

IDRA16



ATTI DEL CONVEGNO
A CURA DEL COMITATO
EDITORIALE IDRA16

XXXV

CONVEGNO
NAZIONALE
DI IDRAULICA
E COSTRUZIONI
IDRAULICHE

Bologna

Chiesa di Santa Cristina
14 Settembre 2016

Scuola di Ingegneria e Architettura
Alma Mater Studiorum
Università di Bologna
15-16 Settembre 2016

AMBIENTE, RISORSE,
ENERGIA: LE SFIDE
DELL'INGEGNERIA
DELLE ACQUE
IN UN MONDO
CHE CAMBIA

Pubblicato da:

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM)
Scuola di Ingegneria e Architettura
Università di Bologna - ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088
<http://www.dicam.unibo.it>

Comitato Editoriale IDRA16:

Attilio Castellarin
Renata Archetti
Emanuele Baratti
Matteo Cappelletti
Francesca Carisi
Alessio Domeneghetti
Maria Gabriella Gaeta
Agnese Paci
Simone Persiano
Alessio Pugliese
Achilleas Samaras

Copertina: I&C srl

L^AT_EX editor: Alessio Pugliese (L^AT_EX's 'confproc' package, ver. 0.8, by V. Verfaillie)

Settembre 2016

ISBN: 9788898010400

Versione elettronica disponibile:

<http://amsacta.unibo.it/id/eprint/5400>

DOI: 10.6092/unibo/amsacta/5400

AlmaDL
University of Bologna Digital Library

AlmaDL è la Biblioteca Digitale dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna. AlmaDL ospita al suo interno gli archivi Open Access che rendono pubblicamente disponibili i contributi derivanti dalle attività di ricerca, didattiche e culturali dell'Ateneo bolognese. AlmaDL attua così i principi del movimento internazionale a sostegno dell'accesso aperto alla letteratura scientifica, sottoscritti dall'Università di Bologna assieme a molte altre istituzioni accademiche, di ricerca e di cultura, italiane e straniere.

<http://almadl.unibo.it>

Volume distribuito con Licenza: 

Creative Commons 4.0 Internazionale

Attribuzione-Non commerciale-Condividi allo stesso modo

(CC-BY-NC-SA)

UNA METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DI CRITICITÀ E PRIORITÀ DI INTERVENTO: IL CASO DEL LITORALE VENETO

Piero Ruol¹, Luca Martinelli¹, Chiara Favaretto¹

(1) Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale ICEA, Università degli Studi di Padova

ASPETTI CHIAVE:

- Obiettivo dello studio è proporre una metodologia unitaria per l'analisi e l'interpretazione delle dinamiche litoranee a scala regionale al fine di pianificare la strategia degli interventi di protezione costiera.
- Viene descritta la procedura utilizzata per la stima del bilancio sedimentario e dunque per la valutazione delle criticità lungo il litorale oggetto d'indagine.
- Viene definito un indice di priorità degli interventi di difesa della costa, utilizzato per il litorale Veneto, adatto per la stesura di un efficace piano di gestione costiera.

1 INTRODUZIONE

La necessità di aggiornare la strategia di programmazione e progettazione degli interventi che riguardano la protezione della zona costiera è fondamentale per poter affrontare le problematiche legate alla sua gestione. Le motivazioni che sono state assunte alla base di questo lavoro sono la conservazione ottimale e la valorizzazione delle attività sul territorio balneare e la salvaguardia degli habitat naturali e dell'ecosistema di zone ad alto valore ambientale. Nel recente passato si è intervenuti nell'ottica dell'emergenza, con opere realizzate localmente senza tuttavia adottare una visione generale, che riguarda la costa nel suo insieme. Allo scopo di creare un'alternativa a questo approccio emergenziale, è essenziale individuare una strategia unitaria per la difesa dall'erosione costiera e dall'ingressione marina, da effettuare lungo tutto il litorale, almeno a scala regionale.

L'obiettivo del presente lavoro è quello di individuare una metodologia di analisi e valutazione delle problematiche legate alla costa. Infatti, la stesura di un efficace piano di gestione del litorale necessita innanzitutto di organizzare e interpretare informazioni derivanti sia dalla stima delle voci che compongono il bilancio sedimentario che dalla conoscenza idraulica e geomorfologica del territorio posto in esame. Le proposte di pianificazione possono dunque essere ottenute attraverso la definizione di un criterio che permetta di identificare le criticità lungo il litorale e stabilire le priorità di intervento a difesa della costa. Lo studio integrato e a scala globale per la gestione della zona costiera è stato applicato a diverse regioni italiane (Anfuso *et al.*, 2011; Martinelli *et al.*, 2010; Preti, 2008); nel presente studio si fa riferimento alle elaborazioni e alla metodologia applicata al litorale Veneto.

2 METODOLOGIA E CASO STUDIO

Per la valutazione e l'analisi delle dinamiche che riguardano la costa, in accordo con quanto riportato da Tolvanen & Kalliola (2008), è essenziale raccogliere, catalogare e elaborare tutti i dati e le analisi in una forma che sia facilmente accessibile da tutti gli enti gestori del litorale. Risulta dunque opportuno suddividere la costa in celle morfologicamente omogenee e aggregare tutte le informazioni seguendo questa suddivisione. Per cella morfologicamente omogenea, o cella litoranea, si intende un tratto di costa compreso entro elementi morfologicamente notevoli, quali ad esempio foci fluviali, bocche lagunari, dighe portuali, etc. Al suo interno i movimenti dei sedimenti sono relativamente liberi e condizionati dalle caratteristiche delle singole mareggiate.

La creazione di un "GIS costiero", ovvero di una piattaforma all'interno della quale catalogare tutti i dati disponibili, permette di interfacciarsi con modelli numerici per la stima delle voci coinvolte nel bilancio sedimentario (e.g. per il calcolo del trasporto solido costiero Tomasicchio, 2013) e facilita la pianificazione costiera a scala regionale.

L'area posta come esempio per questa metodologia è il litorale della Regione Veneto che si estende per circa 160 km, tra la foce del fiume Tagliamento e la foce del Po di Goro (Ferla, 2013; Ruol, 1996). Le sue caratteristiche principali sono la continua evoluzione e la variabilità spazio-temporale di usi del territorio e

alternanza degli ecosistemi; essa è caratterizzata da un sistema di foci (Tagliamento, Livenza, Piave, Sile, Brenta, Adige e Po) e lagune (Caorle, Venezia e le lagune del Delta del Po).

La Figura 1 mostra alcune informazioni inserite all'interno del "GIS costiero" per una cella situata all'estremo Nord della costa Veneta; la Tabella 1 riporta un esempio di raccolta di informazioni ed elaborazioni, specificandone la loro fonte e la loro scala spaziale.

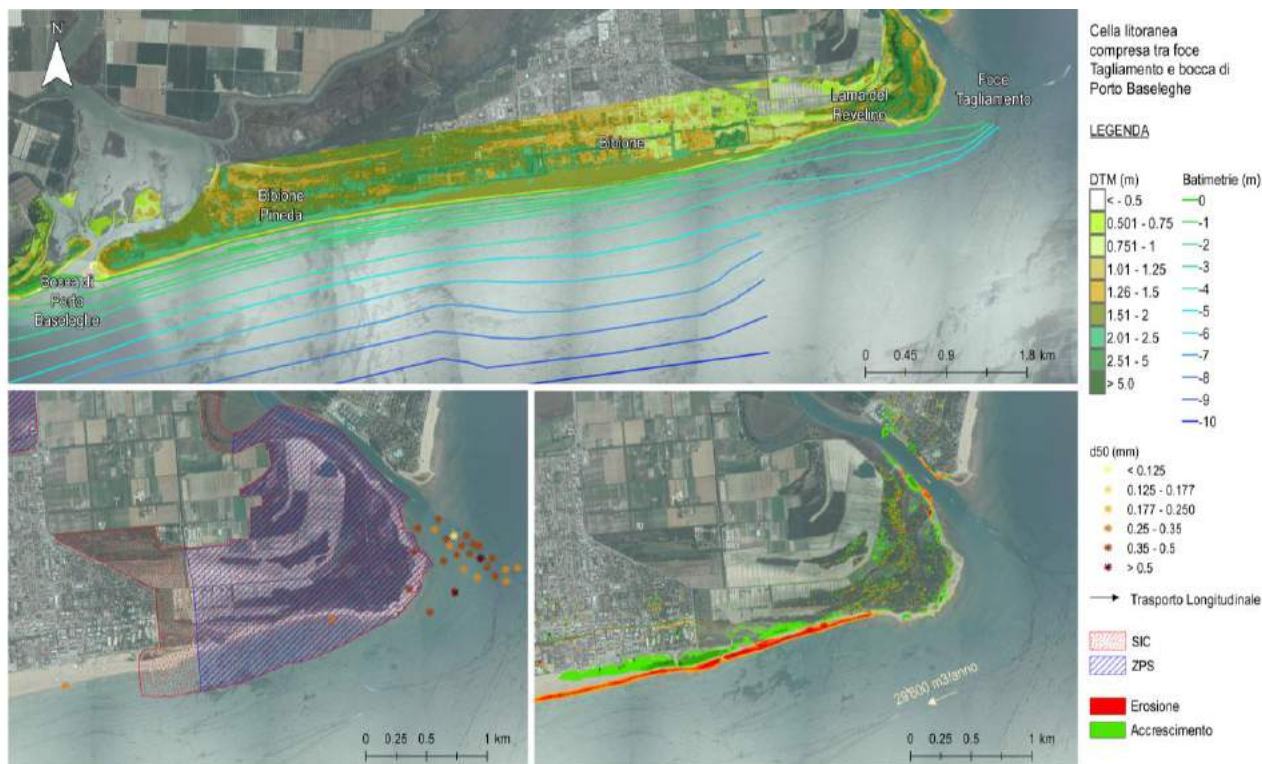


Figura 1. GIS costiero: cella litoranea appartenente alla costa Veneta (compresa tra foce Tagliamento e Bocca di Porto Baseleghe): informazioni topografiche e batimetriche (in alto), dettaglio foce Tagliamento (in basso): informazioni sedimentologiche e ambientali (sx), stato evolutivo (dx).

Dati	Fonte informazione	Tipo dato	Scala
Informazioni spaziali (e.g. confini amministrativi)	dato disponibile/misura	geografico	puntuale
Opere di difesa	"	geografico	puntuale
Ripascimenti/Dragaggi	"	bilancio sedim.	aggregato
Zone di interesse ambientale (Rete Natura2000 SIC, ZPS)	"	geografico	puntuale
Informazioni sedimentologiche	"	geografico	puntuale
Rilievi topo-batimetrici (DTM, DSM, dati interferometrici, etc.)	"	geografico	puntuale
Immagini di base (e.g. Ortofoto)	"	geografico	puntuale
Volumi di erosione/accrescimento	elaborazione (da modelli numerici)	bilancio sedim.	aggregato
Direttiva Alluvioni (2007/60/CE)	"	geografico	puntuale
Trasporto solido longitudinale e trasversale	"	bilancio sedim.	aggregato
Apporto solido fluviale	"	bilancio sedim.	puntuale
Subsidenza	"	bilancio sedim.	puntuale
Dati meteo-marini	"	geografico	puntuale
Evoluzione della linea di riva	"	geografico	aggregato

Tabella 1. Raccolta e catalogazione di informazioni e dati riguardanti la costa

3 ANALISI DEI PROCESSI COSTIERI E INDIVIDUAZIONE DELLE PRIORITÀ

La raccolta delle diverse informazioni che riguardano la gestione della zona costiera e la stima delle voci che formano il bilancio sedimentologico costiero (e.g. apporti fluviali, trasporto solido litoraneo) fornisce un'immagine a scala globale piuttosto disomogenea, dovuta all'inevitabile presenza di errori nel calcolo delle

diverse voci. Per poter ricostruire una analisi più realistica viene proposta una metodologia per una quantificazione omogenea e su scala regionale dei processi coinvolti nella dinamica litoranea e una valutazione delle priorità di intervento basata su un criterio oggettivo applicato all'intera zona in esame.

3.1 Stima del bilancio sedimentario costiero

La variazione ottenuta sommando i diversi contributi del bilancio sedimentario deve essere confrontata con quella misurata nel calcolo del volume dei sedimenti accumulati o erosi. Il bilancio di massa per ciascuna cella è dunque:

$$\Delta V/\Delta t = \sum Q_{SED} = -Q_{LS}(1) + Q_{LS}(2) - Q_{CR} - Q_{SUB} - Q_{CRF} + Q_F + Q_N - Q_D \quad (1)$$

dove $\Delta V/\Delta t$ è il volume di accrescimento o erosione stimato dalle variazioni batimetriche e Q_{SED} sono i contributi al bilancio sedimentario raccolti o calcolati dai modelli numerici: $Q_{LS}(1)$ e (2) sono il trasporto solido longitudinale alle due estremità della cella (+ identifica trasporti diretti verso Sud), Q_{CR} e Q_{CRF} sono i trasporti solidi trasversali dovuti a dinamiche costiere e fluviali, Q_{SUB} è la perdita causata dal fenomeno della subsidenza, Q_F è l'apporto solido fluviale, Q_N è il volume dei ripascimenti effettuati e Q_D è il volume dei dragaggi. Minimizzando gli errori stimati per ogni voce, il bilancio fornisce indicazioni locali sull'accrescimento o l'erosione del litorale. La procedura è eseguita con il metodo dei minimi quadrati, pesando ogni voce con una varianza stimata. A tale scopo è stata valutata a priori una incertezza per ciascuna variabile: a) trasporto longitudinale: incertezza pari a 1/4 del valore lordo; b) dragaggi e ripascimenti: incertezza pari a 1/10 del valore ricavato dalle informazioni disponibili; c) trasporto trasversale: incertezza pari a 1/4 del valore stimato; d) apporto fluviale: incertezza pari a 1/2 del valore stimato; e) accumuli/erosioni misurati: incertezza pari a 2 m³/m moltiplicato per la lunghezza della cella. La varianza di ciascuna variabile non è uguale a tale incertezza ma dipende dal grado di conoscenza del tratto, che è diverso cella per cella.

Questa metodologia permette di individuare le criticità in ciascuna zona ma anche di ottenere una visione globale del sistema litoraneo. Si evidenzia infatti che, essendo il trasporto solido litoraneo valutato al contorno di due celle adiacenti, una perturbazione in una cella provoca variazioni in tutte le variabili del sistema.

3.2 Metodo per l'individuazione delle priorità lungo il litorale

Per la pianificazione e gestione della zona costiera a difesa dall'erosione e dall'ingressione marina è essenziale individuare le criticità e di conseguenza, a seconda delle risorse disponibili, le priorità di intervento. Svolgendo in ciascun tratto un'approfondita analisi delle dinamiche costiere è possibile proporre un indice di priorità ottenuto, in accordo con quanto riportato da *Benassai et al.* (2009), dal prodotto tra vulnerabilità morfologica V_M e vulnerabilità socio-economica V_{SE} dei vari tratti della fascia costiera in esame.

$$IP = \sum V_M \times \sum V_{SE} \quad (2)$$

Con vulnerabilità morfologica si intende la somma della tendenza erosiva e della pericolosità all'ingressione marina in un tratto di litorale; con vulnerabilità socio-economica si intende la somma degli indici relativi ad aspetti economici e culturali quali ad esempio la pressione d'uso turistica, il valore ambientale, la fruibilità produttiva (Tabella 2).

Vulnerabilità	Fattori	Informazioni/dati
Vulnerabilità morfologica	Tendenza erosiva	Bilancio sedimentario, variazione linea di riva
	Pericolosità all'ingressione marina	Direttiva Alluvioni (2007/60/CE), presenza di zone a rischio di allagamento
	Rilevanza interventi di difesa	Investimenti e frequenza degli interventi negli ultimi decenni
Vulnerabilità socio economica	Valore ambientale	Presenza Siti Natura 2000, presenza di parchi o oasi naturalistiche
	Pressione d'uso turistica	Presenze turistiche, presenza stabilimenti balneari
	Grado di urbanizzazione	Presenza e grandezza centri abitati, presenza strutture ad uso turistico,
	Fruibilità produttiva	Attività produttive (pesca, agricoltura, molluschicoltura etc.)
	Eredità culturale	Zone di particolare interesse culturale/storico

Tabella 2. Indicazioni per la stima della vulnerabilità morfologica e della vulnerabilità socio economica per la valutazione dell'indice di priorità

A ciascun termine di vulnerabilità viene assegnato un “punteggio” variabile tra 1 (poco rilevante) e 4 (molto rilevante) in relazione alle caratteristiche della cella in esame. L’indice di priorità (min IP = 12, max IP = 192) viene suddiviso in classi di priorità: < 30 bassa, compreso tra 30 e 60 media, compreso tra 60 e 90 alta, > 90 molto alta. La figura 2 riporta il criterio e il risultato ottenuto per la costa veneta.

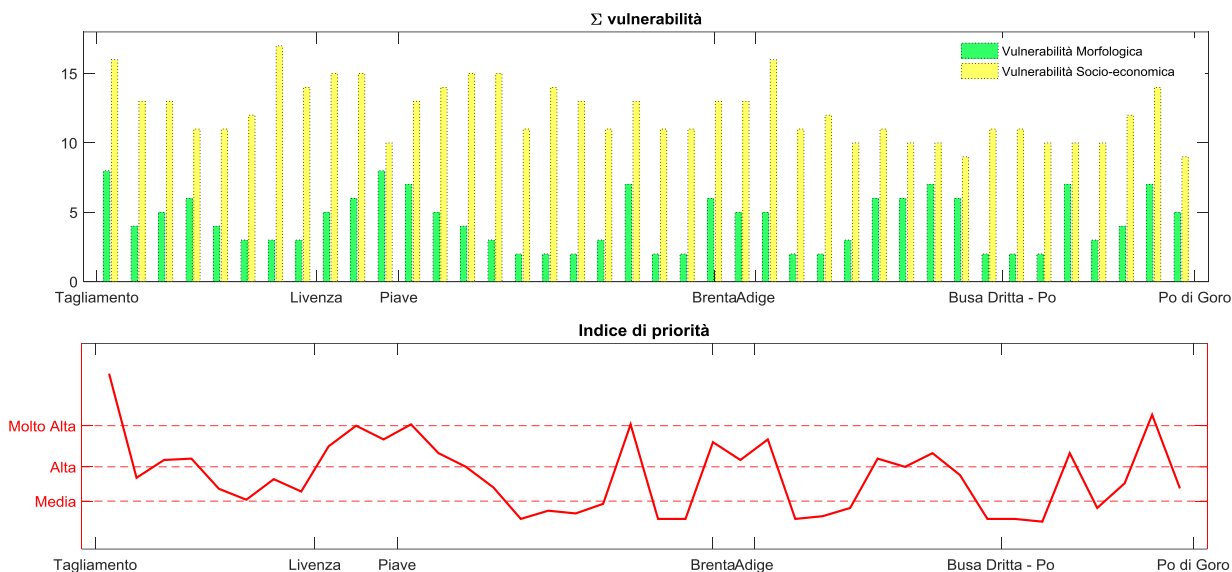


Figura 2 Analisi della vulnerabilità morfologica e socioeconomica e valutazione dell’indice di priorità nel litorale Veneto

4 CONCLUSIONI

La procedura descritta fornisce, a partire da una accurata conoscenza del territorio in esame e delle dinamiche costiere coinvolte, un metodo per la valutazione delle criticità e dunque rappresenta un quadro utile alla pianificazione delle possibili strategie e interventi, unitamente alle necessarie attività di monitoraggio. Inoltre la metodologia illustrata per definire gli interventi prioritari, attraverso un criterio oggettivo e omogeneo per tutte le celle (basato sulle criticità riscontrate in relazione alla vocazione e fruibilità dei diversi tratti), risulta uno strumento utile per gli enti gestori del litorale, mirato ad un uso consapevole e non emergenziale delle risorse sabbiose ed economiche disponibili. L’aggiornamento continuo dei dati, delle elaborazioni e delle informazioni garantisce l’efficacia di questa strategia unitaria.

RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro è stato sviluppato nell’ambito dell’accordo con la Regione Veneto: “Gestione integrata della zona costiera. Progetto per lo studio ed il monitoraggio della linea di costa per la definizione degli interventi di difesa dei litorali dall’erosione nella Regione Veneto”.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Aminti, P., Cammelli, C., Cappietti, L., Jackson, N. L., Nordstrom, K. F., & Pranzini, E. Evaluation of Beach Response to Submerged Groin Construction at Marina di Ronchi, Italy, Using Field Data and a Numerical Simulation Model. *Journal of Coastal Research*, 2004, 99–120.

Anfuso, G., Pranzini, E., Vitale, G. An integrated approach to coastal erosion problems in northern Tuscany (Italy): Littoral morphological evolution and cell distribution. *Geomorphology*, Volume 129, Issues 3–4, 15 June 2011, 204-214

Benassai, G., Chirico, F., & Corsini, S. Una metodologia sperimentale per la definizione del rischio da inondazione costiera. *Studi costieri*, 2009, 16, 51-72.

Ferla, M., Crosato, F., & Ragazzo, M. (2013). Litorali e Lagune del Nord Est.

Preti, M. Stato del litorale Emiliano-romagnolo all’anno 2007 e piano decennale di gestione. *I quaderni di ARPA Emilia Romagna*, 2008, 270 pp.

Ruol, P., and Tondello M. Sediment transport and balance along the coastal fringe of the Po River Delta. *Proceedings final workshop “Impact of climatic change on northwestern Mediterranean Deltas (MEDDELTA)”*, 1996.

Martinelli, L., Zanuttigh, B. Corbau, C. Assessment of coastal flooding hazard along the Emilia Romagna littoral, IT, *Coastal Engineering*, Volume 57, Issues 11–12, November–December 2010, 1042-1058,

Tolvanen, H., & Kalliola R. A structured approach to geographical information in coastal research and management. *Ocean & Coastal Management*, 2008, 51(6), 485-494.

Tomasicchio, G. R., D’Alessandro, F., Barbaro, G., & Malara, G. General longshore transport model. *Coastal Engineering*, 2013, 71, 28-36.