiken Karthago*, in *Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke*, 1997/1998, pp. 121-134.

KRAMAR *et alii* 2011 = KRAMAR S., ZALARB V., UROSEVICC M., KÖRNERD W., MAUKOE A., MIRTIČB B., LUXF J., MLADENOVIĆE A. 2011, *Mineralogical and microstructural studies of mortars from the bath*

complex of the Roman villa rustica near Mošnje (Slovenia), in *Materials Characterization*, 62, pp. 1042-1057.

L'attività estrattiva in Friuli Venezia Giulia 2010, Relazione geotecnica del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Trieste.

LA RUSSA M. F., RUFFOLO S. A., RICCA M., ROVELLA N., COMITE V., ALVAREZ DE BUERGO M., CRISCI G. M., BARCA D. 2015, *Archaeometric approach for the study of mortars from the underwater archaeological site of Baia (Naples) Italy: Preliminary results*, in *Periodico di Mineralogia*, 84, 3A, pp. 553-567.

LABATE D., MALNATI L., PELLEGRINI S. 2019, *Le mura di* Mutina *repubblicana e l'inizio della produzione di mattoni a Modena*, in *Alle origini del laterizio romano. Nascita e diffusione del mattone cotto nel Mediterraneo tra IV e I secolo a.C.*, Atti del Convegno Internazionale Di Studio (Padova, 26-28 aprile 2016), a cura di J. Bonetto, E. Bukowiecki, R. Volpe, Costruire nel mondo antico, 1, Roma, pp. 295-302.

LAFFI U. 1987, *L'amministrazione di Aquileia in età romana,* in *Aquileia e Roma*, Atti della XVII settimana di studi aquileiesi (Aquileia, 24-29 aprile 1986), *Antichità Altoadriatiche*, XXX, Udine, pp. 39-62.

LAFFI U. 2001, *Studi di storia romana e di diritto*, Roma.

LAMPRECHT H.-O. 1984, Opus Caementitium. *Bautechnik der Römer*, Düsseldorf, 1984.

LANCASTER L. 2019, *Pozzolans in mortar in the Roman Empire: An Overview and Thoughts on Future Work, in Mortiers et hydraulique en Méditerranée antique*, a cura di I. Fumadó Ortega e S. Bouffier, Provence, pp. 31-39.

LANCASTER L. C. 2000, *Building Trajan's Markets 2: The Construction Process*, in *American Journal of Archaeology*, 104, 4, pp. 755-785.

LANCASTER L. C. 2005, *Concrete Vaulted Construction in Imperial Rome. Innovations in context*, Cambridge.

LANCASTER L. C. 2006, *The Lightweight Volcanic Scoria in the Concrete Vaults of Imperial Rome: Some Evidence for the Trade and Economy of Building Materials*, in *Proceedings of the XVIth International Congress of Classical Archaeology* (Boston, 23-26 August 2003) a cura di C. C Mattusch, A.A. Donohue e M. Brauer, Oxford, pp. 212-216.

LANCASTER L. C. 2011, *The use of Lightweight Concrete in Roma, Cilicia and Tunisia*, Proceedings of the Conference (Helsinki 27-29 marzo 2008), a cura di Å. Ringbom, R. L. Hohlfelder, P. Sjöberg, P. Sonck-Koota, Commentationes humanarum litterarum, 128, Helsinki, pp. 60-72.

LANCASTER L. C. 2012, *Ash Mortar and Vaulting Tubes: Agricultural Production and the Building Industry in North Africa*, in *Arqueología de la construcción III. Los procesos constructivos en el mundo romano: la economía de las obras* (Paris, 10-11 dicembre 2009), Madrid-Mérida, a cura di S. Camporeale, H. Dessales e A. Pizzo, pp. 145-160.

LANCASTER L. C. 2015, *Innovative Vaulting in the architecture of the Roman Empire. 1st to 4th centuries CE*, Cambridge.

LANCASTER L. C. 2019, *Pozzolans in Mortar in the Roman Empire: An Overview and Thoughts on Future Work*, in *Mortiers et hydraulique en Méditerranée antique*, a cura di I. F. Ortega e S. Bouffier, Aix-en-Provence, pp. 31-39.

LANCASTER L. C., SOTTILI G., MARRA F., VENTURA G. 2011, *Provenancing of lightweight volcanic stones used in ancient Roman concrete vaulting: evidence from Rome*, in Archaeometry, 53, pp. 707-727.

LANGHELLA *et alii* 2014 = LANGELLA A., CALCATERRA D., CAPPELLETTI P., COLELLA A., D'ALBORA M.P., MORRA V., DE GENNARO M. 2014, *Lava stones from Neapolitan volcanic districts in the architecture of Campanian region, Italy*, in *Environmental Earth Sciences*, 59, pp. 145-160.

LANGTON C. A., ROY D. M. 1983, *Characterization of Cement-based Ancient Building Materials*. *Topical Report ONWI-210,* Distribution Category UC-70, National Technical Information Service, U. S. Department of Commerce.

LANGTON C. A., ROY D. M. 1984, *Longevity of Borehole and Shaft Sealing Materials: Characterization of Ancient Cement-based Building Materials*, in *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 26, pp. 543-549.

LANGTON C. A., ROY D. M. 1986, *Ancient Concrete Studies in Analogues of Cementitious Sealing Materials for a Tuff Repository*. *Topical Report ONWI- 210*, Distribution Category UC-70, National Technical Information Service, U. S. Department of Commerce.

LAURES F. 1986, *Roman maritime trades*, in *International Journal of Nautical Archaeology and Underwater explorations*, 15, pp. 166-167.

LAURORA M. 2013, *Un'ipotesi ricostruttiva sula funzione delle "spallette" rinvenute ad Aquileia presso la sponda orientale del* Natiso *(ex fondo Sandrigo)*, in FOLDeR, 296, pp. 1-8.

LAZZARINI L. 1978, *Note sull'identificazione dei marmi e delle pietre*, in G. Cavalieri Manasse, *La decorazione architettonica di Aquileia, Trieste, Pola*, Aquileia, pp. 201-204.

LAZZARINI L. 2006, *Pietra d'Istria: genesi, proprietà e cavatura della pietra di Venezia*, in *La pietra d'Istria e Venezia. Atti del Seminario di Studio* (Venezia, 3 ottobre 2003) a cura di N. Fiorentin, Verona, pp. 25-45.

LENARDON G., MAROCCO R. 1994, *Le dune di Belvedere – San Marco. Una antica linea di riva? 2) considerazioni sedimentologiche*, in *Gortania. Geologia, Paleontologia, Paletnologia*, 16, pp. 5-24.

LEZZERINI *et alii* 2017 = LEZZERINI M., RAMACCIOTTI M., CANTINI F., FATIGHENTI B., ANTONELLI F., PECCHIONI E., FRATINI F., CANTISANI E., GIAMELLO M. 2017, *Archaeometric study of natural hydraulic mortars: the case of the Late Roman Villa dell'Oratorio (Florence, Italy)*, in *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9, pp. 603-615.

LOPREATO P. 2004, *Le Grandi terme di Aquileia. I* sectilia *e i mosaici del* frigidarium, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del Ducato longobardo: topografia, urbanistica, edilizia pubblica*, a cura di G. Cuscito, M. Verzár-Bass, Antichità Altoadriatiche LIX, Trieste, pp. 339-378.

LUGLI G. 1957, *La tecnica edilizia romana con particolare riguardo a Roma e Lazio,* Roma.

MACCHIAROLA M., FONTANELLI R. 2008, *Le pavimentazioni musive degli ambienti termali di Torretta Vecchia (Collesalvetti, Li): studio archeometrico e tecnologico*, in *Atti del XIII colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico* (Canosa di Puglia 21-24 Febbraio 2007), a cura di C. Angelelli e F. Rinaldi, Tivoli, pp. 493-502.

MACCHIAROLA M., FONTANELLI R., NICOLARDI D. 2004, *Studio archeometrico di materiali musivi e interventi conservativi di pulitura, consolidamenti e protezione per il mosaico* in situ, in *Atti del IX colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico* (Aosta 20-22 Febbraio 2003), a cura di C. Angelelli, Ravenna, pp. 685-692.

MACDONALD W. 1982, *The Architecture of the Roman Empire, vol 1: An Introductory Study,* New Heaven.

MAGGI P., MERLATTI R., ORIOLO F. 2011, *Antichi impianti per la produzione di calce in Friuli*, in *Arkos. Scienza e restauro*, 25, pp. 74-79

MAGGI P., ORIOLO F. 2009, *Gli spazi esterni alla città*, in Moenibus et portu celeberrima 2009, pp. 155-170.

MAGGI P., ORIOLO F. 2010, *Un impianto per la produzione di calce nel suburbio di Aquileia*, in *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia*, 3, pp. 241-244.

MAGGI P., ORIOLO F. 2014, *Il suburbio aquileiese in età tardoimperiale: spunti di riflessione*, in *Aquileia Nostra, LXXXIII-LXXXIV*, pp. 205-216.

MAIONICA H. 1893. *Fundkarte von Aquileia*, Dreiundvierzigster Jahresberichte des k. k. Staatgymnasiums in Görz (= Xenia Austriaca), Wien, 1-58.

MALINOWSKI R. 1979, *Concretes and Mortars in Ancient Aqueducts*, in *Concrete International*, 1, 1, pp. 66-76.

MALINOWSKI R., SLATKINE A., BEN YAIR M. 1961, *Durability of Roman Mortars and Concretes for Hydraulic Structures at Caesarea and Tiberias*, in *Durability of Concrete,* Final Report of the International RILEM Symposium, Goteborg, pp. 531-544.

MANNONI T., BOATO A. 2002, *Archeometria e archeologia del costruito: l'importanza dei materiali*, in *Atti del II Congresso Nazionale di Archeometria* (Bologna, 29 gennaio-1 febbraio 2002), a cura di C. D'Amico, Bologna, pp. 409-416.

MANZELLI V. 2019, *Nuovi dati e proposte di studio per la più antica produzione laterizia dell'Emilia-Romagna*, in *Alle origini del laterizio romano. Nascita e diffusione del mattone cotto nel Mediterraneo tra IV e I secolo a.C.*, Atti del Convegno Internazionale Di Studio (Padova, 26-28 aprile 2016), a cura di J. Bonetto, E. Bukowiecki e R. Volpe, *Costruire nel mondo antico*, 1, Roma, pp. 303-316.

MARANO Y. A. 2009, *La città tardoantica*, in Moenibus et portu celeberrima 2009, pp. 23-33.

MARANO Y. A. 2012, *Urbanesimo e storia ad Aquileia tra V e VI secolo d.C.*, in *L'architettura privata ad Aquileia in età romana*, Atti del convegno di studio (Padova, 21-22 febbraio 2011) a cura di J. Bonetto e M. Salvadori, *Antenor Quaderni*, 24, pp. 572-588.

MARCHESINI M., MARVELLI S. 2016, *Paesaggio vegetale e agricoltura nella pianura padana in età romana*, in *Popolazione e risorse nell'Italia del Nord dalla Romanizzazione ai Longobardi*, cura di E. Lo Cascio, M. Maiuro, Bari, pp. 271-286.

MARCHI A. R., SERCHIA I. 2019, *Parma, via del Conservatorio: la scoperta di un tratto delle mura difensive di età repubblicana*, in *Alle origini del laterizio romano. Nascita e diffusione del mattone cotto nel Mediterraneo tra IV e I secolo a.C.*, Atti del Convegno Internazionale Di Studio (Padova, 26-28 aprile 2016), a cura di J. Bonetto, E. Bukowiecki, R. Volpe, *Costruire nel mondo antico*, 1, Roma, pp. 383-391.

MARESO N. 2013/2014, C*ontesti archeologici e rinvenimenti marmorei nella* Domus *delle Bestie Ferite ad Aquileia: il grande pavimento in* sectile *US 1285*, Tesi della Scuola di Specializzazione in Beni archeologici, Università degli Studi di Padova, relatore: prof. J. Bonetto.

MARIANI E., PAGANI C. 2005, *Gli intonaci: considerazioni generali*, in *Dalle* domus *alla corte regia. S. Giulia di Brescia, gli scavi dal 1980 al 1992*, a cura di G.P. Brogiolo, F. Morandini, M. Baggio e F. Rossi, Firenze, pp. 291-300.

MARINONI N., PAVESE A., FOI M., TROMBINO L. 2005, *Characterisation of mortar morphology in thin sections by digital image processing*, in *Cement and Concrete Research*, 35, pp. 1613-1619.

MARITAN L., MAZZOLI C., NODARI, L. RUSSO U. 2005, *Second Iron Age pottery from Este (northeastern Italy): study of provenance and technology*, in *Applied Clay Sciences*, 29, pp. 31-44.

MARITAN *et alii* 2006a = MARITAN L., MAZZOLI C., POMPERMAIER A., BASSO P., ZANOVELLO P. 2006, *Le malte dei pavimenti di età imperiale del complesso di Via Neroniana (Montegrotto Terme a Padova): indagini preliminari*, in *Atti del Convegno Nazionale di Caserta AIAr (Caserta 16-18 febbraio 2005)*, Bologna, pp. 431-436.

MARITAN *et alii* 2006b = MARITAN L., NODARI L., MAZZOLI C., MILANO A., RUSSO U. 2006, *Influence of firing conditions on ceramic products: Experimental study on clay rich in organic matter*, in *Applied Clay Sciences*, 31, 1–2, pp. 1-15.

MAROCCO R. 1991, Evo*luzione tardopleistocenica-olocenica del delta del F. Tagliamento e delle lagune di Marano e Grado (Golfo di Trieste)*, in *Il Quaternario*, 4/1b, pp. 223-232.

MAROCCO R. 2004, *Le quote delle costruzioni romane e paleocristiane del* castrum *di Grado in relazione al livello del mare*, in *Aquileia Nostra*, LXXV, cc. 373-388.

MAROCCO R. 2009, *Prima ricostruzione paleo-idrografica del territorio della bassa pianura friulano-isontina della laguna di Grado nell'Olocene*, in *Gortania. Geologia, Paleontologia, Paletnologia*, 31, pp. 69-86.

MARRA *et alii* 2016 = MARRA F., ANZIDEI M., BENINI A., D'AMBROSIO E., GAETA M., VENTURA G., CAVALLO A. 2016, *Petro-chemical features and source areas of volcanic aggregates used in ancient Roman maritime concretes*, in *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 328, pp. 59-69.

MARRA F., D'AMBROSIO E. 2013, *Trace element classification diagrams of pyroclastic rocks from the volcanic districts of central Italy: the case study of the ancient roman ships of Pisa*, in *Archaeometry*, 55/6, pp. 993-1019.

MARRA F., D'AMBROSIO E., GAETA M., MATTEI M. 2016, *Petrochemical Identification and Insights on Chronological Employment of the Volcanic Aggregates Used in Ancient Roman Mortars*, in *Archaeometry*, 58, 2, pp. 177-200.

MARRA F., D'AMBROSIO E., SOTTILI G., VENTURA G. 2013, *Geochemical fingerprints of volcanic materials: Identification of a pumice trade route from Pompeii to Rome*, in *Bulletin of the American Geological Society*, 125, 3-4, pp. 556-577.

MARRA F., DEOCAMPO D., JACKSON M.D., VENTURA G. 2011, *The Alban Hills and Monti Sabatini volcanic products used in ancient Roman masonry (Italy): an integrated stratigraphic, archeological, environmental and geochemical approach*, in *Earth Sciences Review*, 108, pp. 115-136.

MASELLI SCOTTI F. 2004, *Aquileia prima di Roma. L'abitato della prima età del ferro*, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del Ducato longobardo: topografia, urbanistica, edilizia pubblica*, a cura di G. Cuscito, M. Verzár-Bass, Antichità Altoadriatiche, LIX, Trieste, pp. 19-38.

MASELLI SCOTTI F. 2009, *Le fasi preromane*, in Moenibus et portu celeberrima 2009, pp. 3-6.

MASELLI SCOTTI F. 2013, *Aquileia prima della fondazione: il paesaggio*, in *Le modificazioni del paesaggio nell'altoadriatico tra pre-protostoria ed altomedioevo*, Atti della XLIII settimana di studi aquileiesi (Aquileia, 10-12 maggio 2012), a cura di G. Cuscito, Antichità Altoadriatiche LXXVI, Trieste, pp. 85-92.

MASELLI SCOTTI F. 2014, *Riflessioni sul paesaggio aquileiese all'arrivo dei romani*, in HOC QVOQVE LABORIS PRAEMIVM. *Scritti in onore di Gino Bandelli*, a cura di M. Chiabà, Trieste, pp. 319-329.

MASELLI SCOTTI F., CRISMANI A., SENARDI F., VENTURA P. 1999, *Essicatoio Nord. Scavo 1999*, in *Aquileia Nostra*, LXX, cc. 329-340.

MASELLI SCOTTI F., DEGRASSI V., MEZZI M. R., MANDRUZZATO L. 1995, *Essicatoio Nord, scavo 1995*, in *Aquileia Nostra*, LXVI, cc. 192-199.

MASELLI SCOTTI F., PARONUZZI P., PUGLIESE N. 1999, *Sondaggi geognostici per la prospezione geoarcheologica del territorio di Aquileia: il progetto SARA*, in *Archeologia senza scavo. Nuovi metodi di indagine per la conoscenza del territorio antico*, Atti della XXVIII settimana di studi aquileiesi (Aquileia, 25-28 aprile 1997), a cura di C. Zaccaria, *Antichità Altoadriatiche*, XLV, Trieste, pp. 79-97.

MASELLI SCOTTI F., ROTTOLI M. 2007, *Indagini archeobotaniche all'ex Essicatoio nord di Aquileia: i resti vegetali protostorici e romani*, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del ducato longobardo: territorio, economia, società*, atti della XXXVII Settimana di studi aquileiesi, (Aquileia, 18-20 maggio 2006), a cura di G. Cuscito, C. Zaccaria, *Antichità Altoadriatiche*, LXV/II, Trieste, pp. 783-816.

MASELLI SCOTTI F., RUBINICH M. 2009, *I monumenti pubblici*, in Moenibus et portu celeberrima 2009, pp. 93-110.

MASELLI SCOTTI F., TIUSSI C. 2010, *Assetto urbanistico e funzionale dell'area del nucleo basilicale teodoriano prima della sua costruzione*, in *La Basilica di Aquileia. Storia, archeologia ed arte*, Atti della XL settimana di studi aquileiesi (Aquileia, 7-9 maggio 2009), a cura di G. Cuscito, *Antichità AltoAdriatiche* LXIX, Trieste pp. 123-156.

MASELLI SCOTTI, F. 1993, *Vecchi e nuovi scavi a confronto: indagini ad oriente di Aquileia*, in *Gli scavi di Aquileia: uomini e opere*, Atti della XXIII Settimana di Studi Aquileiesi (25-29 aprile 1992), Antichità Altoadriatiche, XL, Udine, pp. 279-286.

MASSAZZA F. 2004, *Pozzolana and pozzolanic cements*, in *Lea's chemistry of cement and concrete*, a cura di P. C. Hewlett, Amsterdam, pp. 471-635.

MASSIDDA L., MELONI P., FLORIS D. 2007, L*e malte per la conservazione ed il restauro: dalla tradizione alla innovazione*, in *Scavi Archeologici a Uthina, Vol. 2 Lo Scavo e le Ricerche in Corso*, Cagliari-Tunisi, pp. 285-296.

MASTROCINQUE A. 2018, *Una ricognizione geofisica*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 57-58.

MATTEINI R. 2004, *Lo scavo di via Conca del Naviglio 25*, in *L'anfiteatro di Milano e il suo quartiere*, a cura di a. C. Mori, Ginevra-Milano, pp. 36-39.

MAZZOCCHIN G. A., AGNOLI F., MAZZOCCHIN S., COLPO I. 2003, A*nalysis of pigments from Roman wall paintings found in Vicenza*, in *Talanta*, 61, 4, pp. 565-572.

MAZZOCCHIN G. A., AGNOLI F., SALVADORI M. 2004, *Roman age wall paintings found in Pordenone, Trieste and Montegrotto*, in *Talanta*, 64, 3, pp. 732-741.

MAZZOCCHIN G. A., DE LORENZI PEZZOLO A., VIANELLO A. 2013, *Spectroscopic analysis of wall paintings from Rocca Manerba*, in *Sciences at Cà Foscari*, 2, pp. 34-40.

MAZZOCCHIN G. A., DEL FAVERO M., TASCA G. 2007, *Analysis of pigments from Roman wall paintings found in the "*Agro Centuriato*" of* Julia Concordia *(Italy),* in *Annali di Chimica*, 97, pp. 905-913.

MAZZOCCHIN G. A., MAZZOCCHIN S., RUDELLO D. 2011, *Analisi dei pigmenti e degli strati preparatori di pitture parietali romane provenienti da Padova*, in *Archeologia Veneta*, XXXIII, pp. 176-191.

MAZZOCCHIN G. A., ORSEGA E. F., BARALDI P., ZANNINI P. 2006, *Aragonite in Roman Wall Paintings of the VIII°* Regio*,* Aemilia*, and X°* Regio*,* Venetia et Histria, in *Annali di Chimica*, 96, 7/8, pp. 377-387.

MAZZOCCHIN G. A., RUDELLO D., MURGIA E. 2007, *Analysis of Roman wall paintings found in Verona*, in *Annali di Chimica*, 97, 9, pp. 807-822.

MAZZOCCHIN G. A., VIANELLO A., MINGHELLI S., RUDELLO D. 2010, *Analysis of Roman wall paintings from the* thermae *of* "Iulia Concordia", in *Archaeometry*, 52, 4, pp. 644-655.

MCGRAIL S. 1989, *The shipment of traded goods and of ballast in antiquity*, in *Oxford Journal of Archaeology*, 8, 3, pp. 353-358.

MCPHIE J., DOYLE M., ALLEN R. 1993, *Volcanic Textures A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*, Hobart, Tasmania.

MEDICI T. 1999, *Edilizia rurale di età romana nel territorio dell'odierna provincia di Brescia. tecniche e materiali*, in *Annali benacensi*, 18, pp. 179-213.

MEDRI M. 1997, *Scavo in due* insulae *dei quartieri nord*, in *Aquileia Nostra*, LXVII, cc. 369-383.

MEDRI M. 2000, *Scavo in due* insulae *dei Quartieri Nord di Aquileia. Campagne 1995-2000. Rapporto preliminare*, in *Aquileia Nostra*, LXI, pp. 257-363.

MENEGHINI R., BIANCHI E. 2010, *Il cantiere costruttivo del Foro di Nerva* 2010, in *Arqueología de la construcción, 1. Los procesos constructivos en el mundo romano: Italia y provincias occidentales* (Mérida, 25-26 ottobre 2007), a cura di S. Camporeale, H. Dessales, A. Pizzo, Anejos de AEspA 50, Mérida, pp. 71-79.

MENICALI U. 1992, *I materiali dell'edilizia storica. Tecnologia e impiego dei materiali tradizionali*, Roma.

MESSINEO G. 1991, *La via Flaminia*, Roma.

MEUCCI C. 2002, *Analisi degli strati pittorici di frammenti di intonaco dipinti*, in *Nuove ricerche sul* Capitolium *di Brescia*. *Scavi, studi e restauri*, a cura di F. Rossi, Milano, pp. 65-74.

MIDDENDORF *et alii* 2005a = MIDDENDORF B., HUGHES J.J., CALLEBAUT K., BARONIO G., PAPAYIANNI I. 2005, *Investigative methods for the characterisation of historic mortars. Part 1: Mineralogical characterization*, in *Materials and Structures*, 38, pp. 761-769.

MIDDENDORF *et alii* 2005b = MIDDENDORF B., HUGHES J.J., CALLEBAUT K., BARONIO G., PAPAYIANNI I. 2005, *Investigative methods for the characterisation of historic mortars. Part 2: Chemical characterisation*, in *Materials and Structures*, 38, pp. 771-780.

Mineral and Chemical Composition of Pure Limestone 2011, relazione geotecnica, Missouri Department of Natural Resources, Division of Geology and Land Survey.

MIRABELLA ROBERTI M. 1966, *La più antica basilica di Grado*, in *Arte in Europa, Studi in onore di Edoardo Arslan*, Milano, pp. 105-110.

MIRABELLA ROBERTI M. 1972, *Architetture e musaici paleocristiani di Grado*, in *Aquileia e l'alto Adriatico, 1, Aquileia e Grado*, *Antichità Altoadriatiche*, 1, pp. 317-321.

MIRIELLO *et alii* 2010 = MIRIELLO D., BARCA D., BLOISE A., CIARALLO A., CRISCI G. M., DE ROSE T., GATTUSO C., GAZINEO F., LA RUSSA M. F. 2010, *Characterisation of archaeological mortars from Pompeii (Campania, Italy) and identification of construction phases by compositional data analysis* in *Journal of Archaeological Science*, 37, pp. 2207-2223.

MIRIELLO *et alii* 2018 = MIRIELLO D., BLOISE A., CRISCI G. M., DE LUCA R., DE NIGRIS B., MARTELLONE A., OSANNA M., PACE R., PECCI A., RUGGIERI N. 2018, *New compositional data on ancient mortars and plasters from* Pompeii *(Campania – Southern Italy): Archaeometric results and considerations about their time evolution*, in *Materials Characterization*, 146, pp. 189-203.

MIRIELLO D., CRISCI G.M. 2006, *Image analysis and flatbed scanners. A visual procedure in order to study the macro-porosity of the archaeological and historical mortars* in *Journal of Cultural Heritage*, 7, 3. pp. 186-192.

Moenibus et portu celeberrima 2009 = GHEDINI F., BUENO M., NOVELLO M. (a cura di) 2009, Moenibus et portu celeberrima. *Aquileia, storia di una città*, Roma.

MOGGETTA M. 2015, *A New Date for Concrete in Rome*, in *The Journal of Roman Studies*, 105, pp. 1-40.

MOORE R. E. M. 1968, *A Newly Observed Stratum in Roman Floor Mosaics*, in *American Journal of Archaeology*, 72, 1, pp. 57-68.

MOR C. G. 1972, *La fortuna di Grado nell'altomedioevo*, in *Aquileia e Grado, Atti della prima e della seconda Settimana di studi aquileiesi* (1-7 maggio 1970 e 29 aprile - 5 maggio 1971), Antichità altoadriatiche, 1, Trieste, pp. 299-315.

MOROPOULOU A., BAKOLAS A., ANAGNOSTOPOULOU S. 2005, *Composite materials in ancient structures*, in *Cement & Concrete Composites*, 27, pp. 295-300.

MOROPOULOU A., BAKOLAS A., BISBIKOU K. 2000, *Investigation of the technology of historic mortars*, in *Journal of Cultural Heritage*, 1, pp. 45-58.

MUNSELL. A. 1957, *Soil colour chart*, Baltimore.

MURGIA E. 2017, *Pittura parietale ad Aquileia. Intonaci dipinti dall'insula a nord-est del Foro*, in *FOLD&R*, 392, pp. 1-20.

MURGIA E., ZERBINATTI M. 2017, *Draw-up Techniques for Painted Plasters in Aquileia. A preliminary Analysis*, in *Context and Meaning*, Proceedings of the Twelfth International Conference of the Association Internationale pour la Peinture Murale Antique (Athens, September 16-20), a cura di E.M. Moormann, S.T.A.M. Mols, Babesch Supplements, 31, pp. 435-438.

NICOSIA C. 2017, *Aquileia-Teatro (AQU17COM). Relazione geoarcheologica sui carotaggi S1 ed S2*, Relazione tecnica inedita.

NICOSIA C. 2018, *Geoarcheologia delle stratificazioni urbane post-classiche*, *Antenor Quaderni*, 45, Roma.

NICOSIA C., POLISCA F. 2018a, *Aquileia- Teatro (AQU18COM). Relazione geoarcheologica sui carotaggi S1, S2, S3 (2018)*, Relazione tecnica inedita.

NICOSIA C., POLISCA F. 2018b, *I carotaggi*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 167-170.

NIMMO M. (a cura di) 2001, *Pittura murale. Proposta per un glossario*, Lurano.

NOVELLO M. 2017, *I mosaici di Aquileia in età tardoantica*, in *Pavimenti romani di Aquileia* 2017, pp. 519-533.

NOVELLO M., SALVADORI M. 2012, *Aquileia, Casa delle Bestie Ferite: nuovi ritrovamenti*, in *La pittura romana nell'Italia settentrionale e nelle regioni limitrofe*, Atti della XLI Settimana di Studi Aquileiesi (Aquileia, 6-8 maggio 2010), a cura di F. Oriolo e M Verzár, *Antichità Altoadriatiche*, LXXIII, Trieste, pp. 223-232.

NOVELLO M., SALVADORI M., TIUSSI C., VILLA L. 2013, *Il primo nucleo episcopale di Aquileia: struttura e decorazione*, in *Costantino e Teodoro. Aquileia nel IV secolo*, Catalogo della mostra (5 luglio – 3 novembre 2013) a cura di C. Tiussi, L. Villa e M. Novello, Milano, pp. 143-153.

NOVELLO M., TIUSSI C. 2013, *La sala absidata nell'area Violin*, in *Costantino e Teodoro. Aquileia nel IV secolo*, Catalogo della mostra (5 luglio – 3 novembre 2013) a cura di C. Tiussi, L. Villa e M. Novello, Milano, pp. 185-187.

OLESON J. P., BRANDON G. 1992, *The technology of King Herod's harbour, Caesarea Papers, Straton's Tower, Herod's Harbour, and Roman and Byzantine* Caesarea, in *Journal of Roman Archaeology*, supplemento V, pp. 49-67.

OLESON *et alii* 2004 = OLESON J. P., BRANDON C., CRAMER S.M., CUCITORE R., GOTTI E., HOHLFELDER R.L., 2004. *The ROMACONS project: a contribution to the historical and engineering analysis of hydraulic concrete in roman maritime structures*, in International Journal of Nautical Archaeology, 33, 2, pp. 199-229.

OLESON J. P., JACKSON M. D. 2014, *The Technology of Roman Maritime Concrete*, in *Building for Eternity* 2014, pp. 1-10.

OLESON J. P., JACKSON M. D., VOLA G. 2014, *Appendix 3. Catalogue and Descriptions of Concretes Drilled from Marine Structures by ROMACONS*, in *Building for Eternity* 2014, pp. 243-283.

ORIOLO F. 1991a, *Gli affreschi*, in *Aquileia Romana. Vita pubblica e privata*, Catalogo della mostra (Aquileia, luglio-novembre 1991) a cura di M. Verzár-Bass, p. 56.

ORIOLO F. 1991b, *Decorazioni parietali (DP)*, in *Scavi ad Aquileia, I. L'area a est del foro. Rapporto degli scavi 1988*, a cura di M. Verzár-Bass, pp. 65-66.

ORIOLO F. 2012a, *Rivestimenti parietali ad Aquileia*, in *La pittura romana nell'Italia settentrionale e nelle regioni limitrofe*, Atti della XLI Settimana di Studi Aquileiesi (Aquileia, 6-8 maggio 2010), a cura di F. Oriolo e M. Verzár-Bass, *Antichità Altoadriatiche*, LXXIII, Trieste, pp. 191-205.

ORIOLO F. 2012b, *Modi dell'abitare ad Aquileia: i rivestimenti parietali*, in *L'architettura privata ad Aquileia in età romana*, Atti del Convegno (Padova, 21-22 febbraio 2011), a cura di J. Bonetto e M. Salvadori, Antenor Quaderni, 24, Padova, pp. 243-262.

ORIOLO F. 2015, *Pitture frammentarie da Aquileia: riflessioni a margine di una recente acquisizione*, in *TECT 2*, pp. 45-58.

ORIOLO F., SALVADORI M. 1997, *Tradizione e gusto della pittura parietale romana nella* Decima Regio*: i casi di Torre di Pordenone, Aquileia e Zuglio*, in *Le giornate del Castello*. Incontri di studio (Pordenone, 6, 26 ottobre, 29 novembre 1996), Udine, pp. 93-108.

ORIOLO F., SALVADORI M. 2001, *Decorazioni parietali private nella X Regio: i casi della villa "imperiale" di Aquileia e della villa di Torre di Pordenone*, in *Abitare in Cisalpina. L'edilizia privata nelle città e nel territorio in età romana*, Atti della XXXI Settimana di Studi Aquileiesi (23-26 maggio 2000) a cura di M. Verzár-Bass, Antichità Altoadriatiche, XLIX, Trieste, pp. 629-651.

ORIOLO F., SALVADORI M. 2005, *La pittura parietale: per una rilettura dei sistemi decorativi aquileiesi*, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del Ducato longobardo. La cultura artistica in età romana (II sec. a.C. - III sec. d.C.)*, a cura di G. Cuscito e M. Verzár-Bass, Antichità Altoadriatiche, LXI, Trieste, pp. 447-468.

ORIOLO F., SALVADORI M. 2009, *La pittura*, in Moenibus et portu celeberrima 2009, pp. 221-230.

PAGANI C. 1991, *Gli intonaci dipinti di età romana*, in *Scavi MM3. Ricerche di archeologia urbana a Milano durante la costruzione della linea 3 della metropolitana (1982-1990)*, a cura di D. Caporusso, Milano, pp. 131-142.

PAGANI C. 2012, *Osservazioni preliminari sui frammenti di intonaco dipinto e sugli stucchi provenienti dagli scavi nell'area della* domus *(Scavi 1961 e 2009)*, in *L'area archeologica del Monastero Maggiore di Milano*, a cura di P. Blockley, N. Cecchini e C. Pagani, Quaderni del Civico Museo Archeologico di Milano, 4 speciale, pp. 41-49.

PALLADIO A. 1570, *I quattro libri dell'architettura*, Venezia.

PALLECCHI P. 1991, *Caratteristiche composizionali*, in *Aquileia Romana. Vita pubblica e privata*, Catalogo della mostra (Aquileia, luglio-novembre 1991) a cura di M. Verzár-Bass, Venezia, p. 58.

PAOLUCCI G. 2017a, *376*, in *I Pavimenti romani di Aquileia*, pp. 228-231.

PAOLUCCI G. 2017b, *381*, in *I Pavimenti romani di Aquileia*, p. 251.

PAOLUCCI G. 2017c, *383*, in *I Pavimenti romani di Aquileia*, pp. 252-253.

PAOLUCCI G. 2017d, *384*, in *I Pavimenti romani di Aquileia*, pp. 253-254.

PAOLUCCI G. 2017e, *387*, in *I Pavimenti romani di Aquileia*, pp. 255-256.

Paolucci G. 2017f, *388*, in *I Pavimenti romani di Aquileia*, p. 256.

PAOLUCCI G. 2017f, *388*, in *Pavimenti romani di Aquileia*, Padova, p. 256.

PASQUALUCCI P. 2005, *Da un riesame delle fonti e dall'analisi dei mosaici di* Privernum *una nuova lettura della tecnica di esecuzione pavimentale romana*, *in Atti del X Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico* (Lecce, 18-21 febbraio 2004), a cura di C. Angelelli, Tivoli, pp. 527-538.

PATUZZI F. 2015-2016, *Genesi e composizione delle "dark earths" dalla Domus delle Bestie Ferite (Aquileia-UD). Analisi micromorfolofiche, di contesto e studio del materiale ceramico*, Università degli Studi di Padova, Laurea magistrale in Scienze Archeologiche, a.a. 2015/2016 (relatore: prof.ssa M. Salvadori).

PAVÍA S., FITZGERALD B., HOWARD R. 2010, *Evaluation of properties of magnesian lime mortar*, in *Structural Studies, Repair and Maintenance of Heritage Architecture IX (Malta, June 2005. Vol 83 WIT Transactions on The Built Environment. C.A)*, a cura di C.A. Brebbia e A. Torpiano, Malta, pp. 375-384.

Pavimenti romani di Aquileia 2017 = F. Ghedini, M. Bueno, M. Novello, F. Rinaldi (a cura di) 2017, *I pavimenti romani di Aquileia*, *Contesti, Tecniche, repertorio decorativo*, *Antenor Quaderni*, 37.1/2, Padova.

PECCERILLO A., 2005, *Plio-Quaternary Volcanism in Italy: Petrology, Geochemistry*, Berlin.

PECCHIONI *et alii* 2007 = PECCHIONI F., CANTISANI E., PALLECCHI P., FRATINI F., BUCCIANTI A., PANDELI E., RESCIC S., CONTICELLI S. 2007, *Characterization of the Amphorae, stone ballast and stowage materials of the ships from the archaeological site of Pisa–San Rossore, Italy: inferences on their provenance and possible trading routes*, in *Archaeometry*, 49, pp. 1–22.

PECCHIONI E., FRATINI F., CANTISANI E. 2008, *Le malte antiche e moderne: tra tradizione ed innovazione*, Bologna.

PECCHIONI E., FRATINI F., CANTISANI E. 2014, *Atlante delle malte antiche in sezione sottile al microscopio ottico*, Firenze.

PETRELLA G. 2008, De calcariis faciendis. *Una proposta metodologica allo scavo di una fornace da calce e al riconoscimento degli indicatori di produzione*, in *Archeologia dell'Architettura*, XIII, pp. 29-44.

PIOVESAN *et alii* 2019 = PIOVESAN R., MARITAN L., MENEGHIN G., PREVIATO C., BAKLOUTI S., SASSI R., MAZZOLI C. 2019, *Stones of the facade of the Sarno Baths,* Pompeii: *A mindful construction choice*, in *Journal of Cultural Heritage*, 40, pp. 255-264.

PIOVESAN R., MAZZOLI C., MARITAN L., CORNALE P. 2012, *Fresco and lime-paint: an experimental study and objective criteria for distinguishing between these painting techniques*, in *Archaeometry*, 54, 4, pp. 723-736.

PLOMMER H. (a cura di) 1973, *Vitruvius and later roman building manuals*, Cambridge.

POLISCA F. 2016/2017, *L'interazione tra uomo e ambiente nell'insediamento romano di Aquileia*, Tesi di Laurea Triennale (Relatore Prof. A.R. Ghiotto), Università degli Studi di Padova, Anno Accademico 2016/2017.

PORTULANO B., BUGINI R., FOLLI L. 2002, *Caratteri stratigrafici di mosaici romani di Aquileja*, in *I mosaici. Cultura, Tecnologia, Conservazione*, *Atti del convegno di studi (Bressanone, 2 - 5 luglio 2002)*, a cura di G. Biscontin e G. Driussi, Venezia, pp. 637-646.

PORTULANO B., URBAN M. 2001, *Materiali e tecniche murarie nel Basso e Medio Friuli in età romana*, Trieste.

PREVIATO C. 2012, *Tecniche costruttive utilizzate nelle case di Aquileia: le sottofondazioni pluristratificate*, in *L'architettura privata ad Aquileia in età romana*, Atti del Convegno di Studi (Padova, 21 - 22 febbraio 2011), a cura di J. Bonetto e M. Salvadori, *Antenor Quaderni*, 24, Padova, pp. 165-180.

PREVIATO C. 2014, *Area II, Saggio 1 - Ambiente 11*, in *Aquileia - Fondi ex Cossar. Missione archeologica 2013*, pp. 47-52.

PREVIATO C. 2015, *Aquileia. Materiali, forme e sistemi costruttivi dall'età repubblicana alla tarda età*, in *Antenor Quaderni*, 32, Padova.

PREVIATO C. 2017, *La documentazione fotografica*, in J. Bonetto e V. Centola (a cura di), *Fondi Cossar 1. Scavi, ricerche e studi del passato*, Scavi di Aquileia, II, Roma, pp. 83-98.

PREVIATO C. 2018, *Sistemi di approvvigionamento idrico ad Aquileia in età rom*ana, in Cura Aquarum. *Adduzione e distribuzione dell'acqua nell'antichità*, Atti della XLVIII settimana di Studi Aquileiesi (Aquileia 10-12 maggio 2017) a cura di G. Cuscito, Antichità Altoadriatiche LXXXVIII, Trieste, pp. 107-129.

PREVIATO C. 2019, *Modi d'uso e sistemi di messa in opera del laterizio in Italia settentrionale in età* , in *Alle origini del laterizio romano. Nascita e diffusione del mattone cotto nel Mediterraneo tra IV e I secolo a.C.*, Atti del Convegno Internazionale Di Studio (Padova, 26-28 aprile 2016), a cura di J. Bonetto, E. Bukowiecki, R. Volpe, Costruire nel mondo antico, 1, Roma, pp. 369-382.

PREVIATO C., MARESO N. 2015, *Marbles from the* Domus *of 'Bestie ferite' and from the* Domus *of 'Tito Macro' in Aquileia (UD), Italy*, in *Interdisciplinary Studies on Ancient Stone, X Proceedings of the Tenth International Conference of ASMOSIA* (Rome, 21-26 May 2012) a cura di P. Pensabene e E. Gasparini, Roma, pp. 299-309.

PREVIATO C., MAZZOLI C. 2018, *Le analisi petrografiche*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 187-192.

PRISCO G. 2005, *Su alcune particolarità tecniche delle officine addette alla decorazione della Domus* Vettiorum, in *Nuove ricerche archeologiche a Pompei ed Ercolano*, Atti del convegno internazionale (Roma 28-30 novembre 2002), a cura di P. G. Guzzo e M. P. Guidobaldi, Napoli, pp. 355-366.

PROVENZALE V. 2005, *Contributo preliminare allo studio degli intonaci del cosiddetto "Tempio Gallet"*, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del Ducato longobardo. La cultura artistica in età romana (II sec. a.C. – III sec. d.C.)*, Atti della XXXV Settimana di Studi Aquileiesi (Aquileia, 6-8 maggio 2004), a cura di G. Cuscito e M. Verzár-Bass, Antichità Altoadriatiche, LXI, Trieste, pp. 471-485.

PROVENZALE V., TIUSSI C., VILLA L. 2006, *Gli affreschi del complesso teodoriano. Rapporto preliminare sui frammenti inediti*, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del Ducato longobardo. L'arte ad Aquileia dal sec. IV al IX*, Atti della XXXVI Settimana di Studi Aquileiesi (Aquileia, 18-21 maggio 2005), a cura di G. Cuscito, Antichità Altoadriatiche, LXII, Trieste, pp. 185-209.

PUGLIESE N., MASELLI SCOTTI F., FRANCHINI D. 1999, M*icropalaeontology in archaeological research: draft of late quaternary evolution of the alluvial plain near Aquileia (NE Italy)*, in *Revista Española de Micropaleontología,* 31, 3, pp. 403-410.

REBAUDO L. 2004, Thermae felices Constantinianae. *Contributo all'interpretazione dell'edificio pubblico della Braida Murada (Aquileia)*, in *Aquileia Nostra*, LXXV, cc. 273-314.

REBAUDO L. 2006, *Il* frigidarium *delle* Thermae Felices. *Caratteri strutturali e osservazioni sulla decorazione pavimentale*, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del Ducato longobardo. L'arte ad Aquileia dal sec. IV al IX*, a cura di G. Cuscito, Antichità Altoadriatiche LXII, Trieste, pp. 445-476.

RICCARDI M. P., DUMINUCO P., TOMASI C., FERLONI P. 1998, *Thermal, microscopic and X-ray diffraction studies on some ancient mortars*, in *Thermochimica Acta*, 321, 1/2, pp. 207-214.

RIESS W.tect 1 2001, *Kaiser Konstantin und seine Söhne*, in Zeitschrift für Papyrologie und Epigraphik, CXXXV, pp. 266-283.

RIETVELD H. M. 1967, *Line Profiles of Neutron Powder-diffraction Peaks for Structure Refinement*, in *Acta Crystallographica*, 22, pp. 151-152.

RINALDI F. 2017, *I mosaici di Aquileia tra l'età giulio-claudia e il III sec. d.C.*, in *Pavimenti romani di Aquileia* 2017, pp. 519-524.

ROCHELLE *et alii* 2016 = ROCHELLE C. A., MILODOWSKI A. E., BATEMAN K., MOYCE E. B. A., KILPATRICK A. 2016, *A long-term experimental study of the reactivity of basement rock with highly alkaline cement waters: Reactions over the first 15 months*, in *Mineralogical Magazine*, 80, 6, pp. 1089-1113

ROFFIA E., BUGINI R., FOLLI L. 2009, *Stone Material of the Roman villas around Lake Garda (Italy)* in *ASMOSIA VII, Proceedings of the 7th International Conference of the Association for the Study of Marble and Other Stones in Antiquity* (Thasos, 15-20 Septembre 2003), Bulletin the Correspondence Hellénique, supp. 51, Atene, pp. 559-570.

ROFFIA, E., BUGINI, R., BIONDELLI, D., FOLLI, L. 2005, *Le pitture murali della villa romana detta Grotte di Catullo" (Sirmione)*, in *Sulle pitture murali. Riflessioni, Conoscenze, Interventi, Atti del Convegno di studi (Bressanone 12-15 luglio 2005)*, a cura di G. Biscontin e G. Driussi, Venezia, Scienza e Beni Culturali, XXI, pp. 755-761.

Roman wall painting 1997 = Bearat H., Fuchs M., Maggetti M., Paunier D. (a cura di) 1997, *Roman wall painting. Materials, techniques, analysis and conservation*, *Proceedings of the International Workshop (Fribourg, 7-9 march 1996)*, Fribourg.

ROOSZ *et alii* 2015 = ROOSZ C., GRANGEON S., BLANC P., MONTOUILLOUT V., LOTHENBACH B., HENOCQ P., GIFFAUT E., VIEILLARD P., GABOREAU S. 2015, *Crystal structure of magnesium silicate hydrates (MSH): the relation with 2:1 Mg–Si phyllosilicates*, in *Cement and Concrete Research*, 73, pp. 228-237.

ROSADA G. 1979, *I fiumi e i porti nella* Venetia *orientale: osservazioni intorno ad un famoso passo pliniano*, in *Aquileia Nostra*, L, cc. 173-256.

ROSSI R. F. 2003, *Aquileia in età cesariana ed augustea*, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del ducato longobardo: storia, amministrazione, società*, Atti della XXXIII Settimana di Studi Aquileiesi (Aquileia, 25-27 aprile 2002), a cura di Cuscito, Giuseppe, Antichità Altoadriatiche, LIV, Trieste, pp. 155-173.

ROUSSE C. 2006, *La navigation fluviale et endo lagunaire en Italie du Nord à l'époque romaine. Aménagements des cours d'eau et représentations cartographiques : perspectives de recherche*, in *Les routes de l'Adriatique antique: géographie et économie*, Actes de la Table (18 - 22 september 2001), a cura di S. Cace, A. Kurilic e F. Tassaux, Bordeaux, pp. 137-148.

ROY D. M., LANGTON C. A. 1980, *Longevity of Borehole and Shaft Sealing Materials, 2: Characterisation of Cement-based Ancient Building Materials*, Office of Nuclear Waste Isolation, Report No. ONWI-202, Washington D. C.

RUBINICH M. 2004a, *Aquileia, loc. Braida Murada, "Grandi Terme". Scavi 2004*, in *Aquileia Nostra*, LXXV, cc. 608-618.

RUBINICH M. 2004b, *Ricerche e scavi condotti ad Aquileia dell'Università di Udine*, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del Ducato longobardo: topografia, urbanistica, edilizia pubblica*, a cura di G. Cuscito, M. Verzár-Bass, Antichità Altoadriatiche LIX, Trieste, pp. 687-700.

RUBINICH M. 2006, *Aquileia (UD). Le indagini dell'Università di Udine alle "Grandi Terme", località Braida Murada (Scavi 2005-2006)*, in *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia*, 1, pp. 151-158.

RUBINICH M. 2007, *Aquileia (UD). Le indagini dell'Università di Udine alle "Grandi Terme" in località Braida Murada*, in *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia*, 2, pp. 133-140.

RUBINICH M. 2008, *Le indagini dell'Università di Udine alle "Grandi Terme" in località Braida Murada (2008)*, in *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia*, 3, pp. 161-166.

RUBINICH M. 2009, *Aquileia (UD). Le indagini dell'Università di Udine alle "Grandi Terme" in località Braida Murada (2009)*, in *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia*, 4, pp. 169-174.

RUBINICH M. 2010, *Gli scavi dell'Università di Udine alle Grandi Terme di Aquileia. I risultati e le prospettive future*, in *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia*, 5, pp. 50-54.

RUBINICH M. 2011, *New Technologies for the 'Great Baths' of Aquileia; Results and Prospects*, in *The New technologies for Aquileia*, Proceedings of the 1st Workshop (Aquileia, 2 may 2011), a cura di V. Roberto, on-line publication, pp. K1-K9.

RUBINICH M. 2012a, *Dalle "Grandi Terme" alla "Braida Murada": storie di una trasformazione*, in *L'architettura privata ad Aquileia in età romana*, a cura di J. Bonetto e M. Salvadori, Padova, pp. 619-637.

RUBINICH M. 2012b, *Intonaci dipinti dall'area delle "Grandi Terme" di Aquileia: rapporto preliminare,* in *La pittura romana nell'Italia settentrionale e nelle regioni limitrofe,* Atti della XLI Settimana di Studi Aquileiesi (Aquileia, 6-8 maggio 2010), a cura di F. Oriolo e M Verzár, Antichità Altoadriatiche, LXXIII, Trieste, pp. 233-240.

RUBINICH M. 2013, *Le* Thermae Felices Constantinianae, in *Costantino e Teodoro. Aquileia nel IV secolo*, a cura di C. Tiussi, L. Villa, M. Novello, Milano, pp. 85-90.

RUBINICH M. 2014, *Le Grandi Terme Costantiniane*, in *Aquileia Nostra*, LXXXIII-LXXXIV, 2012-2013, pp. 97-117.

RUBINICH M. 2018, *Adduzione e distribuzione delle acque nelle 'Grandi Terme' di Aquileia: i dati dello scavo*, in Cura Aquarum, *adduzione e distribuzione dell'acqua nell'antichità*, Atti della XLVIII settimana di studi aquileiesi (Aquileia, 10-12 maggio 2017) a cura di G. Cuscito, Antichità Altoadriatiche, LXXXVIII, Trieste, pp. 87-106.

RUBINICH M. 2019, *Gli scavi dell'Università di Udine alle Grandi Terme di Aquileia (2002-2018)*, in *Quaderni Friulani di Archeologia*, XXIX, 1, pp. 127-132.

SACCHI F. 2007, *Il teatro di Milano e il panorama architettonico della città augustea*, in *Forme e tempi dell'urbanizzazione nella Cisalpina (II secolo a.C.-I secolo d.C.)*, Atti delle Giornate di studio (Torino, 4-6 maggio 2006), a cura di L. Brecciaroli Taborelli, Borgo San Lorenzo (FI), pp. 231-236.

SACCHI *et alii* 2011 = SACCHI F., BARATTO C., BORDIGONE P. FACCHINETTI G., GRASSI E., SEDINI E. 2011, in *Archeologia, Uomo, Territorio*, in *30 anni di trasformazioni nelle conoscenze e metodologie archeologiche a Milano*, Atti del convegno, Archeologia, uomo, territorio, 30, pp. 35-44.

SALVADORI *et alii* 2016 = SALVADORI M., DE NICOLO N., DIDONÉ A., SALVO G. 2016, *Aquileia, frammenti di affresco dagli scavi della Casa delle Bestie ferite e della Casa di Tito Macro*, in *Peintures murales et stucs d'époque romaine. Une archéologie du décor, Actes du 27e colloque de l'AFPMA*, (Tolouse, 21-22 novembre 2014), a cura di J. Boislève, A. Dardenay e F. Monier, Pictor 5, Bordeaux, pp. 243-258.

SALVADORI M., BOSCHETTI C. 2014, *Lavorare stanca: la disorganizzazione di una bottega di mosaicisti in età tardoantica. Il caso del mosaico delle Bestie Ferite*, in *Costantino il Grande a 1700 anni dall' "Editto di Milano*, Atti della XLIV settimana di studi aquileiesi (Aquileia, 30 maggio - 1 giugno 2013) a cura di G. Cuscito, *Antichità Altoadriatiche*, LXXVIII, Trieste, pp. 335–350.

SALVADORI M., TIUSSI C., VILLA L. 2010, *Il sistema di decorazione parietale della basilica tardoantica di Aquileia. Nuovi spunti*, in G. Cuscito e T. Lehmann (a cura di), *La basilica di Aquileia. Storia,*

archeologia ed arte. Der Dom von Aquileia. Geschichte, Archéologie und Kunst, Atti della XL Settimana di Studi Aquileiesi (7-9 maggio 2009), AntichitàAltoadriatiche, LXIX, Trieste, pp. 187-204.

SALVADORI M., TIUSSI C., VILLA L. 2014, *Tracce per la ricostruzione del sistema parietale della basilica tardo antica di Aquileia*, in N. Zimmermann (a cura di), *Antike Malerei zwischen Lokalstil und Zeitstil*, Akten des Xl. Internationales Kolloquiums der AIPMA (Association International pour la Peinture Murale Antique), (Ephesos-Selçuk 13-17 september 2010), Wien, pp. 157-164.

SANDRINI G. M. 2001, *La casa di Largo Saccon*, in *Concordia tremila anni di storia*, a cura di E. Di Filippo Balestrazzi, P. Croce Da Villa, Padova, pp. 186-187.

SANTACROCE R. 1987, *Somma-Vesuvio*, *Quaderni della Ricerca Scientifica*, 8, Roma.

SAVI SCARPONI A. 2013, *Fornaci da calce di epoca romana e medievale in territorio capenate*, in FOLD&R Fasti Online Documents & Research", 295, pp. 1-18.

SCALCO L. 2016, *Settore 2*, in *Aquileia: le indagini archeologiche dell'Università di Padova. Lo scavo della Casa delle Bestie ferite. Le campagne 2014 e 2015*, a cura di M. Salvadori, Padova, pp. 14-15.

SCAMOZZI V. 1615, *L'idea dell'architettura universale*, Venezia.

SCHIAVON N., MAZZOCCHIN G. A. 2009, *The Provenance of Sand in Mortars from Roman Villas in NE Italy: a Chemical-Mineralogical Approach*, in *The Open Mineralogy Journal*, 3, pp. 32-39.

SCHÖN F., 2014, *Insulare Wasserversorgung. Antike Regenwassersammel und speicheranlagen auf Pantelleria und Linosa (Italien)*, in Antike und moderne Wasserspeicherung, Atti del Convegno Internazionale (11-15 maggio 2011, Pantelleria), a cura di T. Schäfer, F. Schön, A. Gerdes, J. Heinrichs, Rahden, pp. 103-118.

SCHÖN F., SCHÄFER T., HEINRICHS J., GERDES A. 2012, *Hydraulische Zisternenverputze aus Karthago und Pantelleria (Italien)*, in *Römische und byzantinische Großbauten am Decumanus Maximus*, a cura di H. Dolenz, C. Flügel, Mainz, pp. 235-248.

SEBASTIANI L. 2018, *Pittura frammentaria di età romana dallo scavo della Casa delle Bestie Ferite (Aquileia): gli intonaci delle UUSS 1940, 1950 e 1998*, in *Peintures et stucs d'époque romaine. Études toichographologiques*, Actes du 29e colloque de l'AFPMA (Louvres, 18-19 novembre 2016), a cura di J. Boislève, A. Dardenay e F. Monier, Collection Pictor, 7, Bordeaux, pp. 183-196.

SEBASTIANI *et alii* 2019 = SEBASTIANI L., DILARIA S., SALVADORI M., SECCO M., ORIOLO F., ARTIOLI G., ADDIS A., RUBINICH M. 2019, Tectoria *e pigmenti nella pittura tardoantica di Aquileia: uno studio archeometrico*, in *AIRPA I. Nuovi dati per la conoscenza della pittura antica*, Atti del I Colloquio dell'Associazione Italiana Ricerche e Pittura Antica, Atti del Convegno (Aquileia 16-17 giugno 2017), Roma, pp. 31-46.

SECCO *et alii* 2019 = SECCO M., ADDIS A., ARTIOLI G., MARZAIOLI F., PASSARIELLO I., TERRASI F. 2019, *I materiali leganti della Cappella degli Scrovegni e dell'anfiteatro: analisi e datazioni*, in *La cappella degli Scrovegni nell'anfiteatro romano di Padova: nuove ricerche e questioni irrisolte*, a cura di R. Deiana, Padova, pp. 101-115.

SECCO *et alii* 2018 = SECCO M., DILARIA S., ADDIS A., BONETTO J., ARTIOLI G., SALVADORI M. c.s., *Evolution of the Vitruvian recipes over 500 years of floor making techniques: the case studies of* Domus *delle Bestie Ferite and* Domus *di Tito Macro (Aquileia, Italy)* in *Archaeometry*, 60/2, pp. 185-206.

SECCO *et alii* c.s. = SECCO M., DILARIA S., BONETTO J., ADDIS A., TAMBURINI S., PRETO N., RICCI G., ARTIOLI G., *Technological transfers in the Mediterranean on the verge of the Romanization: insights from the waterproofing renders of Nora (Sardinia, Italy)*, in *Journal of Cultural Heritage*, c.s.

SECCO M., VALENTINI L., ADDIS A. 2019, *Ancient and Modern Binders: Naturally Nanostructured Materials*, in G. Lazzara e R. Fakhrullin (a cura di*), Nanotechnologies and Nanomaterials for Diagnostic, Conservation and Restoration of Cultural Heritage*, Elsevier, Amsterdam, pp. 205-237.

SERSALE R. 2001, *Il gesso. Un legante della preistoria*?, in *Atti della Accademia pontaniana*, 50, pp. 201-205.

SFRECOLA S. 2014, *Indagini archeometriche sul mosaico di via Mariscotti (Acqui Terme - AL)*, in *Tessere del passato: il restauro del mosaico di via Mariscotti ad Acqui Terme*, *Atti del Convegno (Alba, 20 ottobre 2012)*, a cura di M. Venturino Gambari, Alba Pompeia, 33, 1, Alba, pp. 39-42.

SFRECOLA S. 2015, *Analisi archeometriche sulle malte murarie dell'antica* Segusio, in Segusium, *L'arco di Susa e i monumenti della propaganda imperiale in età augustea, Atti del Convegno (Susa, 12 aprile 2014)*, Società di ricerche e studi Valsusini, 52, Susa, pp. 293-302.

SICHE *et alii* 2004 = SICHE I., FORTE E., PRIZZON A., ARNAUD-FASSETTA G., FORT M. 2004, *Cartographie hydro géomorphologique et paléo chenaux fluviatiles en milieux profondément modifiés par les sociétés. L'exemple du port fluvial antique d'Aquilée dans la plaine du Frioul (Italie septentrionale, adriatique)*, in *Mosella*, XXIX, 3-4, pp. 247-259.

SIDDAL R. 2006, N*ot a Day without a Line Drawn. Pigments and painting techniques of Roman Artists*, in *InFocus*, 2, pp. 19-31.

SMITH M. S. 2008, *Petrography*, in *Woodland Pottery Sourcing in the Carolina Sandhills. Research Laboratories of Archaeology, University of North Carolina at Chapel Hill, Research Report No. 29*, a cura di J. M. Herbert and T. E. McReynolds, Research Report 29, pp. 73–107.

SONAT C., TEO W.W., UNLUER C. 2018, *Performance and microstructure of MgO-SiO2 concrete under different environments*, in *Construction and Building Materials*, 184, pp. 549-564.

SORIANO F. 2018a, *Dopo l'anfiteatro: i dati di scavo*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 101-113.

SORIANO F. 2018b, *La ricostruzione grafica*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 101-113.

SOTINEL C. 2005, *Identité civique et christianisme. Aquilée du IIIe au VIe siècle*, Roma.

STARINIERI V. 2009, *Study of materials and technology of ancient floor mosaics substrate*, Tesi di Dottorato, Università Alma Mater di Bologna, relatore prof.ssa I. Papayanni.

STRAZZULLA M. J. 1982-1983, *Sistemi decorativi privati di età augustea: una villa imperiale ad Aquileia?*, in *Annali della facoltà di Lettere e Filosofia. Università degli Studi di Perugia*, XX, pp. 465-487.

STRAZZULLA M. J. 1989, In paludibus moenia constituta: *problemi urbanistici di Aquileia in età repubblicana alla luce della documentazione archeologica e delle fonti scritte*, in *Aquileia repubblicana e imperiale*, Antichità Altoadriatiche, XXXV, Udine, pp. 187-228.

STROBEL K. 2003, *Aquileia in 2. und 3. Jahrhundert N. Chr.: zentrale Episoden seiner Geschichte*, in Atti della XXXIII Settimana di Studi Aquileiesi (Aquileia, 25-27 aprile 2002), a cura di Cuscito, Giuseppe, Antichità Altoadriatiche, LIV, Trieste, pp. 155-173.

SWENSON, E.G., GILLOTT, J.E. 1964, *Alkali–carbonate rock reaction*, in Highway Research Record. 45: 21–40.

TECT 1= SALVADORI M., SCAGLIARINI D. (a cura di) 2014, *TECT 1. Un progetto per la conoscenza della pittura parietale romana nell'Italia settentrionale*, *Antenor Quaderni*, 34, Padova.

TECT 2 = SALVADORI M., SCAGLIARINI D., DIDONÈ A., HELG R., MALGIERI A., SALVO G., CORALINI A. (a cura di) 2015, *TECT 2. La pittura frammentaria di età romana: metodi di catalogazione e studio dei reperti*, Atti della giornata di studio (Padova, 20 marzo 2014), Padova.

TEDESCHI C. 2010, *Malte a base di calce aerea con aggiunte di pozzolane naturali e cocciopesto*, in *Arkos: scienza e restauro*, 22, pp. 45-51.

TENCONI *et alii* 2013 = TENCONI M., MARITAN L., LEONARDI G., PROSDOCIMI B., MAZZOLI C. 2013, *Ceramic production and distribution in North-East Italy: Study of a possible trade network between Friuli Venezia Giulia and Veneto regions during the final Bronze Age and early Iron Age through analysis of peculiar 'flared rim and flat lip' pottery*, in *Applies Clay Sciences*, 82, pp. 121-134.

TENTOR M., TUNIS G., VENTURIN S. 1994, *Schema stratigrafico e tettonico del Carso isontino*, in *Natura Nascosta*, 9, pp. 1-32.

TEUTONICO J.M., ASHALL G., GARROD E., YATES T. 2000, *A comparative study of hydraulic lime-based mortars*, in *Historic Mortars: Characteristics and Tests*, Proceedings of the International RILEM workshop (12-14 maggio 1999), a cura di P. Bartos, C. Groot e J. J. Hughes, Paisley, pp. 339-349.

TIUSSI C. 2006, *Aquileia e l'assetto urbanistico delle colonie latine della Gallia Cisalpina*, in *Rimini e l'Adriatico nell'età delle guerre puniche*, Atti del Convegno (Rimini, 25-27 marzo 2004), a cura di F. Lenzi, Bologna, pp. 333-378.

TIUSSI C. 2009, *L'impianto urbano*, in Moenibus et portu celeberrima 2009, pp. 61-81.

TIUSSI C. 2018, *Il circo. Dati archeologici e tentativo di ricostruzione*, In A*nfiteatro di Aquileia* 2018, pp. 261-272.

TOSI G. 2003, *Gli edifici per spettacoli nell'Italia romana*, *I-II*, Roma.

TRAINI L. 2013, *La lavorazione della calce dall'antichità al medioevo. Roma e le province dell'Impero*, Roma.

TRINDADE M. J., DIAS M. I., COROADO J., ROCHA F. 2009, *Mineralogical transformations of calcareous rich clays with firing: A comparative study between calcite and dolomite rich clays from Algarve, Portugal*, in *Applied Clay Science*, 42, pp. 345–355.

TRIVISONNO F. 2017/2018, *Il teatro romano di Padova: analisi petrografiche dei materiali lapidei*, Tesi di Scuola di Specializzazione in Beni Archeologici, Università degli Studi di Padova, relatore prof. J. Bonetto.

TRONCHETTI C. 2018, *La storia di Nora*, in *NORA, Pula*, a cura di J. Bonetto, G. Bejor, S. F. Bondì, B. M. Giannattasio, M. Giuman e C. Tronchetti, Sardegna Archeologica, guide e itinerari, 1, Sassari, pp. 12-16.

TURCO R. T. 1991a, *La tecnica esecutiva degli intonaci dipinti*, in *Aquileia Romana. Vita pubblica e privata*, Catalogo della mostra (Aquileia, luglio-novembre 1991), Venezia, pp. 56-57.

TURCO R. T. 1991b, *Intervento di restauro*, in *Aquileia Romana. Vita pubblica e privata*, Catalogo della mostra (Aquileia, luglio-novembre 1991), Venezia, pp. 57-58.

UGGERI G. 2012, *La nuova Via Annia da Roma ad Aquileia (153 a.C.)*, in *Journal of Ancient Topography*, XXII, pp. 133-174.

UNI 11176: 2006 = NORMA UNI EN 11176. 2006. *Beni Culturali, Descrizione Petrografica di una Malta*, Milano.

VAN DEMAN E. B. 1912, *Methods of determining the date of Roman concrete Monuments*, in *American Journal of Archaeology*, 16, 2, pp. 230-251.

VASSAL V. 2006, *Les pavements d'*opus signinum. *Technique, décor, fonction architecturale*, Oxford.

VASTAGH G., IVÁN É. 1948, *Angaben zur Chemie der Ziegel-Kalkmörtel der Römer*, in *Magyar Chemiai Folyóirat*, 54, pp. 42-45.

VERNIZZI C. 2018, *Lo studio geometrico*, in *Anfiteatro di Aquileia 2018*, pp. 197-205.

VERZÁR Bass M. 1994, Lo scavo, in Scavi ad Aquileia, I. L'area ad est del foro. Rapporto degli scavi 1989-91, Roma, pp. 21 – 72.

VICCEI R. 2014, *I teatri romani in Lombardia. Archeologia e valorizzazione*, "Dionysus ex machina", V, pp. 220-310.

VILLA L. 2004, *Aquileia tra Goti, Bizantini e Longobardi: spunti per un'analisi delle trasformazioni urbane nella transizione fra tarda antichità e alto medioevo*, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del Ducato longobardo: topografia, urbanistica, edilizia pubblica*, Atti della XXXIV Settimana di Studi Aquileiesi (Aquileia, 8-10 maggio 2003), a cura di G. Cuscito e M. Verzár-Bass, *Antichità Altoadriatiche*, LIX, Trieste, pp. 561-632.

VISINTINI M. 2016, *Il "quadrante 40 I NE" alla confluenza fra Torre e Natisone*, in *Storie di uomini e di acque. La nuova frontiera dell'archeologia fluviale*, Atti del Convegno (Aquileia, 24-25 febbraio 2012), a cura di C. Caiazza e S. Blason Scarel, Cividale del Friuli, pp. 72-85.

VITRI S., VILLA L., BORZACCONI A. 2006, *Trasformazioni urbanistiche a Cividale dal tardoantico al medioevo: spunti di riflessione*, in Hortus Artium Medievalium, 12, pp. 101-122.

VOLA *et alii* 2011 = VOLA G., GOTTI E., BRANDON C., OLESON J. P., HOHLFELDER R. L. 2011, *Chemical, mineralogical and petrographic characterization of Roman ancient hydraulic concretes cores from Santa Liberata, Italy, and Caesarea Palestinae, Israel*, in *Periodico di Mineralogia*, 80, 2, pp. 317-338.

VOLPIN M. 2017/2018, *Studio e caratterizzazione delle malte e dei calcestruzzi del Teatro Romano di Padova*, rel. dott.ssa C. Previato, Università degli Studi di Padova.

WARD-PERKINS J. B. 1977, *Roman Architecture*, New York.

WENTWORTH C. K. 1922, *A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediment* in *Journal of Geology*, 30, 5, pp. 377-392.

WILSON *et alii* 2004 = WILSON A. I., BENNETT P., BUZAIAN A. M., FELL V., FOUND B., GÖRANSSON K., GUINNESS A., HARDY J., HARRIS K., HELM R., KATTENBERG A., TÉBAR MEGIAS E., MORLEY G., MURPHY A., SWIFT K., TWYMAN J., WOOTTON W., ZIMI E, *Euesperides (Benghazi): preliminary report on the spring 2004 season*, in *Libyan studies*, 35, pp. 149-190.

WILSON, A. I. 2002, *Marine resource exploitation in the cities of coastal* Tripolitania, in *L'Africa Romana. Lo Spazio marittimo del Mediterraneo occidentale: geografia storia ed economica*, *I*, a cura di M. Khanoussi, P. Ruggeri e C. Vismara, Roma, pp. 429-436.

WOOTTON W. T. 2012a, *Making and meaning: the Hellenistic mosaic from Tel Dor*, in American Journal of Archaeology, 116, 2, pp. 209-234.

WOOTTON W. T. 2012b, *Mosaic production in 4 th century Britain: Material, Making and Maker at Badmington Park*, in *Ateliers and artisans: Identity Workshops of sculpture and Mosaic During the Roman and Late Antique Periods*, a cura di T.M. Kristensen e B. Poulsen, Journal of Roman Archaeology, Suppl, 92, Portsmouth, pp. 145-168.

ZANDA E., TULIANI J.-M., MONTANARO L. 2004, *Il recupero della "Piscina Romana" di Aqui Terme, Corso Bagni. Studi sulla tecnica edilizia e sul complesso decorativo*, in *Atti del IX colloquio dell'Associazione Italiana per lo studioe la conservazione del Mosaico (Aosta 20-22 febbraio 2003)*, a cura di C. Angelelli, Ravenna, pp. 791-800.

ZANETTO S. 2017, *Tradizioni costruttive nell'Alto e Medio Adriatico (secoli VII-XI). Eredità e innovazione nell'alto Medioevo*, Contributi di Archeologia Medievale, 13, Firenze.

ZANIER K. 2009, *Tra Aquileia e* Lacus Timavi. *Il contesto del "ponte" romano di Ronchi dei Legionari*, Studi e Ricerche sulla Gallia Cisalpina, 22, Roma.

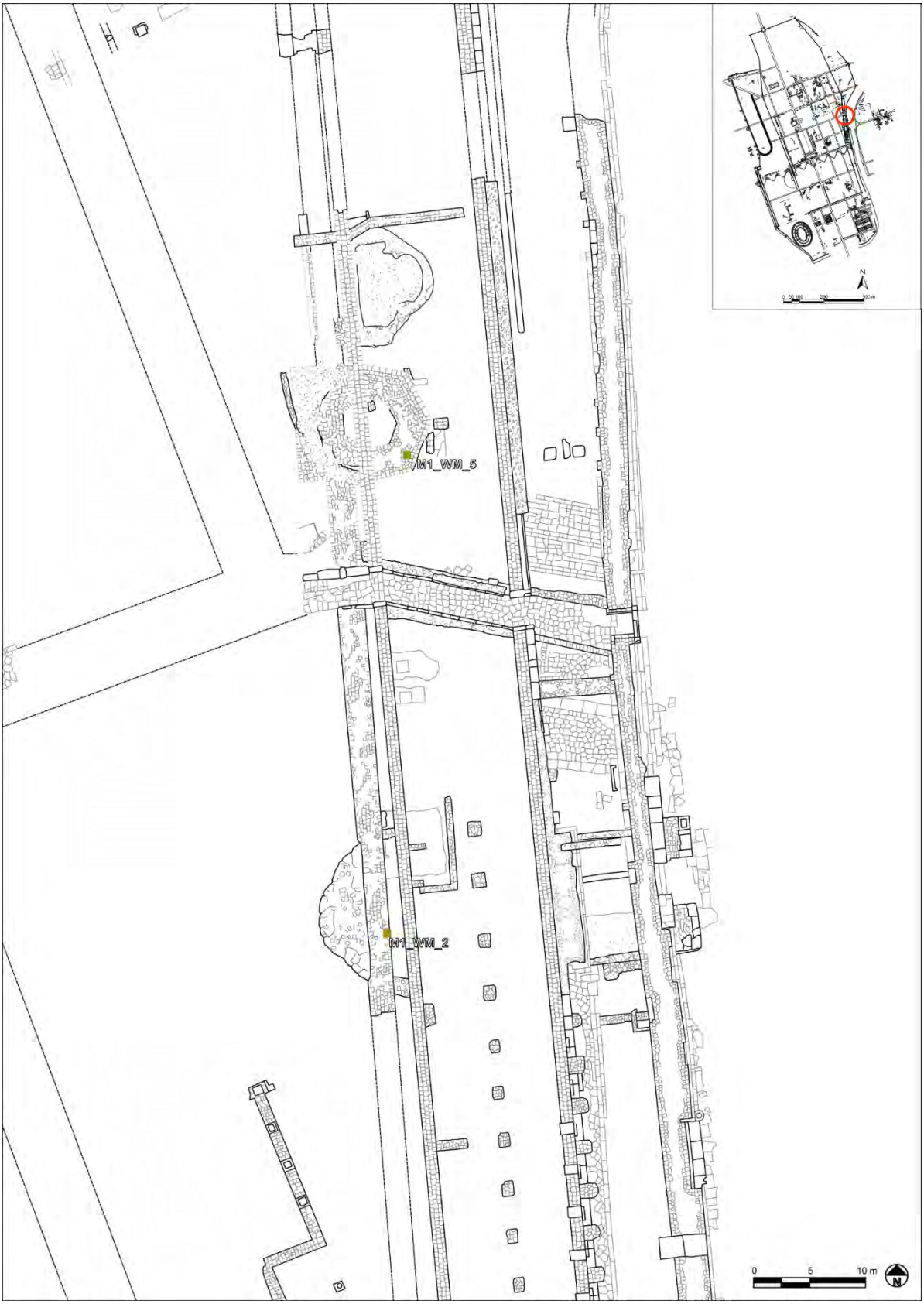
ZANOVELLO P., BRESSAN M., ONNIS C. 2011, *Montegrotto Terme (PD) - scavi di via Neroniana. Le preparazioni pavimentali della residenza romana*, in *Atti del XVI Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico* (Palermo, 17-20 marzo 2010), a cura di C. Angelelli, Tivoli, pp. 379-396.

ZANUS FORTES V. 2018, *Proposta di schedatura di lastre da rivestimento e altri elementi lapidei da decorazione. L'esempio dell'US 1006 dello scavo del teatro romano di Aquileia*, in *Atti del XXIII Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico* (Narni, 15-18 marzo 2017), a cura di C. ANGELELLI, C. CECALUPO, M.E. ERBA, D. MASSARA, F. RINALDI, Roma, pp. 829-837.

ZARA A. 2018, *La trachite euganea. Archeologia e storia di una risorsa lapidea del Veneto antico*, *Antenor Quaderni*, 44.1/2, Roma.

ZNACHKO-IAVORSKII I. 1958, *Recherches expérimentales sur le ciment et les matériaux d'assemblage dans la construction antique*, in *Kwartalnik Historii Nauki I Techniki*, pp. 377-407.

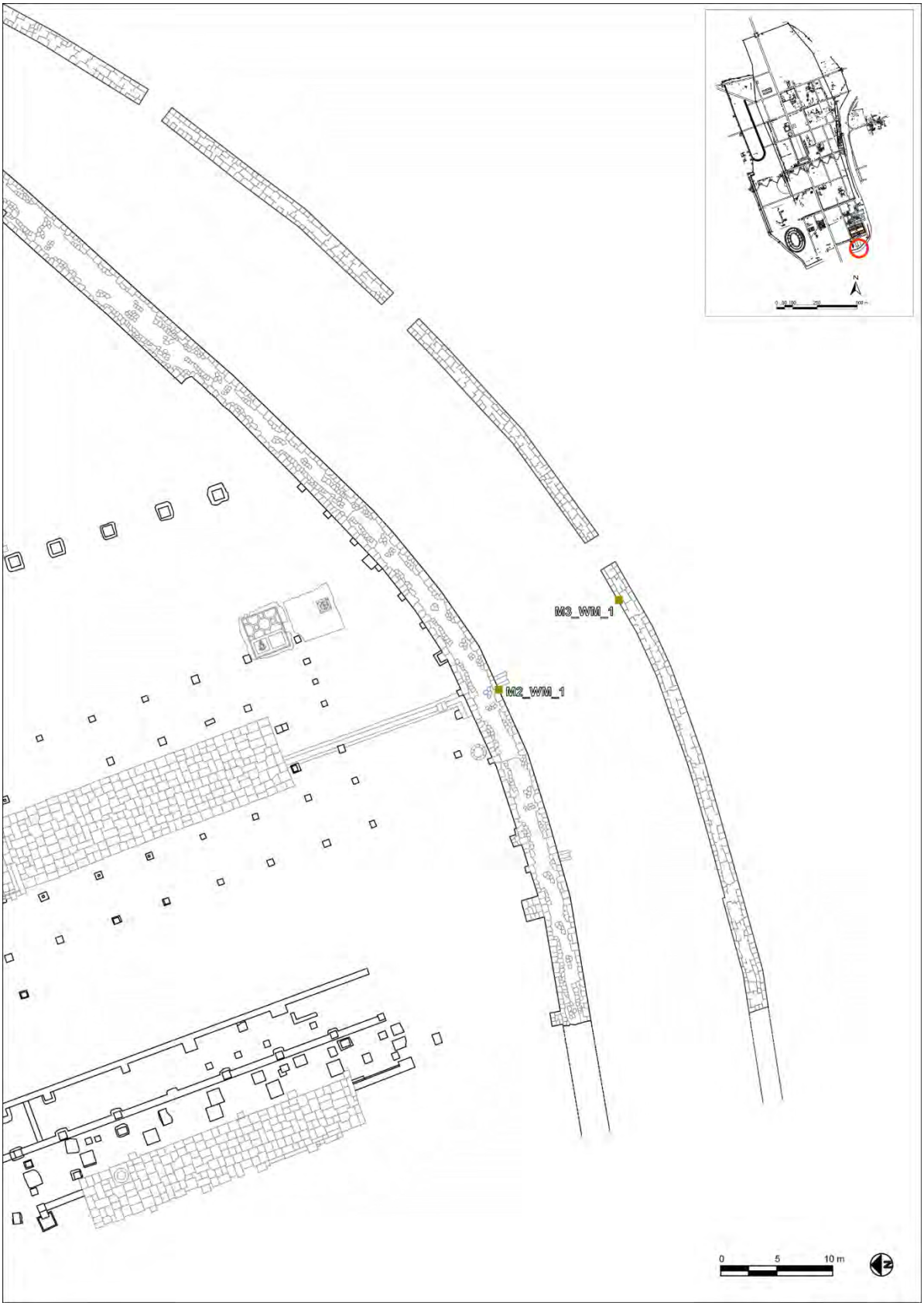
TAVOLE DEI CAMPIONAMENTI



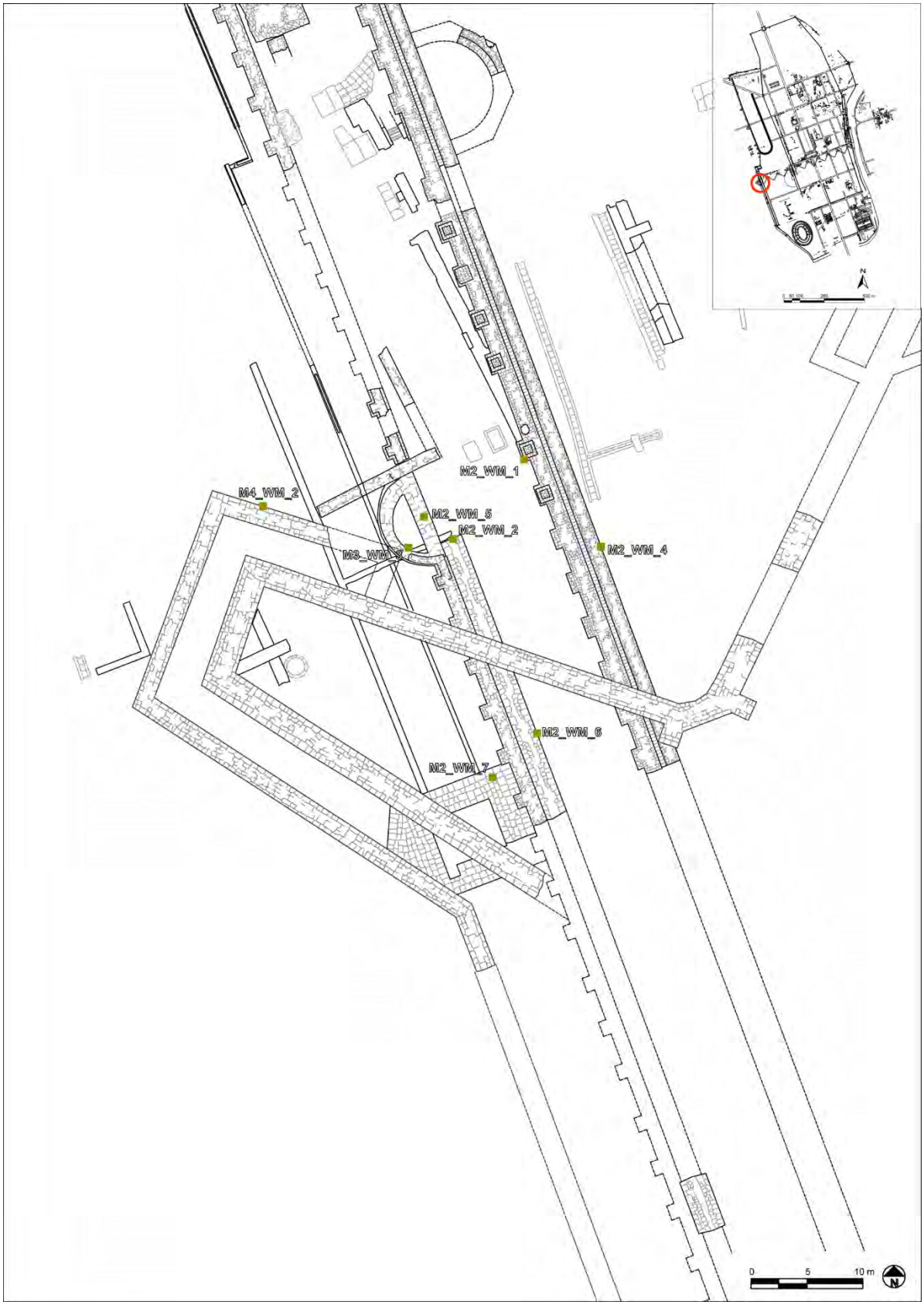
Tav. 1 – Aquileia. Area orientale della città presso la sponda occidentale del porto fluviale (modificata da BERTACCHI 2003). Campionamento del tratto orientale della cinta M1.



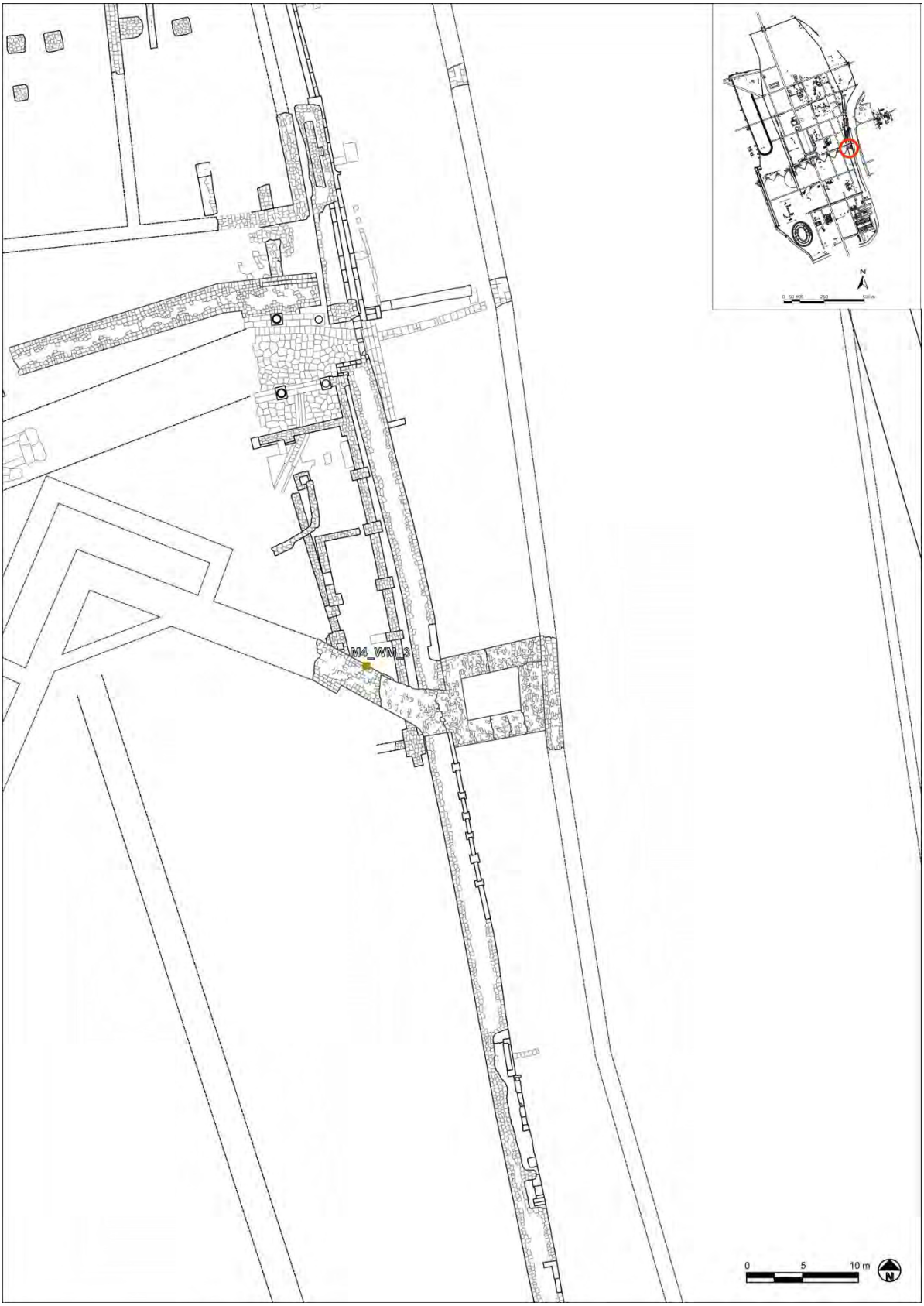
Tav. 2 – Aquileia. Fondi ex-Cossar. Sondaggio condotto nel 2012 presso l'angolo sud-orientale della cinta di scavo (modificata da BONETTO, PAJARO 2012, tavola a p. 129). Campionamento dell'*opus caementicium* fondazionale.



Tav. 3 – Aquileia. Area meridionale della città presso il fondo ex-Pasqualis. Campionamento di un tratto delle mura tardoantiche M2 e M3 (modificata da BERTACCHI 2003).



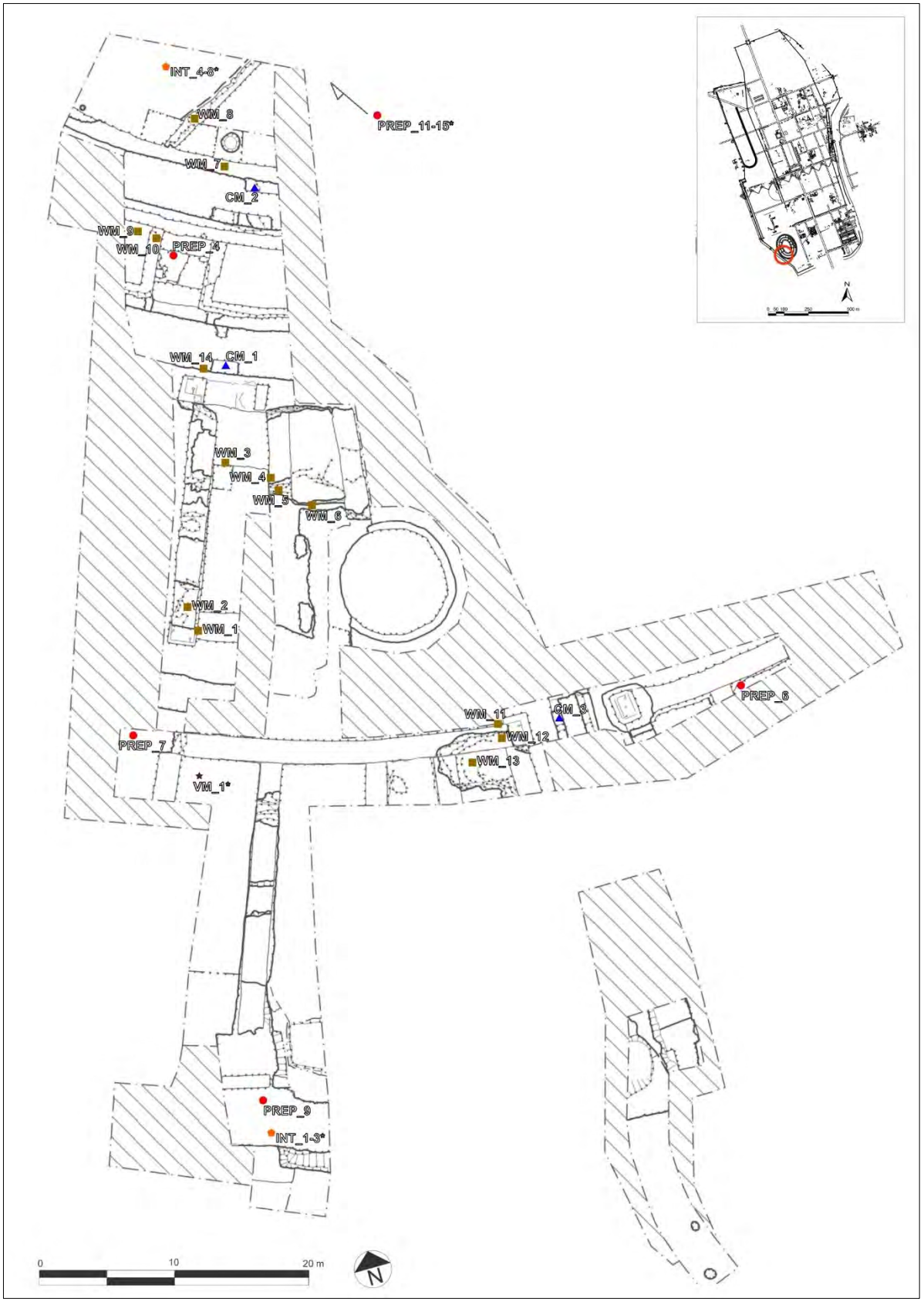
Tav. 4 – Aquileia. Area occidentale della città. Campionamento di un tratto delle mura tardoantiche M2 e M3 e bizantine M4.



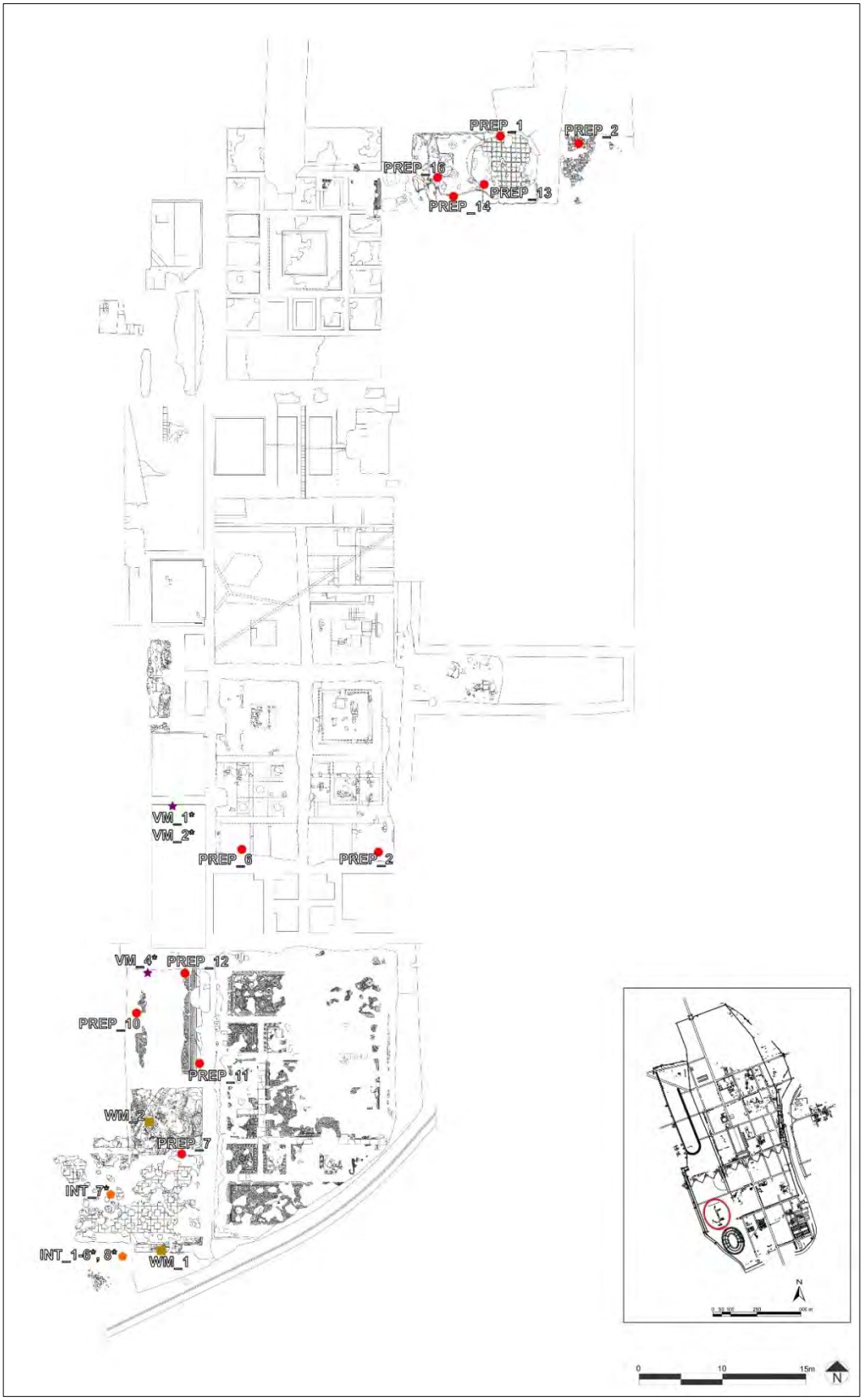
Tav. 5 – Aquileia. Area occidentale della città. Campionamento del tratto orientale della cinta bizantina M4.



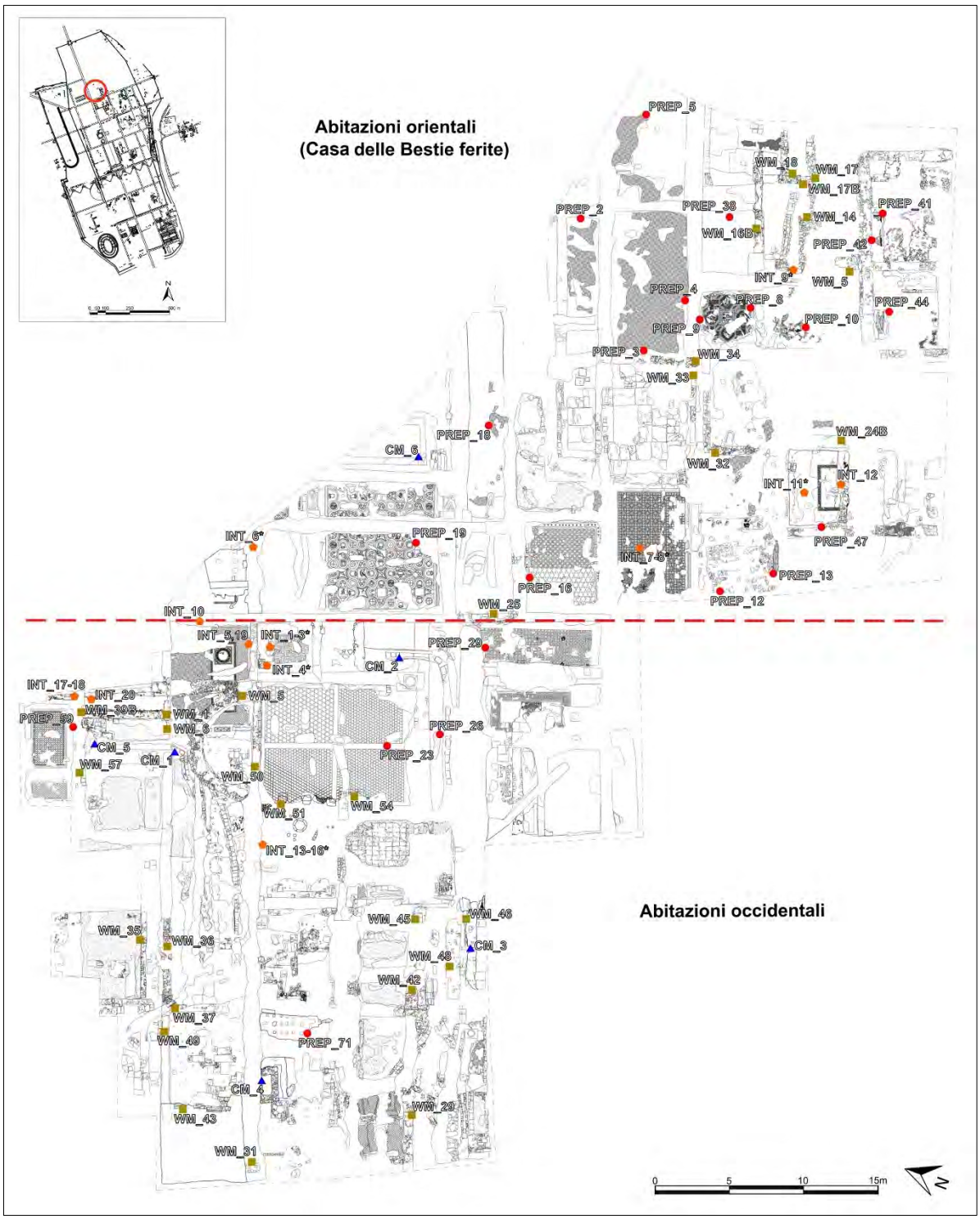
Tav. 6 – Aquileia, Teatro. Pianta generale dell'area alla conclusione dello scavo 2018 con indicazione dei punti di campionamento.



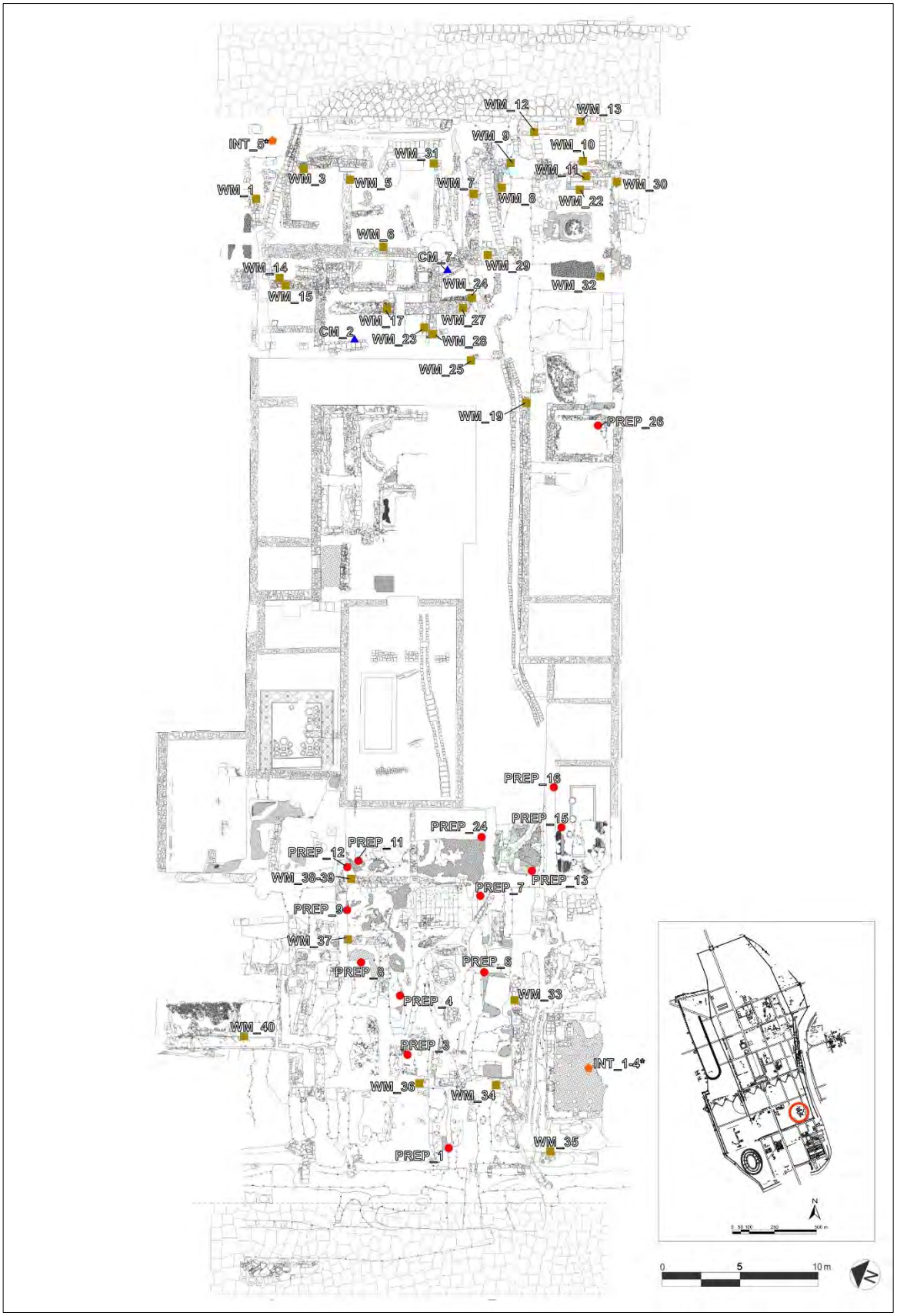
Tav. 7 – Aquileia, Anfiteatro. Pianta generale dell'area alla conclusione dello scavo 2018 con indicazione dei punti di campionamento. * campioni prelevati da contesti o strutture non *in situ*.



Tav. 8 – Aquileia, Grandi Terme. Pianta generale dell'area alla conclusione dello scavo 2018 con indicazione dei punti di campionamento. * campioni prelevati da contesti o strutture non *in situ* (su gentile concessione della prof.ssa M. Rubinich, Università di Udine, Dipartimento di Studi Umanistici e del Patrimonio Culturale).



Tav. 9 – Aquileia, *Insula* della Casa delle Bestie ferite. Pianta generale dell'area alla conclusione dello scavo 2018 con indicazione dei punti di campionamento. * campioni prelevati da contesti o strutture non *in situ*.



Tav. 10 – Aquileia, *Domus* di Tito Macro. Pianta generale dell'area alla conclusione dello scavo 2018 con indicazione dei punti di campionamento. * campioni prelevati da contesti o strutture non *in situ*.



Tav. 11 – Aquileia. Area produttivo-artigianale in loc. ex-Sandrigo presso la sponda orientale del porto fluviale (modificata sulla pianta generale di fine scavo 2018, su gentile concessione della prof.ssa D. Cottica - Università Ca' Foscari di Venezia, Dipartimento di Scienze dell'Antichità e del Vicino Oriente).



Tav. 12 – Bassa pianura friulana orientale e i rilievi del Carso isontino e tristino. Estratto dalla carta geologica del Friuli Venezia Giulia (Scala 1:50000).