

Studi costieri

Dinamica e difesa dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera

N. 21
2014



Studi costieri

Dinamica dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera

Collana diretta da:

Enzo Pranzini

Dipartimento di Scienze della Terra
Borgo Albizi, 28 - 50122 Firenze
Tel. 055 2479241 - Fax 055 2001618

Redazione: **Serena Ferri**

E-mail: serena.ferri@unifi.it

Impaginazione: **Chiara Loi**

E-mail: chiara.loi@unifi.it

Comitato scientifico

Segreteria: **Pierluigi Aminti**

Dipartimento di Ingegneria civile
Via S. Marta, 3 - 50139 Firenze
Tel. 055 4796224 - Fax 055 495333
E-mail: aminti@dicea.unifi.it

Edoardo Benassai - Napoli
Antonio Brambati - Trieste
Leandro D'Alessandro - Chieti
Giuliano Fierro - Genova
Leopoldo Franco - Roma
Giovan Battista La Monica - Roma
Alberto Lamberti - Bologna
Giorgio Anfuso - Cadice
Adrian Stanica - Bucarest
André Ozer - Liegi

Carl Leonetto Amos - Southampton
Lorenzo Cappiotti - Firenze
Elvidio Lupia Palmieri - Roma
Piero Ruol - Padova
Alberto Noli - Roma
Mario Calabrese - Napoli
Giulio Scarsi - Genova
Umberto Simeoni - Ferrara
Sandro Stura - Genova
Giuseppe Roberto Tomasicchio - Bari

Stampato presso
Nuova Grafica Fiorentina
Via Traversari, 76
20126 Firenze

Studi costieri

Dinamica dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera

Numero 21

Indice

Spazio aperto

La vendita delle aree demaniali marittime occupate da manufatti: un argomento su cui riflettere
Gabriele Lami p. 3 - 11

Articoli scientifici

Sulla stima del coefficiente di trasmissione di barriere sommerse in unità Reef Ball™
Mariano Buccino, Ilaria Del Vita, Mario Calabrese p. 13 - 37

Spettri del moto ondoso dedotti dalle registrazioni della Rete Ondametrica Nazionale
Valerio Milano, Daniele Bertilorenzi p. 39 - 54

Dinamica morfologica e sedimentologica della spiaggia di Lacona (Isola d'Elba)
e impatto dell'alluvione del 2002
Nancy Jackson, Karl Nordstrom, Enzo Pranzini, Valentina Rosas p. 55 - 70

Dinamica sedimentaria della spiaggia di Cavoli (Isola d'Elba) e valutazione
dell'idoneità dei sedimenti della nearshore per il suo ripascimento artificiale
Elena Masi, Enzo Pranzini, Valentina Rosas p. 71 - 83

Note tecniche

Interventi di protezione dei litorali tramite Artificial Reef
Ilaria Del Vita, Moreno Buogo, Mariano Buccino p. 85 - 87

Notizie

p. 88

RemTech Expo - Giornata Giovani GNRAC

p. 89 - 114

Libri

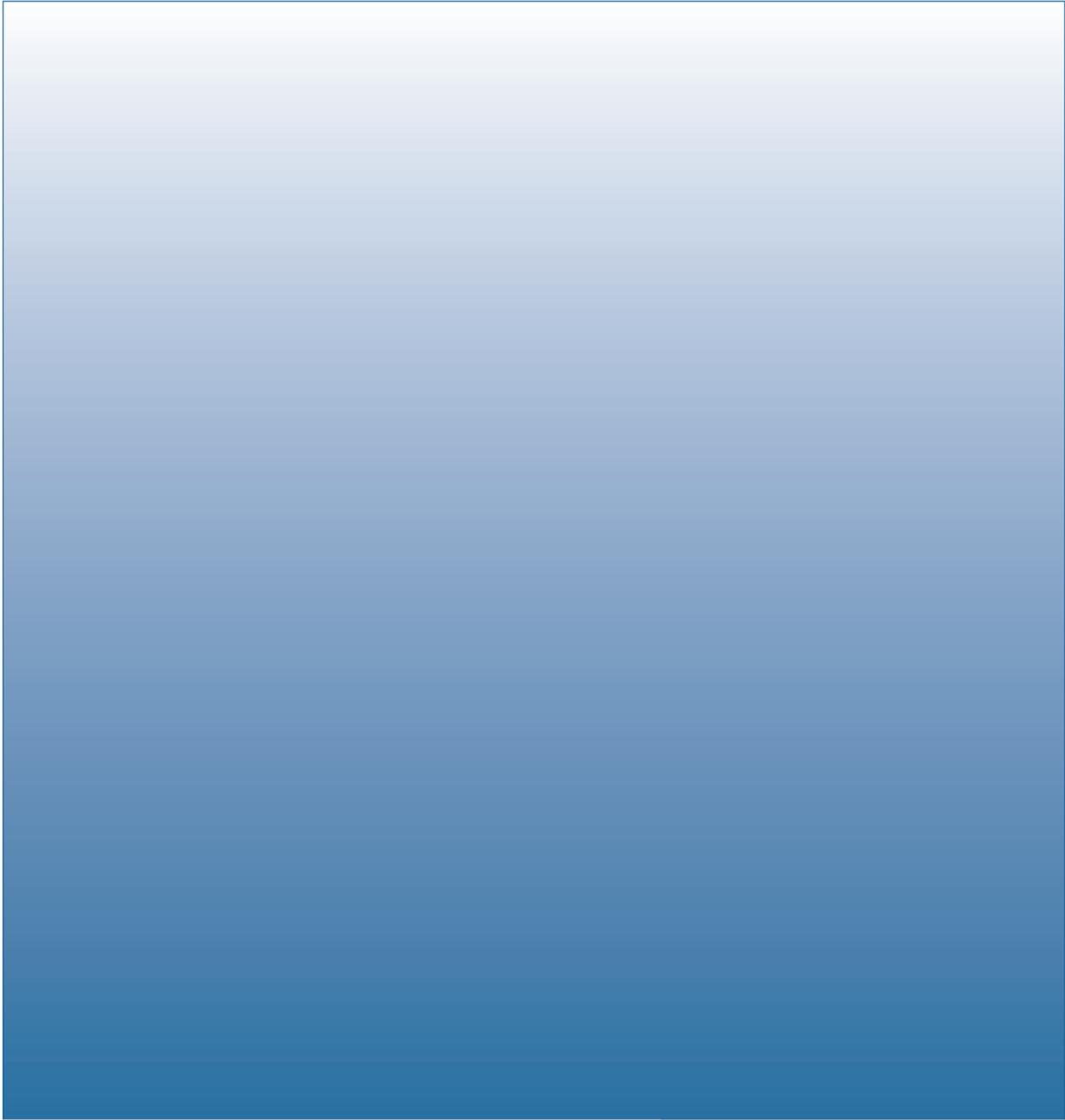
p. 115 - 122

Elenco Soci GNRAC 2013

p. 123 - 125

Norme per gli Autori

p. 127 - 128



**Gruppo Nazionale per la
Ricerca sull'Ambiente Costiero**

ISSN 1129-8588

La vendita delle aree demaniali marittime occupate da manufatti: un argomento su cui riflettere

Gabriele Lami

Viale Italia n. 219 - Livorno. E-mail: gabrielelami68@gmail.com

Premessa

Il mondo balneare vive una situazione di forte crisi dal 2008, anno in cui Unione Europea ha avviato procedure di infrazione che hanno eliminato, ad uno ad uno, i capisaldi della normativa che erano stati conquistati dagli operatori del settore, con i quali si era raggiunta la stabilità della concessione demaniale marittima, che tale era diventata per effetto di consuetudini e norme di legge, appunto, introdotte nel corso degli anni, ma giuridicamente prive di certezze.

Nel corso degli anni di sviluppo del turismo balneare, con numerose battaglie politiche, gli operatori avevano “conquistato” importanti certezze per l’imprenditoria del settore, raggiungendo, nel 1994 il primo traguardo con la codificazione del “diritto di insistenza” e la durata minima quadriennale della concessione, per arrivare poi alla pratica certezza di un titolo definitivo con la Legge Baldini, la 23.03.2001 n. 88 che, con una piccola modifica lessicale, determinò una sostanziale stabilità dei titoli di concessione introducendo il rinnovo automatico esennale.

Tutta questa struttura giuridica, ottenuta con un lungo percorso e con innumerevoli sforzi da parte delle categorie, è “crollata”, in modo fragoroso, quanto repentino, in conseguenza di una sollecitazione proveniente dalla Commissione Europea la quale ha imposto una lettura dell’ordinamento nazionale secondo il criterio comunitario di tutelare la concorrenza

Le condizioni della crisi erano, infatti, insite proprio nella mancata presa di coscienza del ruolo assunto dal comparto turistico balneare, nel quadro economico nazionale e della sua trasformazione da attività *artigianale*, come poteva inquadarsi nei primi anni di sviluppo, a quella di “*impresa*”, in cui a pieno titolo oggi si definisce, anche giuridicamente, con la L. n.135 del 2001.¹

L’attività degli operatori e delle categorie è stata finalizzata a perseguire la stabilità dei titoli di concessione e della “certezza giuridica” dell’occupazione, con metodi in cui veniva privilegiato l’intervento su questo o sul quel comma della normativa vigente, per “*piegare*” il sistema giuridico agli obiettivi che nel momento erano perseguiti, il tutto senza alcuna visione d’insieme e delle conseguenze del loro impatto sulla gestione complessiva delle aree demaniali.

Tale opzione è stata una strategia ben impostata con la quale, secondo una “politica” di piccoli passi, si è perseguito l’obiettivo della stabilità della concessione, senza però dare modo di analizzare in modo approfondito la condizione generale delle attività sul Demanio marittimo per finalità turistico ricreative, evitando quindi di porre l’attenzione sulla esigenza della radicale riforma del settore.

1 Legge 29.03.2001 n. 135 Art. 7 Rubricato Imprese turistiche e attività professionali : <Sono imprese turistiche quelle che esercitano attività economiche, organizzate per la produzione, la commercializzazione, l’intermediazione e la gestione di prodotti, di servizi, tra cui gli stabilimenti balneari, di infrastrutture e di esercizi, compresi quelli di somministrazione facenti parte dei sistemi turistici locali, concorrenti alla formazione dell’offerta turistica.>

In questa logica procedurale si è comunque consolidata la trasformazione da attività, come detto quasi di artigianato, a quella in cui l'imprenditorialità assumeva una sempre più cospicua rilevanza, dimostrabile con l'ampliamento dell'offerta turistica mediante nuovi servizi, nuove formule commerciali, che superavano il semplice noleggio di ombrelloni e materiale balneare.

Il passaggio dalla dimensione limitata e modesta del solo periodo estivo e dell'offerta balneare ha portato alla conseguente esigenza di realizzare anche strutture edilizie "pesanti", proprio per sostenere con mezzi idonei questa offerta e la relativa domanda di servizi.

Con tali strutture, sempre più diversificate e di rilevante dimensione, è divenuto possibile effettuare somministrazione, intrattenimento musicale o addirittura di strutturare gli impianti come veri e propri locali di pubblico spettacolo, con la conseguente attivazione di investimenti sempre più rilevanti e che hanno confermato l'uscita dagli angusti limiti dell'attività artigianale di modesta entità economica per arrivare a quello dell'impresa turistica e ricreativa.

Questa progressiva mutazione è avvenuta in un quadro normativo, quello delineato nel Codice della Navigazione, sostanzialmente inadeguato, in quanto pensato e redatto per uso estemporaneo e precario del Demanio marittimo, non con impianti e strutture moderne, di rilevante impegno economico e comunque per un sistema imprenditoriale turistico balneare da cui discende un relevantissimo impatto economico, generando posti di lavoro e con un indotto di altrettanta assoluta importanza.

Con l'acquisizione progressiva di questa rilevanza economica, si sono quindi innescate quelle condizioni che hanno portato a verificare la corrispondenza tra la gestione imprenditoriale delle aree demaniali e gli istituti giuridici che regolavano tale materia, in relazione ai diversi principi delle quattro libertà che regolano i trattati dell'Unione Europea², con la conseguenza di avviare le sopra citate procedure di infrazione, cui è stato risposto attraverso l'abrogazione delle norme contestate. Il resto è storia di questi anni, con l'abrogazione del diritto di insistenza nel 2010 e la eliminazione definitiva delle disposizioni del rinnovo automatico nel gennaio 2012, con la pubblicazione della Legge 15.12.2011 n. 217, che conteneva anche una delega finalizzata alla riorganizzazione, ancorché parziale, della disciplina giuridica della materia, cui però non è stato dato comunque seguito. In pratica, ad oggi, l'affidamento di una concessione demaniale deve avvenire necessariamente attraverso procedure ad evidenza pubblica, i cui contenuti sono però tutti da delineare e soprattutto ponderare in relazione alle molteplici problematiche connesse all'uso delle aree demaniali non risolte con il precedente quadro normativo e non ancora disciplinate dall'attuale legislazione.

In questo quadro di criticità si inserisce la proposta di vendita delle aree demaniali marittime creando le condizioni di un'agitazione, non solo politica, ma anche sociale, con un fortissimo ed agguerrito dibattito con valutazioni, pareri, accuse e quanto altro possibile, tra i fautori di tale possibilità e coloro che, invece, si opponevano, paventando ulteriori disastri di cementificazione delle coste italiane.

La diatriba si è immediatamente avviata al momento dell'annuncio di tal opzione ed è proseguita fino alla decadenza degli emendamenti, presentati in modo trasversale da parlamentari di quasi tutti gli schieramenti presenti nel Parlamento nazionale, per introdurre tale possibilità.

Tale proposta, non inserita in quadro generale di riforma della gestione delle aree demaniali, come redatta e predisposta, ha subito evidenziato profonde problematiche, sia nella sua applicazione pratica che nell'ottica generale di utilizzo dei beni pubblici, con un potenziale di conflittualità che si ritiene superiore alle soluzioni che con essa si proponeva di risolvere, come si propone di illustrare nel prosieguo del presente lavoro.

La tecnica normativa e le prime criticità applicative

In questo quadro generale della gestione delle aree demaniali si inserisce la proposta di alienazione delle aree occupate in modo permanente dai manufatti realizzati dal concessionario, che ha avuto una sua prima illustrazione da parte governativa negli ultimi giorni di settembre 2013.

Tale proposta, subito oggetto di accesa discussione al momento della sua presentazione alle categorie balneari, perseguiva sostanzialmente un duplice obiettivo:

- ottenere per l'erario un introito, attraverso la smobilizzazione di parte del patrimonio statale, per sostenere gli obiettivi di risanamento della finanza pubblica;

2 Si tratta delle quattro libertà economiche definite di "stabilimento", di "impresa", di "circolazione delle merci" e delle "persone", ed in particolare dell'articolo 49 Trattato di Funzionamento UE – libertà di stabilimento

- creare le condizioni per ridurre, alla categoria degli imprenditori balneari, le conseguenze negative derivanti dalla applicazione degli indirizzi comunitari per l'affidamento delle concessioni demaniali tramite procedure ad evidenza pubblica, come in precedenza illustrate.

In presenza della profonda discussione innescata dalla proposta, l'azione governativa non si è tradotta in un articolato normativo, come inizialmente previsto, da inserire nel testo della Legge di Stabilità per l'anno 2014, secondo una logica che si collegava, in modo evidente, con l'obiettivo di contabilizzare gli introiti stimati dalla alienazione delle aree demaniali occupate dai manufatti realizzati, nel più ampio quadro della gestione dei saldi di finanza pubblica.

La proposta è stata quindi portata esplicitamente alla ribalta da parlamentari dei diversi schieramenti, i quali hanno depositato una serie di emendamenti al testo iniziale della Legge di Stabilità, con l'obiettivo, appunto di introdurlo nel corso della discussione in sede parlamentare.³

Non è qui il caso di analizzare partitamente i singoli testi normativi, ma è invece necessario evidenziare le modalità con le quali essi cercavano di raggiungere l'obiettivo prefissato di alienare e le criticità che dalla formulazione del testo normativo emergevano, non tanto dal punto di vista della "scelta politica di vendere", ma soprattutto per le conseguenze derivanti dalla sua applicazione pratica alle diverse modalità e tipologie di utilizzo ed occupazione del Demanio marittimo.

I testi normativi presentati convergevano, quale metodo per l'alienazione delle aree demaniali occupate da manufatti, sulla sdemanializzazione dei sedimi utilizzati e la codificazione di una categoria giuridica di beni pubblici, l'arenile, conosciuta dalla giurisprudenza della Corte di Cassazione, ma sconosciuta alla casistica contenuta nel Codice Civile e quello della Navigazione.

In pratica, le proposte prevedevano di sottrarre al regime giuridico del Demanio pubblico la parte occupata dalle strutture, attraverso nuova "delimitazione" e codificando poi lo spazio così residuo, tra il vecchio confine e quello nuovo tracciato in questa fase, quale appunto "arenile" procedendo poi, secondo modalità indicate in vario modo dalle diverse proposte, alla sua vendita diretta all'ex concessionario, attraverso un diritto di opzione da esercitare entro un termine ben definito.

Già in questo elemento vi è la prima importante innovazione, con la disciplina esplicita dell'arenile, così ottenuto dallo spostamento del confine demaniale, quale bene giuridicamente codificato e declinato in modo che lo stesso perda automaticamente il regime giuridico del demanio pubblico, con una inversione radicale rispetto alla sua qualificazione avvenuta in questi anni in forza della giurisprudenza di legittimità.⁴

Come accennato, infatti, l'arenile è conosciuto dalla giurisprudenza della Corte di Cassazione come la parte relitta della spiaggia, che seppure abbandonato o distante attualmente dal mare, mantiene il suo regime giuridico di Demanio pubblico marittimo perché in grado di soddisfare, seppur in modo potenziale, i pubblici usi del mare. Con le proposte emendative, quindi, si codificava il nuovo bene giuridico dell'arenile, con la perdita immediata di ogni carattere di demanialità, per consentire appunto la vendita per le parti su cui insistono i manufatti realizzati dai concessionari: una sdemanializzazione *ope legis* effettuata però, senza prevedere modalità specifiche di esecuzione, senza dei criteri tali ed utili per discernere l'applicabilità o meno delle norme introdotte ai casi specifici.

In pratica, vi era un generico rinvio ad una attività di ricognizione dell'Agenzia del Demanio, su sollecitazione del concessionario presente nell'area, per l'attivazione della procedura, senza alcuna previsione di elementi oggettivi utili, quantomeno per una applicazione coerente ed uniforme delle previsioni sull'intero territorio nazionale ricadente nella medesima condizione.

3 Emendamenti: Proposta di modifica n. 3.0.14 al DDL n. 1120 - Proposta di modifica n. 3.0.9 al DDL n. 1120

4 < L'accertamento compiuto, con logico e motivato apprezzamento, dalla Corte territoriale sfugge alle critiche mosse, per le seguenti ragioni (costituenti anche i principi di diritto che il Collegio enuncia ai sensi dell'art. 384 c.p.c., comma 1): - nel demanio marittimo è incluso, oltre il lido del mare e la spiaggia, anche l'arenile, cioè quel tratto di terraferma che risulti relitto dal naturale ritirarsi delle acque; in particolare, la stessa disciplina giuridica della spiaggia va riferita all'arenile, i caratteri essenziali dell'una e dell'altro derivando dal fatto di essere stati entrambi un tempo sommersi dalle acque del mare, ed essendo essi determinati, sotto l'aspetto giuridico, dalla comune destinazione agli usi pubblici marittimi (accesso, approdo, tirata in secco dei natanti, operazioni attinenti alla pesca da terra, ecc.) che rivelano codesta comune attitudine, anche soltanto allo stato potenziale, alla particolare destinazione; siccome la demanialità necessaria di un bene marittimo è qualità che deriva originariamente ad esso dalla corrispondenza con uno dei tipi normativamente definiti (art. 822 c.c., comma 1 e art. 28 c.n.), la natura demaniale dell'arenile permane > - Corte di Cassazione Sez. II, Sentenza n. 10817 del 11 maggio 2009

L'obiettivo di alienare le aree demaniali occupate da manufatti viene quindi perseguito con una radicale modificazione sia del *numerus clausus* dei beni qualificati per definizione legislativa come "pubblici" e soprattutto demaniali, sia del loro regime giuridico, sottraendoli per il semplice fatto di essere occupati da manufatti del concessionario, dalla qualificazione di demanialità.

Se da un lato l'operazione legislativa, come disegnata, aveva un senso per l'obiettivo perseguito, dall'altro la codificazione così strutturata evidenzia, ad una lettura approfondita, una serie di criticità molto rilevanti nel cui insieme mostrano l'assoluta inopportunità di introdurre una possibilità così delicata senza una adeguata visione globale delle problematiche conseguenti.

Una prima analisi della applicazione pratica di tale previsione normativa era l'aggravamento di una disparità di trattamento tra categorie di imprenditori operanti sul Demanio marittimo, già oggi esistenti e di cui non è data adeguata motivazione per aumentare tale regime giuridico differenziato.

Nelle aree demaniali marittime non vi sono solo imprenditori balneari, ma anche altre attività, come quelle delle aree portuali, dei concessionari per le attività di pesca e/o titolari di imprese industriali, per i quali si sarebbe mantenuto un regime giuridico differenziato, soggetto ad affidamenti delle aree demaniali, con procedure ad evidenza pubblica,

In pratica, discriminando solo sul presupposto dell'essere impresa balneare, alle stesse si sarebbe permesso l'acquisto di aree demaniali mentre per le altre categorie di imprenditori non sarebbe stata consentita tale facoltà con una evidente ed ingiustificata iniquità.

Tale condizione di trattamento differenziato si sarebbe poi manifestata anche nel medio periodo nella medesima categoria degli imprenditori balneari, in relazione al loro stato attuale di concessionario, rispetto a coloro i quali avrebbero la possibilità di accedere a tale attività.

Per i nuovi aspiranti imprenditori balneari, laddove la pianificazione urbanistica lo consentirebbe, sono applicabili le regole generali di affidamento, attraverso procedure ad evidenza pubblica, che vedono come presupposto essenziale il diretto collegamento della durata della concessione, per il periodo necessario all'ammortamento dell'investimento effettuato.

La proposta normativa non offre alcuna indicazione su tale fattispecie, con due possibili soluzioni, entrambe dirimenti: o si prevedeva implicitamente che al nuovo imprenditore balneare si consente anche il diritto di acquisire "l'*arenile*" libero messo a gara, con la conseguenza di creare nuova rendita di posizione su di un bene pubblico, oppure si introduce un imprenditore di serie B, con un diritto reale a tempo determinato, alla cui scadenza verrebbe indetta una nuova gara per l'affidamento di tale area, con la potenziale perdita dell'area a suo tempo assegnata.

La condizione sopra citata è un argomento che non viene mai affrontato nelle discussioni per la ricerca delle possibili alternative all'obbligo di affidamento delle concessioni con procedure a evidenza pubblica, in quanto si è fermi nel dibattito per la ricerca di una soluzione utile agli attuali concessionari, ma il problema esiste ed è l'ulteriore dimostrazione che la proposta di vendita avrebbe creato una ulteriore criticità in luogo di quelle che intendeva risolvere.

Altre poi sono le conseguenze non chiarite dalla disciplina contenuta nelle proposte emendative, tra cui spicca quella della posizione delle così dette pertinenze demaniali, cioè gli immobili presenti sulle aree demaniali che sono stati oggetto di incameramento nel corso di vigenza della concessione e quindi divenuti di proprietà dello Stato.

Per tali immobili di proprietà dello Stato la disciplina risultava tratteggiata in modo molto ambiguo, senza una certezza della possibilità di acquistare l'immobile dal concessionario.

In assenza di una disciplina si creavano i presupposti per una ulteriore discriminazione tra imprenditori entrambi operanti sul Demanio marittimo, in cui il conduttore del bene di proprietà dello Stato avrebbe proseguito l'uso con un titolo precario, senza possibilità di acquisto, mentre l'altro avrebbe potuto utilizzare tale possibilità divenendo integralmente e totalmente proprietario del sedime ed immobili.

Le criticità insite nella applicazione delle disposizioni per come sono state proposte non si limitano però a quelle sopra illustrate, rimediabili con una adeguata integrazione della disciplina normativa, ma vi sono ancora delle conseguenze pratiche, proprio derivanti da una incondizionata vendita delle aree demaniali.

Le strutture presenti sulle aree demaniali marittime sono profondamente diverse sia come tipologia strutturale che modalità di occupazione, in termini di estensione dei manufatti, modalità di utilizzo e conduzione delle spiagge e delle aree destinate all'ombreggio.

L'intera penisola, infatti, se interessata da una generale offerta balneare, vede la stessa configurata in modo profondamente diverso, con spiagge profondamente edificate, altre invece con strutture lignee complete di ogni servizio, altre invece con strutture di modestissima dimensione con servizi minimi, ma con ampi spazi per la posa del materiale balneare.

Dall'analisi degli emendamenti presentati emerge una fattispecie giuridica in cui non vi era alcun spunto per una discriminazione oggettiva in presenza di situazioni come quelle sopra indicate, ma si introduceva una procedura con una formulazione definibile di "taglio lineare" finalizzata a ricomprendere ogni concessionario in questa potenziale possibilità di stabilizzazione.

In pratica si sarebbe assistito ad una sdemanializzazione per ogni occupazione, senza alcuna distinzione per tipologia delle strutture né possibilità di valutare il merito e l'opportunità della richiesta, per esempio in relazione alle condizioni della concessione e della spiaggia in cui insiste, della presenza di fenomeni erosivi o di altri elementi di criticità.

E' di tutta evidenza che questa formulazione avrebbe creato le condizioni di un conflitto estenuante in ogni caso si fosse opposto un diniego, ancorché suffragato da dati oggettivi, alla richiesta del concessionario di acquisire la proprietà dell'area su cui insistono le sue strutture.

L'esempio di quanto sopra indicato si manifesta in tutta la sua evidenza nelle foto riportate, (Figg. 1 e 2) in cui la pianificazione urbanistica ha consentito la realizzazione di una struttura di tale tipologia che di protende verso il mare, in una condizione della spiaggia che poi mutando, ha provocato un arretramento della linea di riva.

In questa condizione, l'alienazione del sedime sarebbe una contraddizione in termini perché le aree sono costantemente sommerse dalle acque di mareggiata pur essendo proprietà privata.

Sicuramente si rappresenta un caso forse raro, ma probabilmente sintomatico di una casistica molto più numerosa di quanto il legislatore aveva inteso pensare: in presenza di tali condizioni non si comprende quindi la applicazione pratica della disposizione legislativa, che il concessionario avrebbe comunque avuto diritto di richiedere.



Figura 1 - Spiaggia sulla coda della mareggiata.



Figura 2 - Spiaggia dopo la mareggiata.

Vi è poi la questione che in molte località, le aree retrostanti il Demanio marittimo sono proprietà di altri soggetti pubblici, spesso dello stesso Stato, attraverso per esempio la gestione Ex Azienda di Stato per le Foreste Demaniali, (ASFD) oppure di Comuni, sulle quali sono state realizzati campeggi, strutture al servizio degli stabilimenti che utilizzano la spiaggia per la posa del materiale balneare.

Tutte le proposte tacciono sulla condizione di tali imprenditori, creando quindi ulteriore disparità di trattamento tra operatori del medesimo settore che non potrebbero acquistare i sedimi perché tali norme non si estendono alle condizioni giuridiche in cui operano questi soggetti.

Questi primi elementi, derivanti da una semplice analisi dell'impatto di tale proposta sull'esistente utilizzo del Demanio marittimo, dimostrano che l'alienazione delle aree demaniali non era solo una "soluzione", ma

presentava anche criticità, perché innescava condizioni per potenziali contenziosi conseguenti alle disparità di trattamento tra operatori del medesimo settore.

Tali criticità conseguono da l'errore di considerare la proposta di alienazione delle aree demaniali nella sua funzione di strumento per neutralizzare la possibilità di avviare le procedure di gara per l'assegnazione di concessioni demaniali marittime esistenti.

Le criticità rispetto al regime giuridico dei beni pubblici e della gestione della fascia costiera

La vendita delle aree demaniali marittime così come impostata e perseguita, non produce solo le conseguenze in precedenza illustrate sulle attività comunque esistenti sulle aree demaniali marittime, ma si pone in rilevante contrasto rispetto alla condizione della fascia costiera, sia sotto il profilo giuridico, sia in riferimento alla morfologia della costa ed alla dinamica costiera, di cui non vi è traccia di considerazione nel contenuto normativo su cui è stato sviluppato il dibattito politico.

Per quanto concerne il primo profilo, con una semplice procedura emendativa, si è cercato di introdurre un regime giuridico parallelo alle norme generali del Codice Civile e di quello della Navigazione sulla gestione dei beni demaniali, con un profondo intervento che in pratica avrebbe stravolto l'intero corpus normativo.

Come in precedenza accennato, la disciplina positiva dei beni pubblici, tali perché di proprietà di soggetti pubblici, risiede ancora, almeno nelle sue linee fondamentali, nel codice civile (artt. 822 – 831) che si limita però a dividerli nelle note tre categorie: beni demaniali, beni patrimoniali indisponibili e beni patrimoniali disponibili, con una classificazione non più soddisfacente

In tema di individuazione dei beni pubblici o demaniali, però non è più possibile limitarsi all'esame della sola normativa codicistica degli anni quaranta, con la conseguente esigenza di integrare la stessa con le varie fonti dell'ordinamento e specificamente con le (*successive*) norme costituzionali.

La Costituzione, com'è noto, non contiene un'espressa definizione dei beni pubblici, nè una loro classificazione, ma si limita a stabilire alcuni richiami che sono, comunque, assai importanti per la definizione del sistema positivo che disciplina la loro condizione giuridica.

In questo ambito si collocano sia le norme della prima parte della stessa Costituzione, ed in particolare quelle degli articoli 2 e 9, sia lo stesso articolo 42 che contiene la disciplina della proprietà, codificata insieme all'altra privata in relazione alla titolarità, con i quali è iniziata una "rilettura" delle norme positive con una nuova interpretazione e qualificazione generale dei beni pubblici

Seguendo questa linea logica, è opportuno sottolineare che la proposta di vendita di cui si discute si colloca in conflitto con le più recenti valutazioni della giurisprudenza circa la qualificazione giuridica dei beni pubblici, nella cui ampia categoria rientrano a pieno titolo quelli appartenenti al Demanio marittimo ed in particolare, riguardo alla loro qualificazione quale parte del bagaglio "necessario" del cittadino appartenente ad uno Stato definibile "Sociale".

La semplice considerazione che i beni pubblici hanno la semplice funzione di ritrarre da essi utilità di natura principalmente economica, ha lasciato spazio ad una valutazione circa la loro qualificazione come strumento essenziale della vita per un appartenente alla comunità in cui si trovano tali beni

In altre parole, si assiste ad una progressiva modifica della chiave di lettura sull'uso dei beni pubblici, sia sotto il profilo materiale che immateriale, che ha portato ad individuare la loro rilevante funzione per lo sviluppo della personalità e della condizione di cittadinanza.

Gli esempi più importanti di questa nuova linea di pensiero, si rinvergono in due Sentenze della Corte di Cassazione, pronunciate dalle Sezioni Unite nell'anno 2011 a poca distanza l'una dall'altra.

Entrambi i pronunciamenti sono connessi alla decisione su controversie scaturenti da luoghi particolari, quali sono le valli da pesca della laguna veneta, ma hanno il pregio di affrontare la questione sottoposta al vaglio giurisdizionale, offrendo, nella parte motiva delle decisioni, dei principi di altissimo rilievo che portano a: < *"guardare" al tema dei beni pubblici oltre una visione prettamente patrimoniale - proprietaria per approdare ad una prospettiva personale - collettivistica.* > ⁵

La sentenza in questione si pone come il primo pronunciamento in cui l'aspetto della demanialità dei beni viene declinata superando il senso della visione strettamente patrimoniale ed assumendo quella di una

5 Corte di Cassazione SS.UU. Sentenza n. 3665 del 14.02.2011

qualificazione più diretta con nuovi e più incisivi riferimenti alla personalità dei cittadini.

Tale assunto viene di fatto esplicitato seguendo un rigoroso percorso di ricostruzione ed inquadramento giuridico della funzione del bene pubblico, con particolare riferimento alla visione prospettica resa dagli articoli della Costituzione, cui ancorare le nuove finalità proprie del bene pubblico e di conseguenza quello ricadente nella qualificazione del Demanio marittimo, quale sua esplicitazione primaria.⁶

Dal caso in specie la Sentenza della Corte, resa a Sezioni Unite quindi in relazione alla difficoltà del caso, dal massimo organo incaricato della interpretazione delle Leggi, arriva a precisare che: *< disquisire in termine di sola dicotomia beni pubblici (o demaniali) - privati significa, in modo parziale, limitarsi alla mera individuazione della titolarità dei beni, tralasciando l'ineludibile dato della classificazione degli stessi in virtù della relativa funzione e dei relativi interessi a tali beni collegati >*, con la conseguenza che: *< là dove un bene immobile, indipendentemente dalla titolarità, risulti per le sue intrinseche connotazioni, in particolar modo quelle di tipo ambientale e paesaggistico, destinato alla realizzazione dello Stato sociale, detto bene è da ritenersi, al di fuori dell'ormai datata prospettiva del dominium romanistico e della proprietà codicistica, "comune" vale a dire, prescindendo dal titolo di proprietà, strumentalmente collegato alla realizzazione degli interessi di tutti i cittadini. >*⁷

Ad analoghe conclusioni arriva la coeva sentenza della stessa Corte di Cassazione, nuovamente chiamata ad esprimersi su di una problematica simile, sempre inerente le valli da pesca, in cui nel confermare le precedenti considerazioni, le amplia ulteriormente, arrivando ad indicare elementi propri della demanialità riferibili ad un approccio di lettura sistematica delle norme, in particolare di quelle costituzionali e facendo leva su di esse per esprimere nuovi e più ampi indirizzi per i beni pubblici, in cui il concetto di "demanialità" viene riassunto con una duplice appartenenza alla collettività ed al suo ente esponenziale, dove la seconda (titolarità del bene in senso stretto) si rende necessaria come appartenenza di servizio, utile in quanto la titolarità pubblica assicura il mantenimento delle specifiche rilevanti caratteristiche del bene e la loro fruizione *con una governance che renda effettive le varie forme di godimento e di uso pubblico del bene.*⁸

Con la alienazione di parte del Demanio marittimo, ancorchè limitato alla parte occupata con manufatti non si può non notare la lesione dei principi interpretativi innovativi e qualificanti per i beni pubblici come ricostruiti dalla giurisprudenza collegandosi ai citati canoni costituzionali, con la conseguente esigenza di una valutazione di tale possibilità non solo come strumento di risoluzione di problematiche contingenti ma soprattutto in funzione del potenziale depauperamento di beni pubblici finalizzati alla soddisfazione, ancorchè mediata di rilevanti interessi collettivi.

6 - *Dalla applicazione diretta ("drittwirkung") degli artt. 2, 9 e 42 Costituzione si ricava il principio della tutela della umana personalità e del suo corretto svolgimento nell'ambito dello Stato sociale, anche nell'ambito del "paesaggio", con specifico riferimento non solo ai beni costituenti, per classificazione legislativa-codicistica, il demanio e il patrimonio oggetto della "proprietà" dello Stato ma anche riguardo a quei beni che, indipendentemente da una preventiva individuazione da parte del legislatore, per loro intrinseca natura o finalizzazione, risultino, sulla base di una compiuta interpretazione dell'intero sistema normativo, funzionali al perseguimento e al soddisfacimento degli interessi della collettività e che – per tale loro destinazione, appunto, alla realizzazione dello Stato sociale – devono ritenersi "comuni", prescindendo dal titolo di proprietà, risultando così recessivo l'aspetto demaniale a fronte di quello della funzionalità del bene rispetto ad interessi della collettività.* (Corte Di Cassazione, Sez. Unite Civili - Sentenza 16 Febbraio 2011 N. 3813)

7 - *Da tale quadro normativo - costituzionale, e fermo restando il dato "essenziale" della centralità della persona (e dei relativi interessi), da rendere effettiva, oltre che con il riconoscimento di diritti inviolabili, anche mediante "adempimento dei doveri inderogabili di solidarietà politica, economica e sociale", emerge l'esigenza interpretativa di "guardare" al tema dei beni pubblici oltre una visione prettamente patrimoniale - proprietaria per approdare ad una prospettiva personale - collettivistica.* (Corte Di Cassazione, Sez. Unite Civili - Sentenza cit.)

8 - *In definitiva, le valli da pesca configurano uno dei casi in cui i principi combinati dello sviluppo della persona, della tutela del paesaggio e della funzione sociale della proprietà trovano specifica attuazione, dando origine ad una concezione di bene pubblico, inteso in senso non solo di oggetto di diritto reale spettante allo Stato, ma quale strumento finalizzato alla realizzazione di valori costituzionali. Detta natura di tali beni (come del resto per tutti i beni pubblici) ha la sua origine costitutiva nella legge, quale ordinamento composto da una pluralità di fonti (in particolar modo la Costituzione con le norme sopra richiamate), sulla base della sussistenza "all'attualità" di determinate caratteristiche (fisiche- geografiche) in concreto previste dal legislatore, e prescinde quindi da disposizioni e provvedimenti di ordine amministrativo, come già affermato da questa Corte (in particolare, Cass. n. 1228/1990, ove si afferma che l'inclusione di un bene nel demanio naturale discende della presenza delle connotazioni fisiche al riguardo considerate dalla legge, indipendentemente da atti ricognitivi o formalità, pubblicitarie).* (Corte Di Cassazione, Sez. Unite Civili - Sentenza cit.)

Le criticità rispetto alla morfologia della fascia costiera

Non vi sono solamente considerazioni giuridiche ma anche elementi di importanza altrettanto rilevante, se non addirittura superiore a quelle sino ad ora trattate, che rendono la proposta di vendita delle aree demaniali così come presentata, di assoluta criticità.

Gli aspetti relativi alle condizioni morfologiche della fascia costiera e le dinamiche della spiaggia, così ampiamente trattate ormai da anni, sono infatti assunti imprescindibili da considerare in una scelta di tale rilevanza e portata, invece completamente assenti nel testo normativo.

L'instabilità della spiaggia, l'esigenza di interventi di ricostruzione nel caso di depauperamento della risorsa, non sono minimamente considerati dal testo normativo, in cui è assente qualsiasi norma con lo scopo di regolare la serie infinita di problematiche per il nuovo proprietario in relazione al depauperamento del bene demaniale residuo, la spiaggia per intenderci, derivante dai più diversi e significativi eventi, sia meteorologici che morfologici.

Nella realtà attuale, tali vuoti normativi non sono più giustificabili, come avvenuto nelle precedenti operazioni di sdemanializzazione dei primi anni venti e trenta del secolo scorso, in cui le problematiche della morfologia della fascia costiera non erano presenti o comunque non facevano parte, del patrimonio di conoscenza dei momenti decisionali.⁹

La fragilità della costa è un dato acclarato e riconosciuto, con circa il 42% delle spiagge italiane sottoposte ad erosione, condizione che si presenta in continuo incremento, in conseguenza dei fenomeni che interessano, per i diversi motivi ormai noti e codificati, la consistenza delle spiagge su cui è non è possibile, almeno nel breve periodo, intervenire con rimedi definitivi.

La disciplina giuridica delle aree demaniali non può più essere solo argomento di una disputa sulla vendita o meno, ma deve assumere una dimensione più ampia, che contempra anche l'interesse non solo economico delle parti (Stato e concessionario) ma anche quello riferibile all'intera collettività, per le conseguenze che si manifestano nelle diverse scelte assunte.

Il consolidare diritti su aree fragili come quelle della fascia costiera, senza una adeguata valutazione ed un più ampio ragionamento delle finalità generali per l'attività sulle spiagge, impone pesanti ipoteche sulla gestione delle aree demaniali, per i riflessi che ciò comporta, non solo sul piano ambientale ma anche per la naturale instabilità della linea di riva e per le connesse responsabilità per gli interventi finalizzati alla difesa della costa ed al contenimento dei citati fenomeni di erosione.

Una vendita generalizzata e senza regole precise di condivisione, introduce un grave rischio di contenzioso, per difendere strutture, magari piccoli chioschi a pochi metri dalla linea di riva divenuti area privata, qualora lambiti dal mare, in caso di innesco di una erosione oggi assente.

A questo si deve aggiungere il vincolo che si imporrebbe ai Comuni nella pianificazione della fascia costiera, che si troverebbero a dovere considerare nella gestione urbanistica, zone di proprietà pubblica costellate di piccole porzioni di aree private, imponendo vincoli tali da consolidare occupazioni o utilizzi che nel corso del tempo si possono rivelare non più attuali, con la conseguente esigenza di espropri per attuazione di interventi attuativi della stessa pianificazione.

E' di tutta evidenza quindi che la soluzione proposta è stata studiata per garantire i casi particolari, dove in area demaniale marittima sono state edificate strutture di rilevanti dimensioni, con spiagge molto ampie e prive di fenomeni erosivi, ma non è stata adeguatamente ponderata per i suoi effetti sulle restanti aree demaniali del territorio nazionale, profondamente diverse e diversificate nelle tipologie e nelle modalità di utilizzo, creando quindi le condizioni del contrasto con la quale è stata osteggiata.

Considerazioni conclusive

La proposta di vendita delle aree demaniali rappresenta in modo evidente un tentativo per cercare una soluzione alle problematiche dell'imprenditoria balneare, ma la proposta così come confezionata, non offre soluzione a tutte le potenziali criticità che emergono dalla gestione complessiva delle aree demaniali marittime.

⁹ Mi riferisco alle attività promosse dai Comuni costieri nei primi del secolo XX, con l'obiettivo di acquisire parti di spiaggia demaniale al fine di realizzare i lungomare, impianti balneari o vere e proprie zone di lottizzazione con obiettivo di trasformare i paesi: < in centri balneari climatici, dato il gran concorso di forestieri che qui convengono per villeggiare > - Comune di Follonica - Delibera Podestarile n. 433 - bis del 2 febbraio 1931 anno IX°.

Il settore balneare però, deve trovare un nuovo assetto ed è ormai improcrastinabile affrontare i problemi giuridici che di fatto impediscono l'ulteriore sviluppo di un importante *asset* dell'economia nazionale, ma con quale metodo, strumento o modalità?

L'attuale situazione impone una rivisitazione complessiva della disciplina normativa del settore ed al suo interno nulla vieta di prevedere norme che consentano un nuovo andamento della linea demaniale e la determinazione più adeguata della consistenza dei beni compresi al suo interno, verificando se sussistono ancora le condizioni e l'opportunità del mantenimento di porzioni di tali beni pubblici, nel regime giuridico del Demanio marittimo.

In altre parole, è evidente, dopo ormai anni di conflitto, che la crisi strutturale del sistema di gestione del Demanio marittimo impone una modifica sostanziale della disciplina normativa del settore, in cui l'intera gamma di strumenti giuridici oggi disponibili dovrà essere utilizzata per costruire un quadro normativo adeguato ai tempi nei suoi contenuti complessivi, con il duplice obiettivo di salvaguardia ambientale ma anche delle consolidate ed importanti attività economiche.

Come si raggiunge tale obiettivo?

Si rende necessario predisporre una Legge quadro, che veda al suo interno disciplinati tutti gli istituti giuridici utili per una completa riforma del settore, dalle norme per la qualificazione delle strutture realizzate sul Demanio marittimo, sull'affidamento e la durata delle concessioni, per arrivare alle disposizioni utili per una salvaguardia ambientale e per una Gestione Integrata della Fascia Costiera realmente concreta ed efficace.

In questo ambito si deve cogliere anche la sensibilità dimostrata da coloro che sarebbero i primi beneficiari delle alienazioni, ricercando ponderazione e responsabilità da parte di tutti i soggetti interessati per la fondamentale importanza delle spiagge.¹⁰

Una proposta normativa in cui ridisciplinare l'intera materia, che sia omnicomprensiva di tutti gli interessi in gioco, consentirebbe di superare l'attuale empasse, facendo ripartire gli investimenti, creando le condizioni affinché una categoria non sia penalizzata dall'applicazione massiva di regole, in nome della concorrenza, disattesa in modo colpevole dalle amministrazioni pubbliche interessate, negli anni precedenti.

In questo ambito si potrà altresì discutere della tipologia di diritti reali parziari che possono essere riconosciuti al concessionario, quali il diritto superficario, con una sua disciplina specifica adeguata all'impresa ed agli investimenti, procedura parallela alla cessione *tout court* delle aree.

Tale testo dovrà essere redatto con il concorso di tutti e dovrà essere parte integrante degli obiettivi del prossimo semestre europeo presieduto dall'Italia, in modo che il Governo sia parte attiva e responsabile nel suo ruolo di indirizzo generale ed alle Autorità comunitarie sarà possibile mostrare, in quadro giuridico complessivo della materia, le ragioni oggettive che giustifichino scelte che possono sembrare non in linea con i dettami della filosofia dell'Unione Europea, ma necessarie per salvaguardare anche le peculiarità del settore, per una corretta tutela della categoria.

Nello stesso tempo, questa nuova disciplina normativa dovrà contenere le regole utili per salvaguardare l'interesse generale, sia alla fruizione dei beni pubblici nella loro funzione di valorizzazione dei diritti di cittadinanza, sia nella salvaguardia della loro consistenza per la rilevanza ambientale che presentano, coinvolgendo gli imprenditori balneari, in sinergia con gli Enti Locali, nella restituzione al territorio di un valore aggiunto da gestire per la tutela integrale della fascia costiera, come bene comune collettivo.

10 La proposta :< (di sdemanializzare) ha dunque trovato un nutrito gruppo di politici con numerose perplessità, e non tutte sono ingiustificabili: al di là delle questioni politiche interne ai partiti, è innegabile che una riforma così complessa e strutturale non può che essere contestabile se effettuata così in fretta e senza confronto >. < Il governo Letta ha bisogno di fare cassa in breve tempo, e ha trovato nella sdemanializzazione delle spiagge una strada veloce per far quadrare i conti statali e allo stesso tempo tutelare un'importante peculiarità italiana. Ma non ha contato che, inserendo questa novità nella legge di stabilità che va approvata entro il 15 ottobre, i lavori dovranno essere fatti con troppa fretta. E questo non è un bene, poiché le spiagge italiane sono un bene fondamentale che ha bisogno di maggiore cura e cautela > Alex Giuzio Inserito da: Mondo Balneare 10/10/2013 Fonte: MondoBalneare.com

Sulla stima del coefficiente di trasmissione di barriere sommerse in unità *Reef Ball*TM

Mariano Buccino, Ilaria Del Vita, Mario Calabrese

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale, Università di Napoli "Federico II"
E-mail: buccino@unina.it; ilaria.delvita@unina.it; calabres@unina.it.

Riassunto

I *Reef Ball*TM sono elementi campaniformi in calcestruzzo a pH neutro che, opportunamente aggregati, consentono di realizzare barriere sommerse per la protezione dei litorali in erosione. Il tratto peculiare di queste unità è quello di favorire l'integrazione della struttura nell'ecosistema marino, incoraggiando la colonizzazione da parte delle diverse specie ed incrementando le capacità attrattive della spiaggia. Nonostante i *Reef Ball* siano stati impiegati per la protezione di numerose spiagge di altissima qualità ambientale, non esiste al momento un'equazione di progetto generale che permetta di calcolare il coefficiente di trasmissione a tergo di essi. Dopo aver raccolto oltre 300 dati sperimentali derivanti da test condotti in due differenti laboratori americani (QUCERL, Canada, ed ERDC/CHL, USA), il presente lavoro studia la possibilità di adattare al caso in esame il modello di previsione proposto da Buccino e Calabrese (2007a) per le strutture ordinarie a gettata di massi. I risultati appaiono incoraggianti.

Parole chiave: barriere sommerse, *Reef Ball*TM, coefficiente di trasmissione.

Abstract

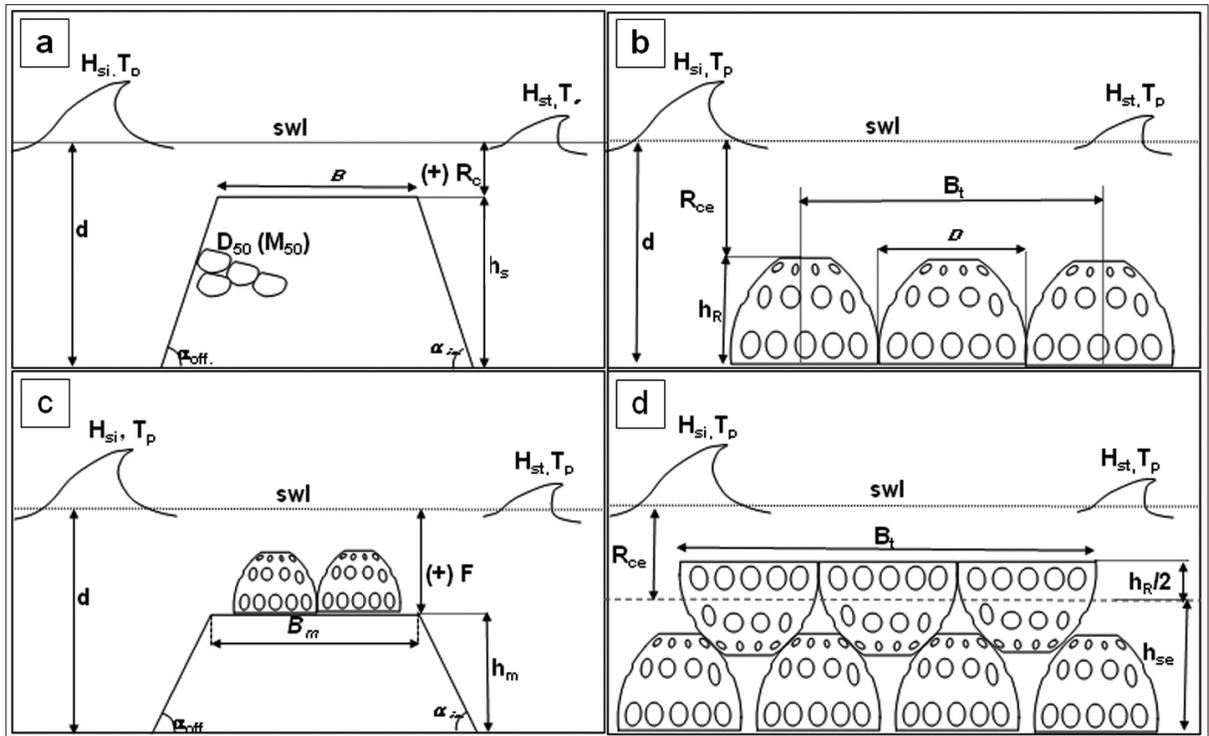
*Reef Ball*TM is a bell-shaped concrete unit; they are assembled to form submerged barriers for shore protection. A special mix is used to neutralize the pH of concrete. Reef Balls favour the settlement and growth of typical marine species, enhancing the appeal of the protected beach. Although these units have been employed for the protection of top quality sites, no general tool exists for the prediction of wave transmission in their lee side. After having gathered more than 300 data records from experiments conducted in two American labs (QUCERL, Canada, and ERDC/CHL, USA), this work investigates the possibility of adjusting the model proposed by Buccino and Calabrese (2007a) for rubble mound breakwaters. Results are quite encouraging.

Keywords: submerged breakwaters, *Reef Ball*TM, transmission coefficient.

Introduzione

Le barriere sommerse rappresentano probabilmente l'unica soluzione strutturale per la difesa dei litorali in erosione, considerata compatibile con gli obiettivi generali di salvaguardia del territorio costiero. Per questo motivo, la loro interazione con il moto ondoso è stata intensamente studiata nell'ultimo decennio, col contributo significativo di numerosi ricercatori italiani (Ruol e Faedo, 2002; Sassi et al., 2002; Mori e Cappiotti, 2006; Lorenzoni et al., 2012; Cappiotti et al., 2013).

Tradizionalmente esse consistono in gettate di massi naturali con la quota di cresta al di sotto del livello medio del mare, che si distendono lungo costa anche per alcuni chilometri, essendo per lo più interrotte



A	[-]	Parametro di scala della formula di Armono (2003)
B_{bR}	[m]	Larghezza alla base dei Reef Ball
B_m	[m]	Larghezza di cresta dello scanno di imbasamento
B_t	[m]	Larghezza di cresta teorica
B_t^*	[m]	Larghezza di cresta equivalente
D_{50}	[m]	Diametro nominale del materiale granulare della berma di appoggio
D_R	[m]	Diametro di base dei moduli Reef Ball
d	[m]	Profondità del fondale
F	[m]	Quota di sommergenza geometrica dello scanno di imbasamento
G		Coefficiente di dissipazione
h_m	[m]	Altezza dello scanno di imbasamento
h_R	[m]	Altezza del modulo Reef Ball
h_s	[m]	Altezza della struttura
h_{se}	[m]	Altezza equivalente della struttura
H_{si}	[m]	Altezza d'onda significativa incidente
H_t	[m]	Altezza d'onda trasmessa
L_{op}	[m]	Lunghezza d'onda di largo calcolata in riferimento al periodo di picco
n		Numero di file di Reef Ball costituenti il coronamento della struttura (nella direzione di propagazione del moto ondoso)
K_t		Coefficiente di trasmissione
R_c		Quota di sommergenza geometrica, da assumersi positiva
R_{ce}		Quota di sommergenza equivalente
$tg\alpha_{in}$		Pendenza del paramento interno della gettata di imbasamento.
$tg\alpha_{off}$		Pendenza del paramento esterno della gettata di imbasamento
T_p	[sec]	Periodo di picco.
ξ		Indice di Iribarren

Figura 1 - Schema delle variabili adoperate per: (a) barriere a gettata tradizionali; (b) barriere Reef Ball monolivello; (c) barriere Reef Ball con scanno di imbasamento; (d) barriere Reef Ball multilivello.

da varchi che consentono l'accesso alla spiaggia delle piccole imbarcazioni. Il loro scopo è quello di ridurre il carico ondoso nell'area protetta forzando il frangimento delle onde più alte; la capacità di attenuazione energetica di una barriera sommersa è generalmente misurata mediante il coefficiente di trasmissione K_t , pari al rapporto tra altezza d'onda significativa trasmessa alle spalle dell'opera, H_{st} , e quella incidente, H_{si} . La stima del coefficiente di trasmissione è di solito affidata all'impiego di formule empiriche, proposte in gran numero dalla letteratura scientifica, derivanti dall'analisi di dati di laboratorio (Tanaka, 1976; d'Angremond et al., 1996; Seabrook e Hall, 1998; Calabrese et al., 2005; van der Meer et al., 2005; Buccino e Calabrese, 2007 a e b; Goda e Ahrens, 2008; Tomasicchio e D'Alessandro, 2013).

Come è evidente, i pregi principali delle barriere sommerso risiedono nella bassa (o nulla) intrusività nel paesaggio costiero e nella garanzia di un adeguato ricambio idrico nell'area protetta. D'altro canto non mancano punti di criticità, tra i quali:

- incertezza riguardo la risposta della spiaggia a tergo (Dean et al., 1997);
- costi elevati;
- necessità di cavare grossi quantitativi di materiale roccioso.

Il primo aspetto richiede uno sforzo di ricerca supplementare, essendo ormai acquisito che i processi morfodinamici innescati da questo tipo di opere dipendono da un delicato equilibrio tra dissipazione energetica imposta al moto ondoso e flussi di massa attivati dai frangenti (Ruol et al., 2003). Il secondo ed il terzo aspetto possono essere mitigati impiegando materiali alternativi alla roccia naturale; in tal senso una soluzione molto interessante riguarda l'utilizzo di elementi eco-compatibili (*environmentally-friendly*) in grado di interagire con l'ambiente marino favorendo uno sviluppo equilibrato della flora e della fauna. Oltre ad un immediato ritorno di carattere estetico, questa proprietà incoraggia diverse attività ludiche, dalla pesca, allo snorkeling, al surf, determinando di conseguenza un incremento di *appeal* della spiaggia. Si noti, peraltro, che la necessità di accompagnare la progettazione delle opere di difesa costiera con un'analisi accurata riguardo la loro capacità di integrazione negli ecosistemi è stata ampiamente documentata dalle ricerche condotte nell'ambito del progetto *DELOS* (Lamberti, 2005; Burcharth et al., 2007).

Il presente lavoro, che fa riferimento ai parametri descritti in Figura 1, studia le capacità dissipative di una delle più famose unità *environmentally friendly* per barriere sommerso: i *Reef Ball*TM (Barber, 1999; Harris, 2007).

Questi moduli (Fig. 2a) appartengono alla famiglia degli *Hemispherical Shape Artificial Reef (HSAR)* e sono stati ideati per favorire il ripopolamento ittico e la ricostruzione delle barriere coralline; solo in seguito il loro campo di applicazione è stato esteso agli interventi di protezione dei litorali.

I *Reef Ball* sono elementi internamente cavi, forati sulla superficie laterale e realizzati mediante una miscela di calcestruzzo a pH basico (8,3) prossimo a quello del mare; sono disponibili in diverse varianti, con peso che può raggiungere le 2,7 tonnellate (Tab. 1), e possono essere aggregati in più file a formare strutture di larghezza anche considerevole (Fig. 2b).

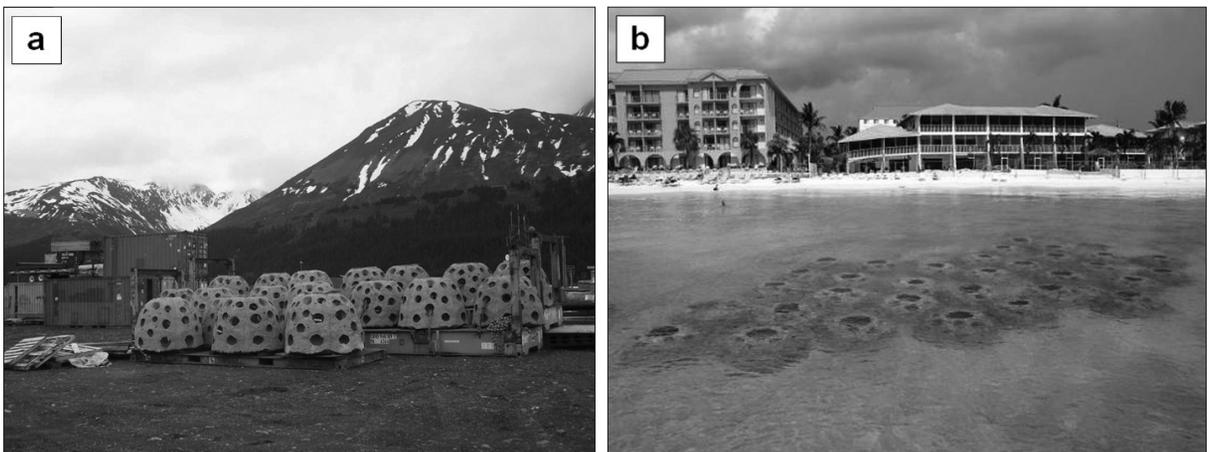


Figura 2 - (a) *Reef Ball* prima della posa in opera (Alaska); (b) Barriera sommersa in *Reef Ball* presso Marriot Beach Resort (Isole Cayman).

La forma ed il pH del modulo, le tessiture superficiali (che possono essere fatte variare a seconda della specie che si vuole fare attecchire), nonché il sistema di fori (variabile per numero e dimensione al fine di generare opportune vorticosità e turbolenze), rappresentano peculiarità specifiche di questi manufatti, volte a favorire una più rapida ed incisiva colonizzazione da parte di comunità “fouling” e “non-fouling” (Fig. 3).

Proprio queste caratteristiche, peraltro, rendono i *Reef Ball* particolarmente idonei all'impiego in ambienti caratterizzati da equilibri eco-sistemici delicati quali quelli delle barriere coralline; i coralli possono in tal caso essere impiantati direttamente sui moduli, mediante idonei supporti o in cavità appositamente predisposte sulla superficie laterale.

Tabella 1 - Caratteristiche delle principali tipologie di *Reef Ball*.

Tipologia	Diam. base (m)	Altezza (m)	Peso (Kg)	Volume di calcestruzzo (m ³)	Nr. di vuoti
<i>Goliath Ball</i>	1,83	1,52	1800-2700	1,00	25-40
<i>Super Ball</i>	1,83	1,37	1800-2700	1,00	22-34
<i>Ultra Ball</i>	1,83	1,31	1600-2000	0,70	22-34
<i>Reef Ball</i>	1,83	1,22	1350-1900	0,60	22-34
<i>Pallet Ball</i>	1,22	0,90	700-1000	0,25	17-24
<i>Bay Ball</i>	0,90	0,61	170-340	0,08	11-16
<i>Mini-Bay Ball</i>	0,76	0,53	70-90	meno di 0,04	8-12
<i>Lo-Pro Ball</i>	0,61	0,46	35-60	meno di 0,02	6-10
<i>Oyster Ball</i>	0,46	0,30	15-20	meno di 0,01	6-8

Nonostante siano stati impiegati per la protezione di numerose spiagge di altissima qualità ambientale, quali ad esempio quelle caraibiche di *Marriott Beach Resort* (isole Cayman) e *Gran Dominicus Resort* (Repubblica Dominicana), non esiste al momento un'equazione di progetto generale che permetta di calcolare il coefficiente di trasmissione delle barriere da essi composte. Le uniche formule disponibili, proposte da Armono (2003), fanno riferimento a configurazioni strutturali piuttosto inusuali e derivano da un unico insieme di dati sperimentali in cui alcune importanti variabili strutturali sono state mantenute costanti.

Al fine di ottenere una formula di previsione sufficientemente affidabile, i dati appena descritti sono stati integrati con quelli relativi ad un'indagine sperimentale condotta nell'ambito della progettazione di una barriera sommersa a difesa della 63^a Strada della città di Miami Beach (Florida, USA). Constatata l'impossibilità di estendere le formule di Armono all'intero *data-base*, è stata studiata la possibilità di adattare il modello proposto da Buccino e Calabrese (2007a). Quest'ultimo consta di equazioni dedotte per via teorica, sebbene sulla base di uno schema molto semplificato; di conseguenza l'analisi ha consentito anche di verificare se ed in che misura le ipotesi del modello potessero considerarsi corrette.

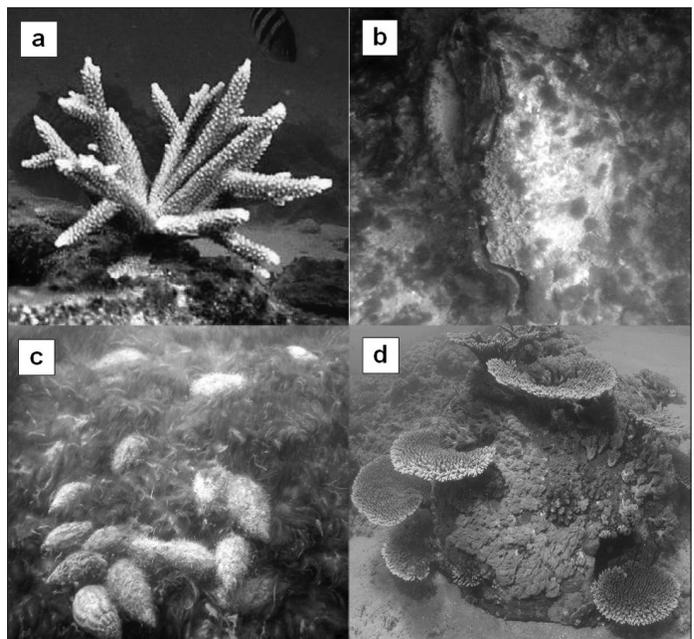


Figura 3 - (a) Corallo impiantato su *Reef Ball* presso Curacao (Antille olandesi); (b) *Ostrea Edulis* impiantata prima della posa in opera di una barriera sommersa presso Venezia (Italia); (c) un *Reef Ball* della barriera di Venezia colonizzato da alghe verdi, paguri e lumache; (d) sviluppo del corallo su un *Reef Ball* in Indonesia.

Descrizione dei dati sperimentali

Il *data-base* utilizzato in questo studio comprende circa 300 dati sperimentali provenienti da due diversi laboratori: il *Queen's University Coastal Engineering Research Laboratory* (QUCERL, Canada) e l'*USACE Engineering Research and Development Center Coastal and Hydraulics Laboratory* (ERDC/CHL, USA). Il primo insieme di esperimenti costituisce il nucleo della tesi di dottorato del Dr. H.D. Armono, discussa nell'ottobre 2003 sotto la supervisione del Prof. K.R. Hall; inoltre i dati sono stati parzialmente pubblicati in Armono e Hall (2003).

I test ERDC/CHL sono stati condotti nell'ambito del più vasto programma '*National Shoreline Erosion Control Development and Demonstration*' finanziato dal governo statunitense allo scopo di sperimentare nuove tecniche per la mitigazione dell'erosione costiera (Ward, 2011, inedito).

I dati QUCERL

I test del laboratorio canadese QUCERL, sono stati condotti all'interno di un canale a pendenza variabile lungo 47 m, largo 0,9 m e profondo 1,2 m. L'impianto è dotato di un generatore di onde irregolari; nella parte terminale del canale è stato sistemato un assorbitore passivo di riflessione realizzato mediante una platea di legno con pendenza 1:10, ricoperta di massi ad elevata porosità in grado di dissipare efficacemente l'energia ondosa residua.

Le misure delle fluttuazioni del pelo libero sono state effettuate mediante due file di sonde: la prima posta davanti alla struttura, ad una distanza di 13 m, per separare i campi d'onda incidente e riflesso; la seconda, a tergo dell'opera, sistemata ad una distanza di 3 m, in maniera che le onde trasmesse si potessero propagare per almeno una lunghezza d'onda prima di raggiungere i sensori (Fig. 4).

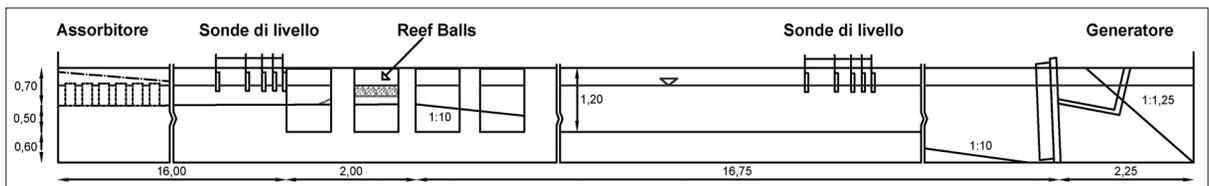


Figura 4 - Sezione trasversale del canale.

I moduli *Reef Ball* impiegati nelle sperimentazioni presentavano un'altezza, $h_R = 0,13$ m ed un diametro di base, $D_R = 0,20$ m. Il peso delle unità è stato fatto variare tra 2,189 e 2,944 Kg ed in media il numero dei fori era pari a 20. Incrociando queste informazioni con i dati di Tabella 1, se ne deduce che i massi adoperati nei test QUCERL rappresentano approssimativamente dei *Pallet Ball* secondo una scala di riduzione geometrica prossima ad 1:7.

Durante gli esperimenti, la profondità del fondale al piede dell'opera, d , è stata variata tra 0,21 m e 0,60 m; l'altezza d'onda significativa incidente (decurtata dunque della componente riflessa) è stata mantenuta nell'intervallo 0,05 - 0,20 m, con periodi di picco variabili tra 1 e 2,5 sec.

Gli elementi sono stati assemblati in modo da riprodurre diverse configurazioni. In linea generale potremo distinguere *layout* nei quali le unità sono posizionate direttamente sul fondo (indicati nel seguito come configurazioni "*Bottom Seated*", BS) e geometrie nelle quali i *Reef Ball* sono alloggiati su una berma di appoggio a gettata di massi (configurazioni "*Bermed*", B).

Al primo gruppo appartengono due sotto-tipi, che indicheremo nel seguito con gli acronimi di BS-3 e BS-2. Il primo (Fig. 5a) prevede elementi disposti su tre livelli, con il secondo livello posizionato in

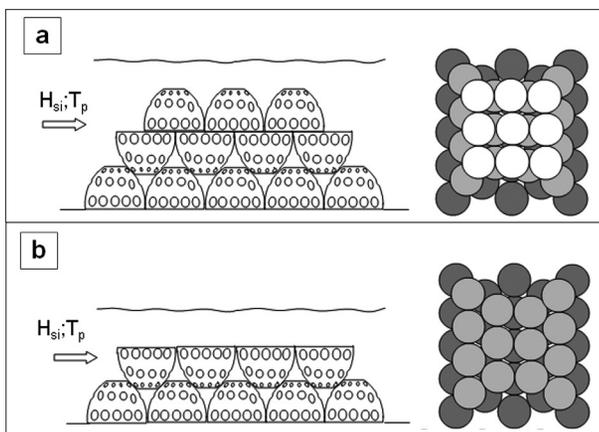


Figura 5 - (a) BS-3 in sezione (sx) ed in pianta (dx); (b) BS-2 in sezione (sx) ed in pianta (dx).

modo da rivolgere la concavità verso l'alto; esso ha la funzione di incrementare la resistenza al moto ondoso e di sostenere il livello sommitale. Il sotto-tipo *BS-2*, rappresentato in Figura 5b, comprende i soli primi due strati della geometria precedente.

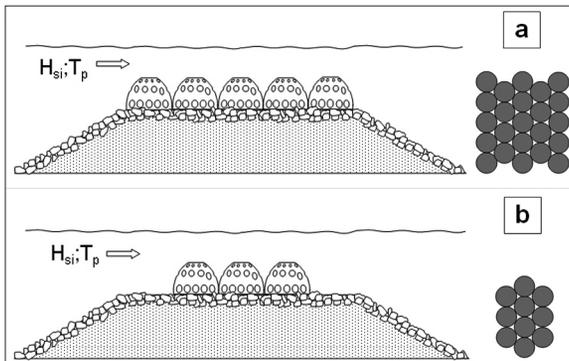


Figura 6 - (a) *B-F1* in sezione (sx) ed in pianta (dx); (b) *B-P1* in sezione (sx) ed in pianta (dx).

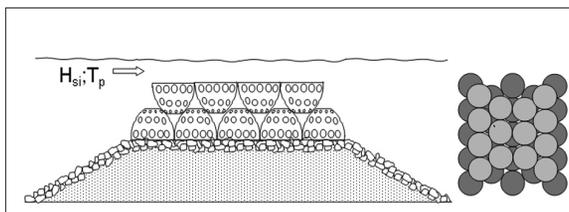


Figura 7 - *B-F2* sezione (sx) ed in pianta (dx).

Gli elementi disposti su berma di appoggio sono stati assemblati in uno o due livelli. Nel primo caso, il numero di unità impiegato è tale da ricoprire interamente (Fig. 6a) o solo parzialmente (Fig. 6b) la cresta della gettata. Indicheremo queste geometrie con gli acronimi di *B-F1* e *B-P1*. Il caso mostrato in Figura 7, con elementi su due livelli che impegnano l'intero coronamento della struttura di appoggio, verrà infine denominato *B-F2*.

Lo scanno di imbasamento presentava un'altezza, h_m di 0,22 m; la pendenza dei paramenti, $tga_{off} = tga_{in}$, è di 1:2 e la larghezza in cresta era pari a 1 m. Il materiale granulare utilizzato per la realizzazione del modello, scelto in base alla disponibilità del laboratorio, era caratterizzato da un $D_{50} = 9,6$ mm per il nucleo e $D_{50} = 36,6$ mm per i due strati di mantellata. La permeabilità nominale dell'ammasso (van der Meer 1988) era dunque pari a 0.5.

Potrebbe essere utile sottolineare che la gettata presentava un'elevata sommergenza, essendo il coronamento almeno 13 cm al disotto del livello di riposo (si veda la Tab. 2 riportata successivamente). Per questo motivo la struttura è risultata idraulicamente stabile nonostante le dimensioni dei massi di mantellata fossero

relativamente contenuti (numero di stabilità massimo 3,7).

In Tabella 2, per ciascuna configurazione sono riportati:

- il numero di file, n , disposte in sommità dell'opera nella direzione di propagazione del moto ondoso;
- la profondità del fondale al piede dell'opera, d ;
- l'altezza d'onda significativa incidente, H_{si} ;
- il periodo di picco T_p .

Tabella 2 - Caratteristiche idrauliche misurate per dati QUCERL.

Configurazioni	n	d (m)	H_{si} (m)	T_p (sec)
<i>BS-3</i> (54 dati)	3	0,35, 0,40, 0,45	0,05, 0,10, 0,15, 0,20	1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5
<i>BS-2</i> (60 dati)	4	0,21, 0,23, 0,26, 0,30	0,05, 0,10, 0,15, 0,20	1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5
<i>B-F2</i> (49dati)	4	0,43, 0,47, 0,53, 0,60	0,05, 0,10, 0,15, 0,20	1, 1,5, 2, 2,5
<i>B-F1</i> (56 dati)	5	0,35, 0,39, 0,44, 0,50	0,05, 0,10, 0,15, 0,20	1, 1,5, 2, 2,5
<i>B-P1</i> (56 dati)	3	0,35, 0,39, 0,44, 0,50	0,05, 0,10, 0,15, 0,20	1, 1,5, 2, 2,5

Il limite strutturale di questo insieme di dati è che il numero di file impiegate per ciascuna configurazione è invariante, cosicché l'effetto della larghezza dell'opera non può essere studiato in maniera adeguata. Inoltre tra le configurazioni analizzate non vi è quella più frequentemente adoperata nella pratica progettuale che prevede gli elementi posizionati su un unico livello direttamente sul fondale (Figg. 1b e 2b). Queste due criticità sono in parte compensate dai *test* ERDC/CHL descritti nel paragrafo seguente.

I dati ERDC/CHL

L'indagine sperimentale svolta presso l'*Engineering Research and Development Center Coastal and Hydraulics Laboratory di Vicksburg* (Missisipi, USA) è stata eseguita all'interno di un bacino ad onde lungo 51,82 m, lar-

go 30,48 m e profondo 1,21 m. L'impianto è dotato di un generatore direzionale di moto ondoso, per un fronte complessivo di 27 m circa. All'interno della vasca, a 15 m dall'ondogeno, è stato ricavato un canale largo 2,44 m e lungo 20,73 m. Il proposito degli esperimenti era quello di accompagnare la progettazione di una barriera sommersa in elementi *Reef Ball*, destinata a proteggere la spiaggia prospiciente la 63rd St. di Miami Beach (Florida) soggetta ad un processo di erosione strutturale (Fig. 8). Come vedremo meglio di seguito, nei *test* è stata impiegata unicamente la classica configurazione con elementi monolivello adagiati sul fondo ed è stata studiata l'influenza del numero di file e della spaziatura tra i moduli sul coefficiente di trasmissione. All'interno del canale di partizione è stata riprodotta la batimetria del sito di studio (Fig. 9). Dopo uno scivolo di raccordo con il bacino, lungo 1,22 m, è stata realizzata, mediante elementi metallici, una spiaggia a pendenza variabile lunga complessivamente 20 m. Il profilo di questa comprendeva tre tratti di pendenza rispettivamente pari a 1:20, 1:250 e 1:7,5.

Gli elementi utilizzati durante le prove sperimentali sono modelli in scala 1:10 dei *Goliath Ball* (Tab. 1). Questi sono stati disposti secondo file parallele, con la prima fila posta in corrispondenza della sezione in cui la pendenza della batimetria passava da un valore di 1:20 ad uno di 1:250 (Fig. 9). Sono state ottenute sei configurazioni, facendo variare (Fig. 10):

- la spaziatura tra i moduli in senso *crossward* (direzione parallela a quella di propagazione del moto ondoso);
- la spaziatura tra i moduli in senso *alongward* (direzione perpendicolare alla precedente);
- l'allineamento delle unità in senso *crossward*.

Procedendo con maggiore dettaglio, la configurazione che indicheremo con l'acronimo *BS-1a* comprende 10 unità in senso *alongward*, distanziate l'una dall'altra da circa 5,5 cm, e un numero di file *crossward* variabile da 1 a 7. Ciascuna fila *crossward* è stata aggiunta in modo tale che gli spazi tra due elementi contigui in senso *alongward* risultino sfalsati rispetto alla fila precedente.

La Tabella 3 riporta il numero di file impiegato, la profondità del fondale e i parametri ondosi di riferimento. Si noti che l'altezza d'onda significativa "incidente" si intende decurtata dalle componenti riflesse originate dalle strutture.

Rimuovendo le file di ordine pari dalla configurazione *BS-1a*, è stata ottenuta la configurazione *BS-1b* (Tab. 4), in cui gli elementi delle righe trasversali sono perfettamente allineati.



Figura 8 - Spiaggia della 63rd St. di Miami Beach.

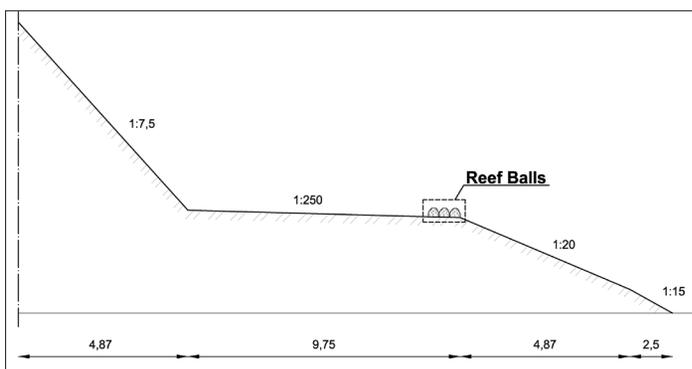


Figura 9 - Riproduzione in canale della batimetria della 63rd St. di Miami Beach.

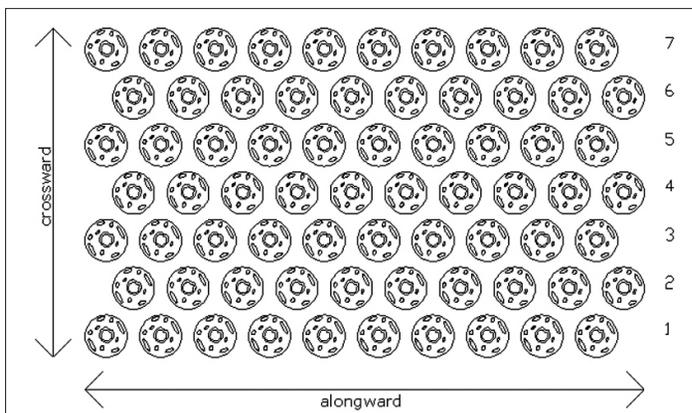


Figura 10 - Definizione delle direzioni *crossward* e *alongward*.

Tabella 3 - Geometrie afferenti alla *BS-1a* e caratteristiche idrauliche misurate.

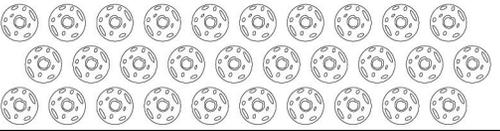
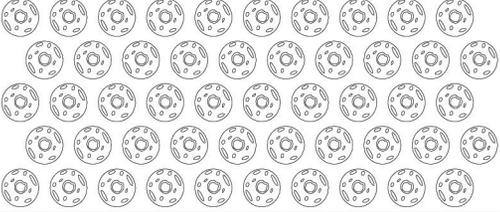
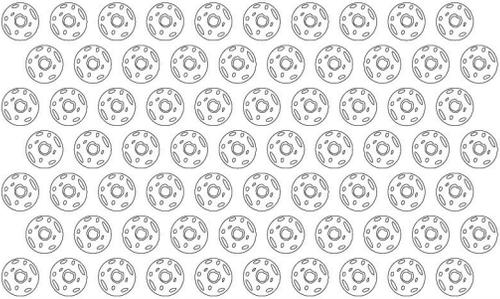
<i>BS-1a</i> (28 dati)	<i>n</i>	<i>d</i> (m)	<i>H_{si}</i> (m)	<i>T_p</i> (sec)
 1	1	0,183	0,076 0,152	1,58 2,53
 3 2 1	3	0,183 0,256	0,076 0,152	1,58 2,53
 5 4 3 2 1	5	0,183 0,256	0,076 0,152	1,58 2,53
 7 6 5 4 3 2 1	7	0,183 0,256	0,076 0,152	1,58 2,53

Tabella 4 - Geometrie afferenti alla *BS-1b* e caratteristiche idrauliche misurate.

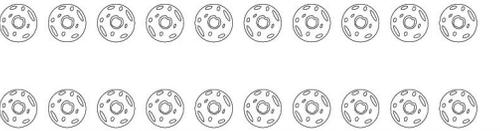
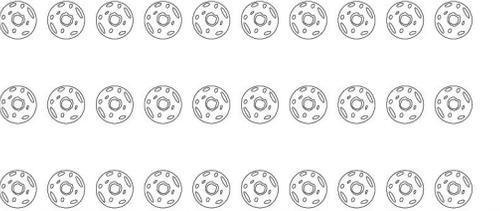
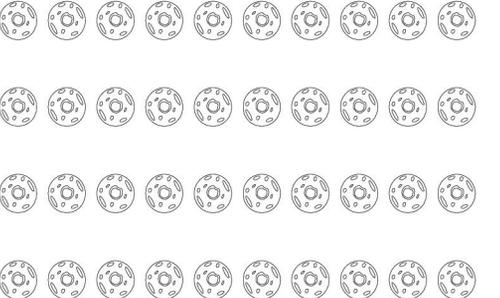
<i>BS-1b</i> (12 dati)	<i>n</i>	<i>d</i> (m)	<i>H_{si}</i> (m)	<i>T_p</i> (sec)
 3 1	2	0,183	0,076 0,152	1,58 2,53
 5 3 1	3	0,183	0,076 0,152	1,58 2,53
 7 5 3 1	4	0,183	0,076 0,152	1,58 2,53

Tabella 5 - Geometrie afferenti alla *BS-1c* e caratteristiche idrauliche misurate.

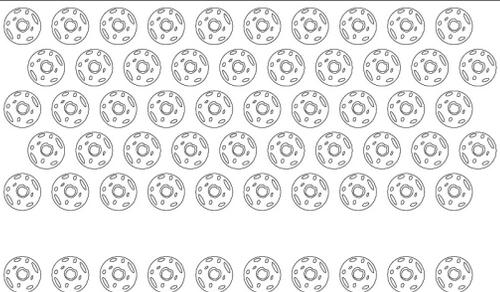
<i>BS-1c</i> (4 dati)	<i>n</i>	<i>d</i> (m)	<i>H_{si}</i> (m)	<i>T_p</i> (sec)
 7	6	0,183	0,076 0,152	1,58 2,53
 6				
 5				
 4				
 3				
 2				
 1				

Tabella 6 - Geometrie afferenti alla *BS-1d* e caratteristiche idrauliche misurate.

<i>BS-1d</i> (12 dati)	<i>n</i>	<i>d</i> (m)	<i>H_{si}</i> (m)	<i>T_p</i> (sec)
 5	3	0,183	0,076 0,152	1,58 2,53
 3				
 1				
 7	4	0,183 0,256	0,076 0,152	1,58 2,53
 5				
 3				
 1				

Tabella 7 - Geometrie afferenti alla *BS-1e* e caratteristiche idrauliche misurate.

<i>BS-1e</i> (4 dati)	<i>n</i>	<i>d</i> (m)	<i>H_{si}</i> (m)	<i>T_p</i> (sec)
 3	3	0,183	0,076 0,152	1,58 2,53
 2				
 1				

Tabella 8 - Geometrie afferenti alla *BS-1f* e caratteristiche idrauliche misurate.

<i>BS-1f</i> (4 dati)	<i>n</i>	<i>d</i> (m)	<i>H_{si}</i> (m)	<i>T_p</i> (sec)
 7	4	0,183	0,076 0,152	1,58 2,53
 5				
 3				
 1				

La configurazione *BS-1c*, mostrata in Tabella 5, è stata ottenuta eliminando la seconda fila dello schema *BS-1a* con $n = 7$.

La configurazione *BS-1d* (Tab. 6) è di fatto identica alla *BS-1b*, salvo che gli elementi delle file non sono allineati in senso trasversale.

La configurazione *BS-1e*, riportata in Tabella 7, è caratterizzata da tre file perfettamente serrate, sia in senso *crossward* sia in senso *alongward*, e disposte in modo che i centri delle unità di due file consecutive non risultino allineati.

La configurazione *BS-1f* (Tab. 8) è ottenuta dalla configurazione *BS-1b* a quattro file dimezzando il numero degli elementi *alongward*.

Il calcolo del coefficiente di trasmissione mediante la formula di Armono (2003)

L'obiettivo di questo lavoro è quello di proporre un modello per la previsione del coefficiente di trasmissione a tergo di barriere sommerse realizzate in elementi *Reef Ball*, che sia uniformemente valido per l'insieme delle configurazioni strutturali descritte nel corso del paragrafo precedente.

Dovendo procedere alla scelta della forma funzionale, appare naturale iniziare dall'unica equazione sin qui proposta specificamente per queste unità, ovvero la formula di Armono (2003). Muovendo dall'analisi dei dati QUCERL, l'Autore pervenne alla seguente espressione:

$$K_t = \frac{1}{1 + A \left(\frac{H_{si}}{gT_p^2} \right)^{0,901} \left(\frac{B_{bR}}{gT_p^2} \right)^{-0,413} \left(\frac{h_s}{B_{bR}} \right)^{-1,013} \left(\frac{h_s}{d} \right)^{4,392}} \quad (1)$$

in cui, oltre alle quantità già introdotte:

A è un parametro di scala, dell'ordine di 10, variabile a seconda delle configurazioni;

B_{bR} è pari alla somma dei diametri di base dei *Reef Ball* del livello più basso per le configurazioni *BS*, ed alla larghezza del coronamento dello scanno di appoggio per le configurazioni *B*;

h_s è l'altezza dell'opera.

In pratica per le diverse geometrie esaminate, gli esponenti dei raggruppamenti adimensionali al secondo membro dell'Equazione (1) rimangono costanti, mentre cambia il parametro di scala. I valori di quest'ultimo sono riassunti in Tabella 9 per tutte le configurazioni QUCERL.

Per rendere più agevole il confronto con i dati, è utile sottolineare che l'Equazione (1) può essere riscritta in termini lineari come:

Tabella 9 - Valori dei parametri di scala A per le configurazioni QUCERL.

Configurazioni	A
BS-2	10,719
BS-3	7,949
B-F2	15,318
B-F1	14,527
B-P1	14,527

$$Y = 1 + AX \quad (2)$$

in cui:

$$\begin{cases} Y = \frac{1}{K_t} \\ X = \left(\frac{H_{si}}{gT_p^2} \right)^{0,901} \left(\frac{B_{bR}}{gT_p^2} \right)^{-0,413} \left(\frac{h_s}{B_{bR}} \right)^{-1,013} \left(\frac{h_s}{d} \right)^{4,392} \end{cases} \quad (3)$$

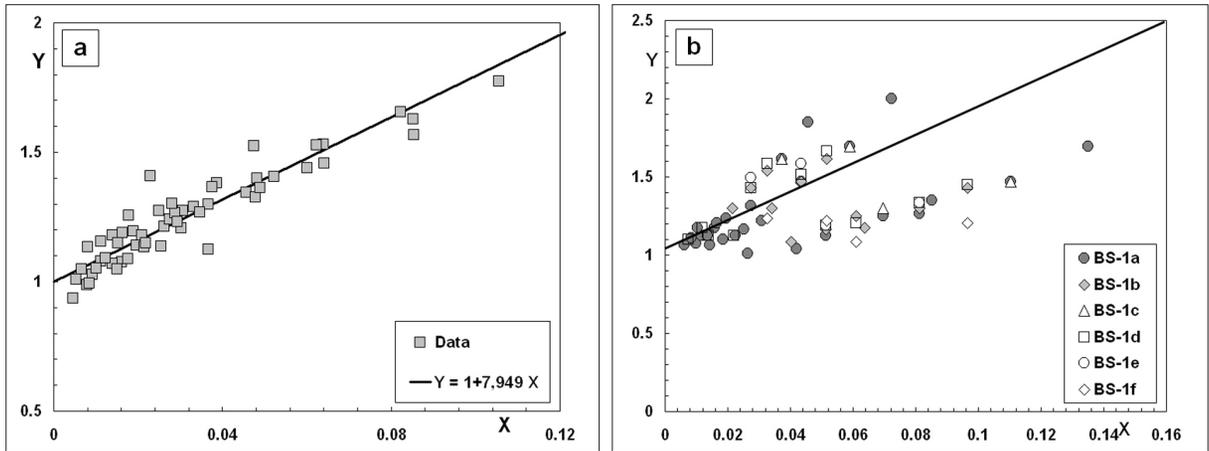


Figura 11 - (a) Confronto tra il modello di previsione del K_p proposto da Armonio e i dati QUCERL; (b) Confronto tra il modello di previsione del K_p proposto da Armonio e i dati del ERDC/CHL.

Così nel piano delle variabili trasformate (X - Y), il modello di Armonio descrive una retta di intercetta unitaria e coefficiente angolare pari ad A .

Dall'esame delle Figure 11 e 12 si ricava immediatamente che, al contrario di quanto accade per i dati QUCERL (Fig. 11a), l'Equazione (2) non interpreta in maniera soddisfacente l'andamento degli esperimenti ERDC/CHL. Questi ultimi infatti, riportati sul piano ausiliario, mostrano o un'evidente divaricazione dei dati (Fig. 11b), o addirittura un'assenza di correlazione tra la variabile indipendente e quella dipendente (Fig. 12).

E' interessante sottolineare come nel caso di Figura 11b, l'andamento divergente si osservi anche per gruppi di dati appartenenti ad uno stesso layout (ad es. *BS-1a*), indicando una sofferenza del modello funzionale indipendente dalla scelta del parametro di scala.

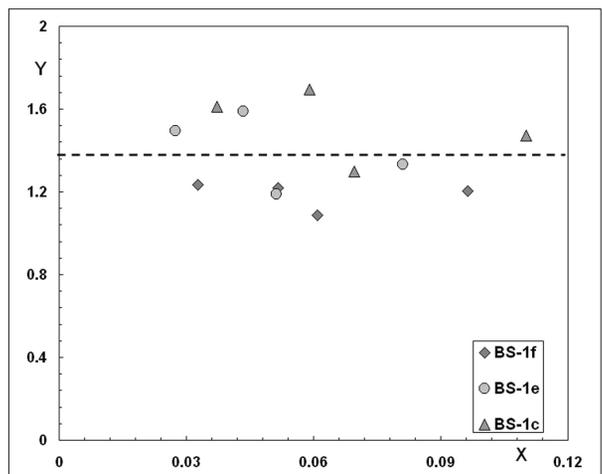


Figura 12 - Applicazione del modello di previsione di Armonio alle configurazioni *BS-1f*, *BS-1c*, *BS-1e* e *BS-1c*.

I motivi di questo deficit previsionale non possono essere interamente discussi in questa sede; un'analisi approfondita è proposta in Del Vita (2012). Basterà tuttavia sottolineare che nei dati QUCERL la larghezza delle strutture B_{bR} era ovunque pari a 1 m e che per ciascuna delle configurazioni esaminate l'altezza della struttura, h_s , era costante. Ne discende che il rapporto (h_s/B_{bR}) è di fatto un'invariante per ciascuna configurazione, mentre B_{bR}/gT_p^2 , rapporto tra la larghezza della struttura e la lunghezza d'onda di largo, dipende unicamente dalle variazioni di periodo. A proposito di quest'ultima variabile, si noti che secondo l'Equazione (1) il coefficiente di trasmissione cresce con B_{bR}/gT_p^2 , mentre appare acquisito che una maggiore larghezza relativa della struttura conduca ad una riduzione del K_p , in ragione dell'incremento di dissipazione energetica.

Per queste ragioni nel prossimo paragrafo si esaminerà la possibilità di adattare ai dati sperimentali un modello differente. Tra le numerose forme funzionali proposte in letteratura per le barriere sommerse tradizionali si è scelta quella suggerita da Buccino e Calabrese (2007 a). Questo modello muove da una schematizzazione semplificata dei fenomeni fisici che governano il processo di trasmissione, e per questo motivo è stato indicato dagli Autori come "approccio concettuale di previsione" (*Conceptual Approach, CA*). La particolarità del *CA* risiede nel fatto che le equazioni del modello di previsione sono state dedotte per via teorica, cosicché obiettivo secondario dell'analisi sarà quello di verificare se e fino a che punto le ipotesi alla base del modello possono considerarsi soddisfatte.

Il Conceptual Approach (CA)

Generalità

Il Conceptual Approach per barriere sommerse muove dall'equazione di bilancio dell'energia:

$$\frac{dPle}{db} = \Delta \quad (4)$$

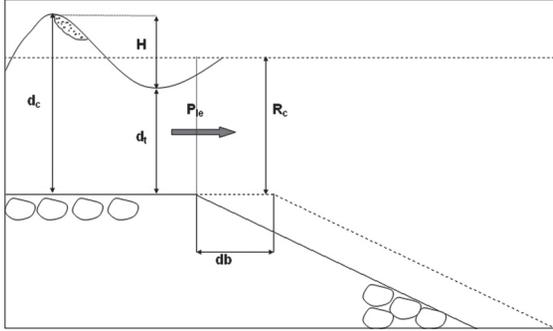


Figura 13 - Schema di base del Conceptual Approach.

Come suggerito dalla Figura 13, Ple rappresenta il flusso di energia ondosa per unità di larghezza in corrispondenza dello spigolo interno (lato protetto) della cresta e db è un incremento infinitesimo di quest'ultima. Δ rappresenta la potenza media dissipata sull'unità di area orizzontale. In definitiva l'Equazione (4) porge che la variazione del flusso energetico trasmesso per effetto di un incremento db della larghezza del coronamento è pari, come è ovvio, alla potenza dissipata sull'area $1 \times db$.

Nell'approccio CA la sorgente dominante di dissipazione è il frangimento. Quest'ultimo è modellato con la tecnica del risalto idraulico mobile (Bore), originariamente introdotta da Le Mehauté (1962) e successivamente ripresa da numerosi autori quali Battejes e Stieve (1985), Thornton e Guza (1983) e Svendsen e Petrevu (1993). Così Δ assume la forma (si veda Buccino e Calabrese 2007 a):

$$\Delta = -\Phi \frac{\rho g}{4} \frac{H^3 le}{R_c \cdot T \cdot \left(1 + \frac{H le}{R_c}\right)} \quad (5)$$

in cui H_{le} è l'altezza d'onda in corrispondenza dello spigolo interno del coronamento ed R_c è la sommergenza geometrica, differenza tra la profondità del fondale (d) e l'altezza della struttura, (h_s), da assumersi positiva. Φ è un coefficiente adimensionale dell'ordine di 1 che dipende dalla tipologia del frangimento.

Sostituendo nell'Equazione (4) si perviene, dopo numerosi passaggi, alla seguente equazione differenziale, che lega il coefficiente di trasmissione, K_t , alle principali variabili di natura idraulica e strutturale, quali l'altezza d'onda incidente, H_i , la lunghezza d'onda di largo, L_0 e la quota di sommergenza, R_c :

$$\frac{dK_t^2}{db} \cong -\frac{1}{G'} \frac{K_t^{5/2}}{\sqrt{H_i L_0}} \left(\frac{H_i}{R_c}\right) \frac{1}{\left(1 + \frac{\lambda R_c}{K_t H_i}\right)^{0.5} \left(1 + \frac{K_t H_i}{\lambda R_c}\right)} \quad (6)$$

In questa espressione G' rappresenta un coefficiente globale di dissipazione, ancora sostanzialmente funzione delle caratteristiche del frangimento, che ingloba numerose costanti adoperate nei calcoli. λ è un coefficiente, con valori prossimi all'unità, che tiene conto in maniera semplificata delle modificazioni subite dal moto ondoso nel suo passaggio dalla cresta dell'opera al piede interno nell'area protetta. Può essere utile sottolineare che nella sua formulazione originaria per strutture tradizionali, il CA supponeva che le barriere fossero trapezoidali.

L'Equazione (6) presenta due soluzioni asintotiche, una per strutture molto sommerse ($R_c/H_i \gg 1$) ed una per strutture con livello di cresta prossimo al livello medio mare ($R_c/H_i \ll 1$).

Nel primo caso si ottiene la seguente relazione:

$$K_t = \frac{1}{(K_{t,0})^{-1} + G'_1 \frac{B}{\sqrt{H_i L_0}} \left(\frac{H_i}{R_c}\right)^{1.5}} \quad (7)$$

dove, accanto alle variabili già introdotte, B indica la larghezza in cresta della struttura e $K_{t,0}$ il coefficiente di trasmissione per strutture con B nullo, ossia per ostacoli triangolari sommersi.

Nel caso di barriere a piccola sommergezza, la seconda soluzione asintotica risulta essere la seguente:

$$K_t = \left(\sqrt{K_{t,0}} - G' \frac{B}{\sqrt{H_i L_0}} \right)^2 \quad (8)$$

In definitiva, l'Eq. (7) si supporrà valida per rapporti R/H_i superiori ad una certa soglia, γ_1 , mentre l'Equazione (8) sarà appropriata al di sotto di un certo limite, γ_2 . Si noti che ciascuna delle soluzioni limite dipende da due parametri, $K_{t,0}$ e G' (quattro parametri in totale).

In situazioni intermedie viene proposta una semplice interpolazione lineare, ottenendo così la classica relazione:

$$K_t = a \cdot \frac{R_c}{H_i} + b \quad (9)$$

introdotta da van der Meer (1990).

In definitiva avremo:

$$K_t = \begin{cases} \text{Eq.(7)} & \text{per } \frac{R_c}{H_i} \geq \gamma_1 \\ \text{Eq.(8)} & \text{per } \frac{R_c}{H_i} \leq \gamma_2 \\ \text{Eq.(9)} & \text{per } \gamma_2 < \frac{R_c}{H_i} < \gamma_1 \end{cases} \quad (10)$$

Dunque, aggiungendo i due valori di soglia γ_1 e γ_2 i parametri del CA diventano complessivamente sei.

Soluzione calibrata per scegliere tradizionali

Buccino e Calabrese (2007a) analizzarono i dati di circa 1000 esperimenti svolti con onde irregolari in diversi laboratori europei ed americani, calibrando così il CA per gettate tradizionali. Gli Autori fissarono rispettivamente in 0,833 e 0 i valori di γ_1 e γ_2 . Le forme calibrate delle soluzioni asintotiche sono:

$$K_t = \frac{1}{1,18 \cdot \left(\frac{R_c}{H_{si}} \right)^{-0,12} + 0,33 \cdot \left(\frac{R_c}{H_{si}} \right)^{-1,5} \frac{B}{\sqrt{H_{si} L_{p0}}} } \quad \text{per } 0,83 < R_c/H_{si} < 2 \quad (11)$$

e

$$K_t = \left[\min \left(0,74; 0,62 \xi_{0p}^{0,17} \right) - 0,25 \cdot \min \left(2,2; \frac{B}{\sqrt{H_{si} L_{p0}}} \right) \right]^2 \quad \text{per } R_c/H_{si} = 0 \quad (12)$$

dove ξ_{0p} è l'indice di Iribarren:

$$\xi = \frac{\text{tg} \alpha}{\sqrt{\frac{H_{si}}{L_{0,p}}}} \quad (13)$$

Quanto all'interpolazione, i coefficienti a e b dell'Equazione (9) sono tali che b coincide con l'Equazione

(12), mentre per a si ottiene:

$$a = 0,833 \cdot (b - f) \quad (14)$$

con:

$$f = \frac{1}{1,206 + 0,434 \cdot \frac{B}{\sqrt{H_{si} L_{p0}}}} \quad (15)$$

Il modello presenta un indice di determinazione lineare R^2 di poco superiore al 95% ed un errore standard inferiore a 0,05.

A questo punto può essere utile discutere alcuni aspetti. In primo luogo si noti che il CA , originariamente sviluppato per onde regolari, viene applicato a stati di mare irregolari semplicemente impiegando l'altezza d'onda significativa (H_{si}) ed il periodo di picco (T_p).

D'altro canto, nell'Equazione (11) compare un limite superiore di validità corrispondente a $R_c/H_{si} = 2$. Questo valore rappresenta una soglia oltre la quale è ragionevole supporre che le onde frangeranno sulla cresta della barriera; tuttavia gli Autori hanno mostrato empiricamente, adoperando i dati di Seabrook e Hall (1998), che la soluzione può essere applicata per sommergenze maggiori, fino a $R_c/H_{si} = 3$ (Buccino e Calabrese, 2007 b).

Infine la soluzione asintotica di Equazione (12) è "tagliata orizzontalmente" a $B/(H_{si} L_{op})^{0,5} = 2,2$. Questo artificio deriva dal fatto che la legge di variazione teorica del coefficiente di trasmissione con la larghezza relativa del coronamento è di tipo parabolico. Pertanto dopo aver raggiunto un punto di nullo K_t tenderebbe, per strutture ampie, a crescere in modo irrealistico. Si è preferito così troncare la soluzione al valore di 2,2 rinunciando a descrivere nel dettaglio la trasmissione per larghezze di coronamento molto grandi, dove peraltro K_t attinge valori di poche unità percentuali.

Conceptual Approach per barriere sommerse in elementi Reef Ball

La calibrazione del modello CA per il caso di barriere sommerse in elementi Reef Ball verrà discussa in questo paragrafo adoperando in un primo momento le sole configurazioni alloggiate sul fondale (configurazioni BS). Il caso di unità sulla cresta di una gettata, che è di fatto una situazione intermedia tra le geometrie BS e le barriere tradizionali, verrà affrontato semplicemente modificando, ove necessario, le equazioni calibrate per queste due configurazioni.

Soluzione per le configurazioni BS

Ridefinizione delle variabili

Le differenti caratteristiche delle barriere sommerse tradizionali rispetto a quelle in moduli Reef Ball, e la stessa eterogeneità delle configurazioni costituenti il presente data-base, hanno reso necessario la ridefinizione delle principali variabili strutturali coinvolte nel processo di trasmissione. Questa operazione, che precede la vera e propria calibrazione, presenta un certo grado di soggettività, ma si è rivelata comunque importante ai fini dello sviluppo di un modello unitario di previsione.

Definiremo innanzitutto l'estensione teorica di sommità, B_t , come la larghezza della porzione meno sommersa dell'opera, misurata senza tener conto del distanziamento eventuale tra le unità. Per le configurazioni $BS-2$, in cui gli elementi superiori rivolgono la base maggiore verso l'alto, si avrà ovviamente (Fig. 1d):

$$B_t - nD_R \quad (16)$$

mentre per le configurazioni $BS-1$ e $BS-3$ (Fig. 1b):

$$B_t - (n - 1)D_R \quad (17)$$

Accanto a B_t , è stata poi introdotta un'altezza strutturale equivalente, h_{se} . Per le configurazioni $BS-1$,

quest'ultima può essere assunta coincidente con l'altezza delle unità modulari ($h_{se} = h_{RB}$) (Fig. 1b). Al contrario per la configurazione BS-2, in cui il secondo livello rivolge la parte cava verso l'alto, è ragionevole ipotizzare che il reale tirante idrico sul quale il moto ondosivo evolve quando attraversa la cresta dell'opera sia maggiore della semplice sommergenza geometrica R_c (differenza tra la profondità del fondale, d , e l'altezza reale della struttura, h_s , Fig. 14); in particolare si può supporre che esso sia compreso tra R_c ed $R_c + h_{RB}$ (Fig. 1d).

Seguendo questo ragionamento, l'altezza del secondo livello modulare è stata virtualmente dimezzata, cosicché l'altezza strutturale equivalente diviene:

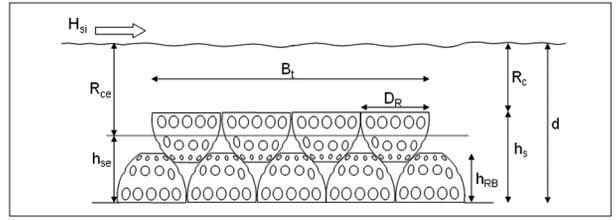


Figura 14 - Variabili ridefinite per BS-2 .

$$h_{se} = 2\varphi_p h_{RB} - 0,5h_{RB} = (2\varphi_p - 0,5)h_{RB} \quad (18)$$

in cui il coefficiente di "thickness" φ_p , pari al rapporto tra l'altezza totale della struttura e 2 volte l'altezza dei moduli (h_{RB}), tiene conto delle eventuali sovrapposizioni delle unità in senso verticale.

Infine per la configurazione BS-3 l'altezza strutturale equivalente è stata calcolata semplicemente aggiungendo l'altezza di un'unità all'Eq. (18):

$$h_{se} = (2\varphi_p - 0,5)h_{RB} + h_{RB} = (2\varphi_p + 0,5)h_{RB} \quad (19)$$

Naturalmente, come già sottolineato in precedenza, la ridefinizione dell'altezza della struttura implica una variazione nel calcolo della sommergenza. Si ha infatti:

$$R_{ce} = d - h_{se} \quad (20)$$

con R_{ce} quota di sommergenza equivalente.

Calibrazione della soluzione asintotica per piccole sommergenze

Adoperando le variabili trasformate $X = B_t / (H_{si} L_{op})^{0,5}$ e $Y = K_t^{1/2}$, l'Eq.(8) diviene una forma lineare di cui l'indice di dissipazione G_2 rappresenta il coefficiente angolare. I dati sperimentali sono stati riportati sul piano ausiliario X - Y e la bontà dell'adattamento è stata studiata sia verificando visivamente la linearità del legame, sia calcolando l'indice di determinazione R^2 . L'accordo è risultato soddisfacente per $R_{ce} / H_{si} \leq 0,4$, dove per le singole serie a disposizione R^2 superava 0,90.

Nel complesso però i dati sperimentali continuavano a mostrare una certa eterogeneità legata alle diverse configurazioni. La via più diretta per risolvere questo problema e ricondursi ad uno schema unitario di previsione, sarebbe quella di definire un coefficiente di dissipazione diverso per ciascuna geometria; tuttavia in questo lavoro si è preferito, in modo del tutto equivalente, applicare dei coefficienti correttivi alla larghezza del coronamento B_p , in maniera da ottenere un'unica retta nel piano X - Y . Si è definita così una estensione di cresta equivalente:

$$B_t^* = \nu \cdot B_t \quad (21)$$

con ν variabile, secondo la Tabella 10, in funzione della disposizione planimetrica delle unità RB . In particolare nel caso in cui gli elementi sono disposti su di un unico livello e con file serrate (BS1-e), il coefficiente proposto assume un valore unitario, per poi ridursi fino ad un valore di 0,6 e di 0,25 rispettivamente nei casi in cui i moduli sono distanziati meno (BS1-a) o più (BS1-f) di un D_R in senso longitudinale. Questo è probabilmente connesso ad un'attenuazione dei vortici dovuta ad un incremento medio di profondità. Inoltre è possibile osservare che il coefficiente correttivo ν non risente delle variazioni dell'interasse in direzione cross-shore probabilmente poiché la larghezza in cresta presenta un'estensione limitata se confrontata alla lunghezza d'onda.

Nel caso in cui i Reef Ball sono disposti su più livelli (dati QUCERL), il coefficiente correttivo assume valori maggiori dell'unità. Una probabile spiegazione è l'effetto del macro-roughness che determina, all'aumentare dei livelli della struttura, un incremento dei vortici. In particolare ν assume valori di 1,4 per la configurazione BS-3 e 1,5 per la configurazione BS-2. Sebbene tali valori sembrerebbero contraddittori con quanto sopra riportato, una ragionevole spiegazione sembrerebbe essere connessa alla maggiore capacità dissipativa del secondo livello, costituito da moduli con la base rivolta verso l'alto, rispetto agli altri.

La Figura 15 mostra come l'introduzione dell'estensione di cresta equivalente consenta di raggruppare i dati in maniera soddisfacente intorno alla retta di equazione:

Tabella 10 - Valori del coefficiente correttivo ν .

Configurazioni	ν	
ERDC/CHL	BS-1a	0,6
	BS-1b	0,6
	BS-1c	0,6
	BS-1d	0,6
	BS-1e	1
	BS-1f	0,25
QUCERL	BS-3	1,4
	BS-2	1,5

$$\sqrt{K_t} = -0,2469 \frac{B_t^*}{\sqrt{H_{si}L_{0p}}} + 0,9474 \tag{22}$$

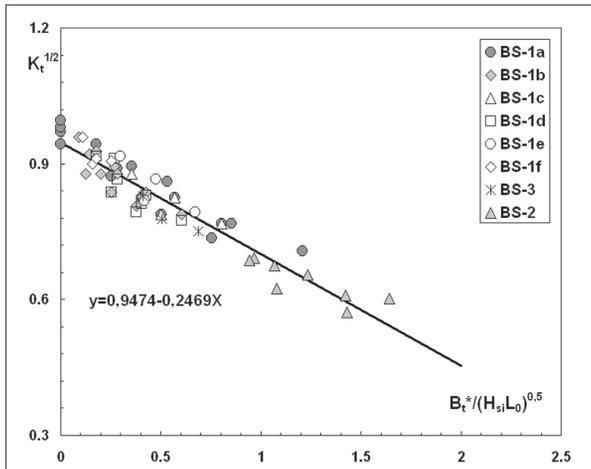


Figura 15 - Applicazione ai dati ERDC/CHL e QUCERL della soluzione limite per $R_{ce}/H_{si} \leq 0,4$.

Si noti come il coefficiente medio di dissipazione (0,2469) sia praticamente identico a quello stimato per le gettate tradizionali (0,25). L'indice di determinazione è risultato lievemente superiore a 0,90, valore che indica una soddisfacente capacità previsionale.

Poiché la forma funzionale dell'Eq.(22) è stata dedotta almeno in parte per via teorica, è interessante verificare se i dati sperimentali ne contraddicano le ipotesi principali, ed in particolare:

- la linearità tra $(K_t)^{1/2}$ e $B_t^*/(H_{si}L_{0p})^{0,5}$;
- l'indipendenza del coefficiente di trasmissione dalla quota di coronamento R_{ce} .

Così, i residui dell'Equazione (22)

$(\sqrt{K_{t,calc}} - \sqrt{K_{t,mis}})$ sono stati diagrammati in

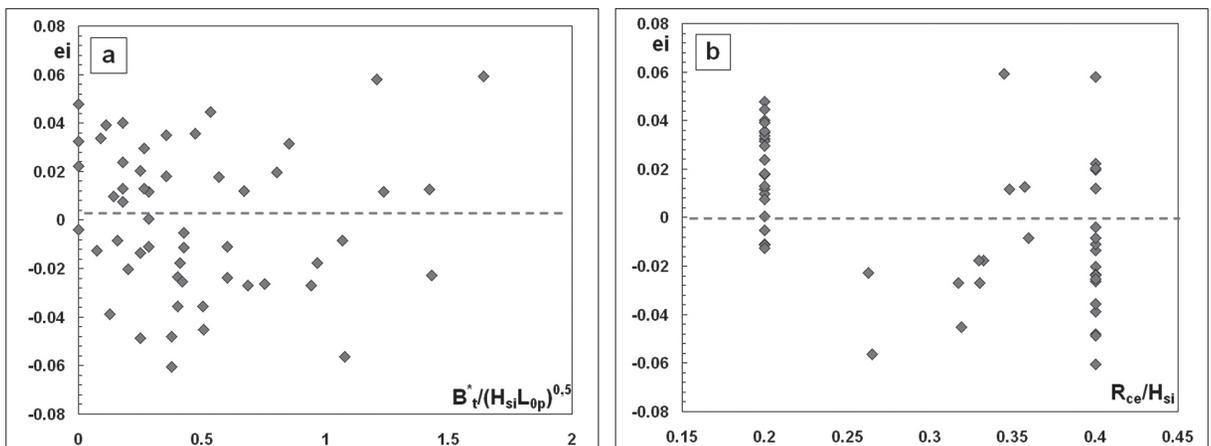


Figura 16 - Andamento dei residui in funzione della variabile $B_t^*/(H_{si}L_{0p})^{0,5}$ (a); ed in funzione del rapporto R_{ce}/H_{si} (b).

funzione delle variabili $B_t^*/(H_{si}L_{0p})^{0,5}$ (Fig. 16a) ed R_{ce}/H_{si} (Fig. 16b). L'assenza di tendenze evidenti nei due "scatter plot" non consente di confutare le ipotesi di partenza, sebbene l'esiguità dei dati a disposizione (in particolare per quanto riguarda la quota di sommersenza relativa) sia tale da richiedere ulteriori verifiche di carattere sperimentale. Di conseguenza il modello di Eq.(22) può considerarsi approssimativamente corretto per i dati qui esaminati.

Calibrazione della soluzione asintotica per grandi sommersenze

A differenza dell'Equazione(8), l'Equazione(7) dipende esplicitamente anche dalla sommersenza relativa R_{ce}/H_{si} .

Nel caso delle gettate tradizionali, l'adattamento dei dati sperimentali e la definizione del valore di soglia γ_l sono stati studiati impiegando come insieme di calibrazione i dati di Seabrook e Hall (1998). Questi ultimi, oltre alla rilevante numerosità, sono caratterizzati dal fatto che gli esperimenti sono stati ripetuti variando la larghezza del coronamento all'interno di un intervallo piuttosto ampio e mantenendo costanti sommersenza e caratteristiche ondose. Ciò ha consentito di studiare separatamente l'influenza delle due variabili principali. Non avendo a disposizione un *data set* simile, l'approccio seguito in questo lavoro è stato di tipo differente. Notiamo innanzitutto che anche l'Equazione (7) può essere ricondotta ad una forma lineare, mediante le variabili ausiliarie:

$$Y = \frac{1}{K_t} \tag{23}$$

$$Z = \left(\frac{H_{si}}{R_c}\right)^{1,5} \frac{B_t^*}{\sqrt{H_{si}L_{0p}}} \tag{24}$$

si ha in questo modo:

$$Y = A + BZ \tag{25}$$

Così, l'adattamento dei dati sperimentali può essere nuovamente ricondotto alla verifica della sussistenza di un legame lineare tra le variabili trasformate.

I dati, divisi in gruppi caratterizzati dall'aver "indici di frangimento" H_{si}/R_{ce} compresi in intervalli assegnati (tra 0,3 e 0,4, tra 0,4 e 0,5, e così via), sono stati progressivamente disposti sul piano Y-Z, verificando la linearità del legame e stimando la

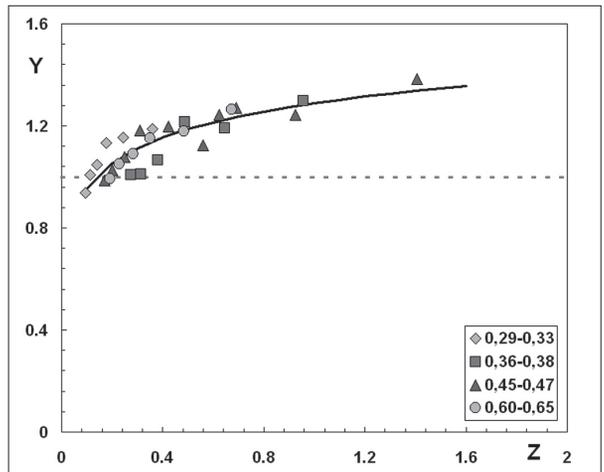


Figura 17 - Andamento dei dati sperimentali nel piano delle variabili trasformate (Z;Y) per $0,29 \leq H_{si}/R_{ce} < 0,68$.

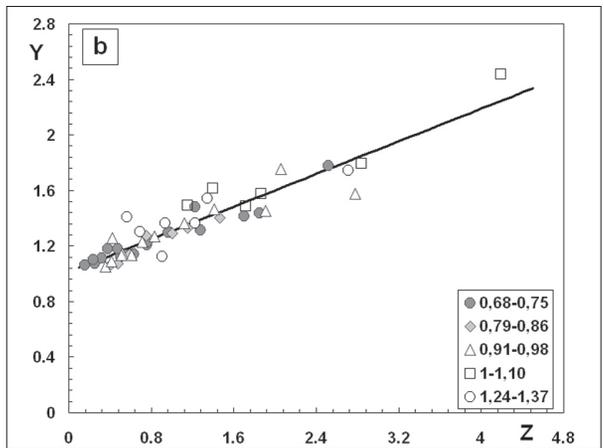
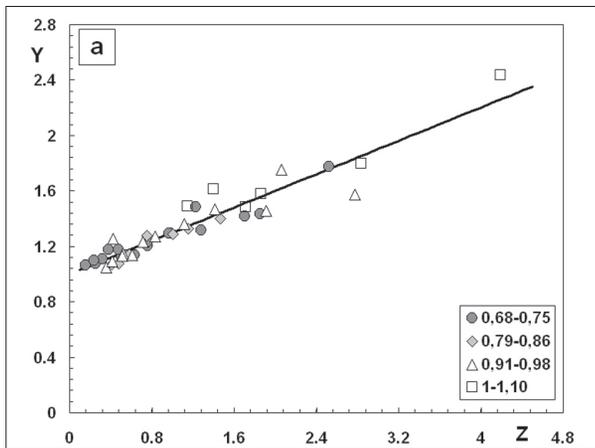


Figura 18 - (a) Andamento dei dati sperimentali nel piano delle variabili trasformate (Z;Y) per $0,68 \leq H_{si}/R_{ce} \leq 1,10$; (b) andamento dei dati sperimentali nel piano delle variabili trasformate (Z;Y) per $0,68 \leq H_{si}/R_{ce} \leq 1,4$.

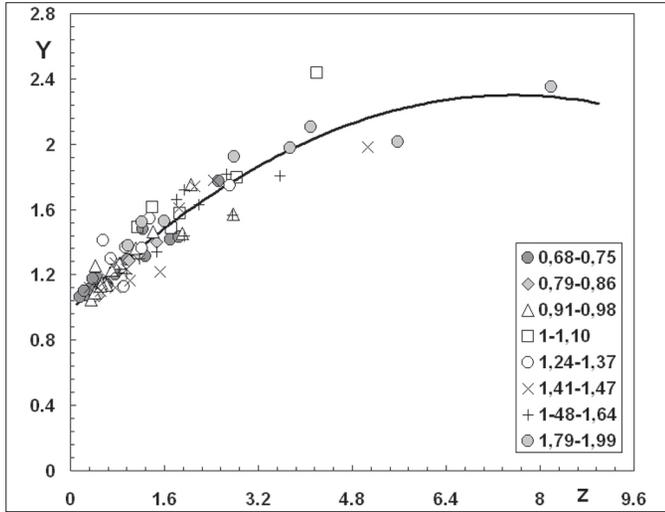


Figura 19 - Andamento dei dati sperimentali nel piano delle variabili trasformate (Z;Y) per $0,68 \leq R_{ce}/H_{si} \leq 1,99$.

bontà dell'adattamento mediante R^2 . Come è evidente dalla Figura 17, per $0,29 \leq H_{st}/R_{ce} \leq 0,68$ la linearità non sussiste; ciò è in parte atteso, in quanto per questi valori la probabilità di frangimento è relativamente bassa.

Per indici di frangimento compresi tra 0,68 e 1,1 (Fig. 18.a, $R^2 = 0,90$) l'ipotesi di linearità appare ragionevolmente verificata. Essa rimane grossomodo accettabile sino ad $H_{st}/R_{ce} = 1,40$ (Fig. 18.b, $R^2 = 0,88$), mentre per valori maggiori la curvatura dei dati appare di nuovo evidente (Fig. 19).

Sulla base delle considerazioni precedenti, la sommergenza relativa di soglia per l'applicazione della prima soluzione asintotica (γ_l) è stata fissata ad 1,4. La forma calibrata dell'Eq.(7) è dunque:

$$K_t = \frac{1}{1 + 0,3002 \left(\frac{H_{si}}{R_{ce}} \right)^{1,5} \frac{B_t^*}{\sqrt{H_{si} L_{0p}}}} \quad (26)$$

con R^2 prossimo a 0.9 e residui a distribuzione normale.

Ancora una volta il coefficiente di dissipazione (0,3) è molto prossimo a quello stimato per le barriere sommerse tradizionali (0,33); si noti infine che nell'equazione precedente la variabile γ_l comprende i coefficienti correttivi ν introdotti nel paragrafo precedente.

Volendo ora verificare le ipotesi principali alla base di questa soluzione, ci chiediamo se esistano le condizioni per negare che il coefficiente di trasmissione dipenda dalla potenza di ordine 1,5 dell'indice di frangimento H_{st}/R_{ce} e dalla prima potenza della larghezza strutturale relativa.

A tal fine, la soluzione asintotica è stata trasformata nella seguente relazione lineare:

$$Y' = m + nX' + qX'' \quad (27)$$

in cui:

$$Y' = \left(\frac{1}{K_t - 1} \right) \quad (28)$$

$$X' = \ln \left(\frac{H_{si}}{R_{ce}} \right) \quad (29)$$

$$X'' = \ln \left(\frac{B_t^*}{\sqrt{H_{si} L_{0p}}} \right) \quad (30)$$

Se le ipotesi del modello fossero corrette, il coefficiente n non dovrebbe essere lontano dal valore di 1,5, mentre q dovrebbe essere prossimo all'unità. E' stata quindi condotta un'analisi di regressione, i cui risultati sono sintetizzati in Tabella 11.

Tabella 11 - Analisi di regressione per $H_{si}/R_{ce} < 1,4$.

	I	II	III	IV	V	VI
	Coefficienti	Errore standard	Stat t	Valori di significatività	Inf. 2,5%	Sup. 97,5%
m	-1,187	0,0526	-22,587	$7,01 \times 10^{-27}$	-1,293	-1,081
n	1,736	0,234	7,4316	$1,82 \times 10^{-09}$	1,266	2,206
q	0,950	0,069	13,7054	$4,91 \times 10^{-18}$	0,811	1,090

I valori della *statistica t*, largamente maggiori di 2 in valore assoluto, confermano che entrambe le variabili (X' ed X'') sono significative per la stima Y' .

Dalle colonne V e VI si deduce poi immediatamente che ad un livello di significatività del 5%, n è compreso tra 1,26 e 2,20, mentre q giace nell'intervallo 0,81-1,09. Poichè i valori teorici (1,5 ed 1) sono interni agli estremi, le ipotesi alla base del CA non possono essere rigettate; quanto all'intercetta m , essa oscilla tra -1,08 e -1,29, valori che, come atteso, sono alquanto prossimi al $\ln(0,3)$.

In definitiva l'Eq.(26) può essere considerata corretta con riferimento ai dati sperimentali a disposizione.

Il modello generale di previsione

In seguito alle operazioni di calibrazione svolte nel corso dei paragrafi precedenti, il modello generale di calcolo per barriere sommerse in elementi Reef Ball direttamente alloggiati sul fondo diviene:

$$K_t = \frac{1}{1 + 0,3R^{*-1,5} b^*} \quad \text{per } 0,71 < R^* \leq 1,47 \quad (31)$$

$$K_t = (-0,2469 \min(4; b^*) + 0,9474)^2 \quad \text{per } R^* \leq 0,4 \quad (32)$$

$$K_t = a \cdot R^* + b \quad \text{per } 0,71 \geq R^* > 0,4 \quad (33)$$

in cui le variabili strutturali:

$$b^* = \frac{B_t^*}{\sqrt{H_{si} L_{0p}}} \quad (34)$$

ed

$$R^* = \frac{R_{ce}}{H_{si}} \quad (35)$$

vanno calcolate preliminarmente in funzione della disposizione planimetrica dei moduli.

Nell'Equazione (32) il limite di 4 corrisponde al punto di nullo dell'espressione parabolica (22). Quanto ai coefficienti a e b , essi si ottengono come interpolazione lineare tra le soluzioni asintotiche; per una più rapida applicazione, possono essere adoperate le seguenti espressioni:

$$a = 0,20 + \exp [-0,2167 \cdot (b^* - 3,2)^2] \quad (36)$$

$$b = -0,5 + 1,17 \cdot \exp (-0,46 \cdot b^{*1,5}) \quad (37)$$

valide per $b^* \leq 4$. In ogni caso si raccomanda estrema cautela nell'applicazione del modello per estensioni strutturali maggiori di $b^* = 2$.

La Figura 20 mostra il confronto con i dati sperimentali.

L'accordo appare molto incoraggiante e l'indice di determinazione lineare $R^2 = 0,89$ indica una buona capacità previsionale.

L'assenza di tendenze evidenti nello *scatter plot* dei residui standardizzati in funzione di K_{tcalc} (Fig. 21a), indica che il modello riproduce correttamente la dipendenza del coefficiente di trasmissione dalle variabili idrauliche e strutturali adoperate. Inoltre i residui sono assolutamente normali, come mostrato dalla

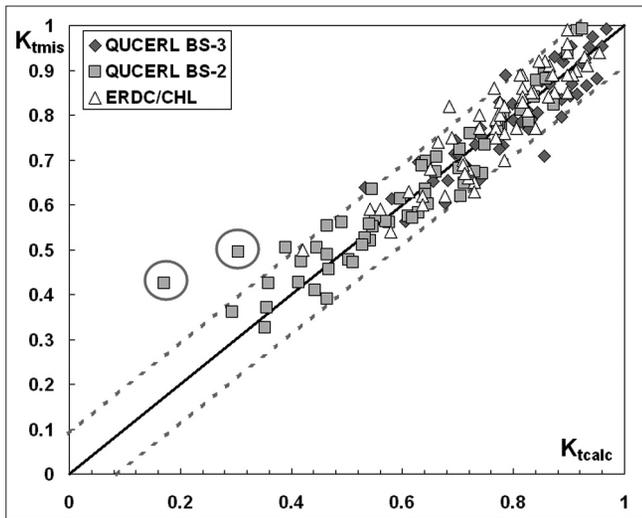


Figura 20 - Confronto tra dati sperimentali e modello CA calibrato.

Figura 21b. In accordo con il teorema centrale limite, quest’ultima proprietà indica che i fattori che governano la devianza tra i valori osservati e quelli stimati tendono a compensarsi senza che nessuno di essi risulti predominante. La deviazione standard dei residui, che sono ovviamente a media zero, è pari a 0,054; da ciò discende che con il 90% di probabilità i valori misurati del coefficiente di trasmissione giacciono in bande di semiampiezza 0,088 intorno alle stime (rette tratteggiate in Fig. 20). Infine le caratteristiche della stima sembrerebbero mantenere una certa uniformità tra le diverse configurazioni BS; ciò è mostrato nella Tabella 12 in cui i valori della media e della deviazione standard dei residui (μ e σ) sono calcolati separatamente per le configurazioni BS-1, BS-2 e BS-3 insieme ad R^2 .

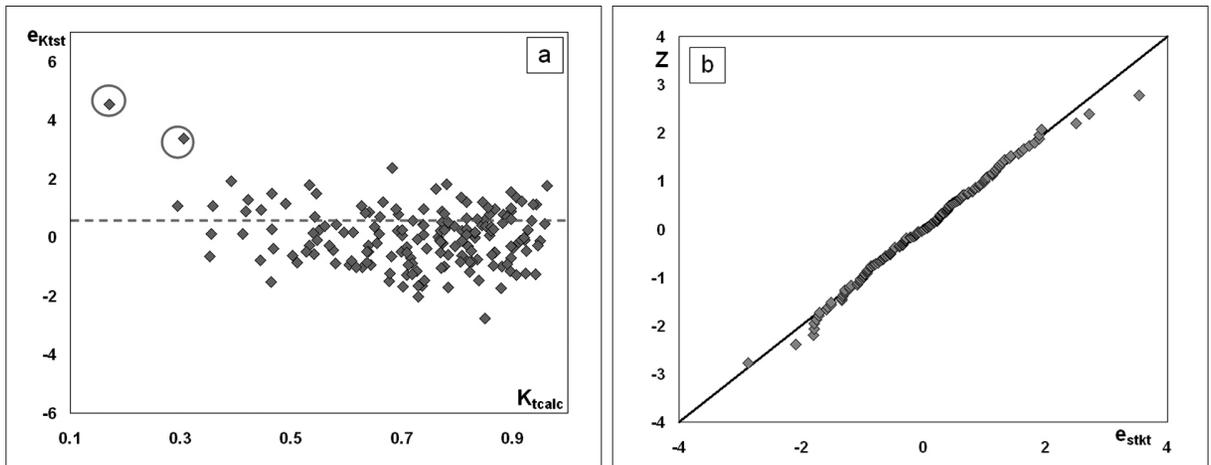


Figura 21 - (a) Scatter plot dei residui standardizzati del coefficiente di trasmissione in funzione di K_{tcalc} ; (b) normalità dei residui.

Questo risultato appare importante perchè l’uniformità della stima era uno degli obiettivi di partenza della presente analisi. Peraltro, i risultati sono lievemente influenzati dalla presenza di due outliers appartenenti alla configurazione BS-2 e cerchiati in rosso nelle Figure 20 e 21a. Per questi dati il coefficiente di trasmissione è insolitamente alto, sebbene la sommergezza sia abbastanza contenuta e l’estensione relativa della struttura sia decisamente elevata. I valori degli indicatori calcolati rimuovendo i due outliers sono riportati tra parentesi nella Tabella 12.

Tabella 12 - Media e deviazione standard dei residui (μ e σ) ed indice di determinazione (R^2) per le diverse configurazioni BS.

	Tutti i dati	BS-3	BS-2	BS-1
#	152	36	52	64
μ	0,0066 (0,0041)	-0,0026	0,0136 (0,0064)	0,0076
σ	0,0539 (0,0492)	0,0520	0,0597 (0,0455)	0,0501
R^2	0,89 (0,90)	0,80	0,88 (0,92)	0,82

In Tabella 13 il CA è confrontato con il modello di Armonio relativamente ai soli dati QUCERL (88 dati).

Gli indicatori di affidabilità sono dello stesso ordine; se per una parte il nuovo modello cede 5 punti percentuali in termini di R^2 sulla sola configurazione BS-3, le deviazioni standard degli errori residui sono piuttosto prossime, con una differenza di 0.01 per entrambi i “layout”. Ciò significa che gli intervalli di confidenza al 90% di probabilità presentano, per il modello di Armonio, una semi-ampiezza ridotta di 0.0164

rispetto a *CA*. Tale riduzione può considerarsi piuttosto contenuta per le applicazioni ingegneristiche, confermando la buona versatilità del nuovo modello.

Sulla totalità dei dati, infine, gli scostamenti sono piuttosto ridotti anche in termini di R^2 .

Tabella 13 - Confronto tra il modello di Armono ed il *CA* per i dati QUCERL.

Modello	Indici	<i>BS-3</i>	<i>BS-2</i>	Tutti i dati
Armono	R^2	0,85	0,91	0.92
	σ	0,0413	0,049	0.0470
<i>CA</i>	R^2	0,80	0,88	0.90
	σ	0,0520	0,0597	0.0562

Come ulteriore commento prima della conclusione di questo paragrafo, può essere interessante sottolineare come, a differenza del modello di Armono, le forme funzionali del *CA* si siano dimostrate efficaci nell'interpretare l'andamento medio dei dati sperimentali dell'intero "data-base" a disposizione (Figg. 15 e 18); tale risultato può considerarsi in buona sostanza indipendente sia dalla ridefinizione delle variabili sia dall'introduzione dei coefficienti di correttivi di configurazione cui alla Tabella 10. L'effetto di queste operazioni, infatti, è piuttosto quello di rendere più omogeneo l'andamento dei dati relativi alle differenti configurazioni, in maniera metodologicamente analoga al coefficiente *A* della formula di Armono.

Elementi Reef Ball con scanno di imbasamento

Le configurazioni nelle quali i moduli *Reef Ball* sono disposti sul coronamento di una gettata fanno riferimento a circa 160 esperimenti condotti esclusivamente presso il QUCERL. Così come per le configurazioni *BS*, anche per queste geometrie alcuni importanti parametri strutturali, (quali ad esempio la larghezza e la pendenza dei paramenti della gettata), non sono stati variati durante i *test*. Questa limitazione ha sostanzialmente sconsigliato una ricalibrazione *ad hoc* del modello, suggerendo invece una modifica dei risultati precedentemente ottenuti sulla base di considerazioni di carattere fisico. Come è evidente, la risposta di queste configurazioni dovrebbe tendere a quella delle *BS* se la gettata è relativamente bassa; in caso contrario, la soluzione non dovrebbe essere troppo dissimile da quella relativa alle gettate tradizionali.

Il discrimine tra scanno di imbasamento alto e basso può essere individuato mediante il rapporto tra la sommersenza della gettata, F , e la sua altezza, h_m . Come mostrato dalla Figura 22 quando $F/h_m \geq 1$ la soluzione per *BS*, cui al paragrafo precedente, restituisce stime ragionevoli del coefficiente di trasmissione anche

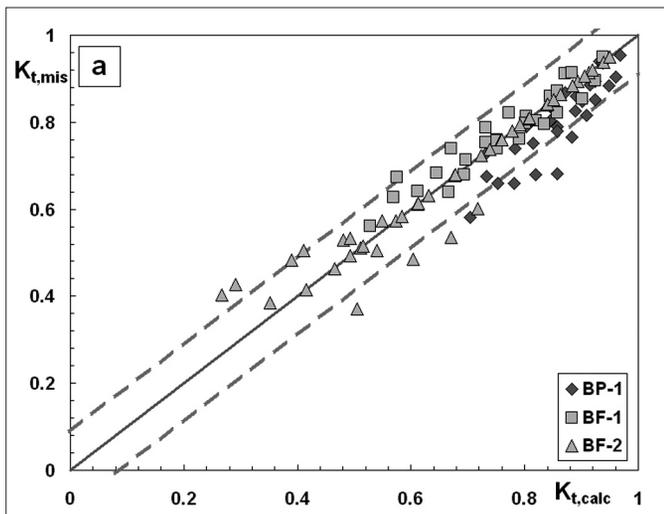


Figura 22 - Confronto dei dati sperimentali, $F/h_m \geq 1$, con *CA* calibrato per le configurazioni *BS*.

in presenza di scanno di imbasamento. Nel grafico, gran parte dei 105 dati sperimentali risulta interno alle bande di confidenza individuate per le *BS* ($\pm 0,088$), indicando una certa robustezza del modello di previsione. I punti esterni sono circa il 12% del totale, cosicché non si è resa necessaria alcuna variazione dei limiti di affidabilità. Tali punti risiedono però prevalentemente al disotto della banda $-0,088$, ad indicare una certa sovrastima del coefficiente di trasmissione. Ciò è probabilmente dovuto all'effetto della berma che riduce la permeabilità dell'intera struttura (berma + *Reef Ball*), aumentando in definitiva la riflessione e le dissipazioni. Per $F/h_m < 1$, le stime dell'Equazioni (31-33) sono risultate insoddisfacenti, come mostrato in Figura 23a. In tal caso l'approccio adottato è stato quello di considerare le strutture

come gettate ordinarie di grande sommergenza (F) ed estensione di coronamento pari a quella dello scanno di appoggio (B_m). La stima del coefficiente di trasmissione è stata effettuata adoperando l'Equazione (11) ed il ruolo dei *Reef Ball* è stato assimilato a quello di una resistenza aggiuntiva, "liberando" così il parametro di dissipazione G' . In luogo del valore 0,33 stimato da Buccino e Calabrese (2007a) si suggerisce dunque di adoperare la seguente espressione:

$$G'_{1R} = 0,33 \exp\left(\frac{n \cdot D_R}{B_m}\right) \quad (38)$$

in cui n è il numero di file disposte sul coronamento e la quantità in parentesi rappresenta la porzione di berma occupata dai moduli. Ovviamente l'equazione precedente restituisce 0,33 per $n = 0$ (assenza di *Reef Ball*). La Figura 23b mostra come adoperando questo approccio si ottengano stime ragionevoli del coefficiente di trasmissione, sebbene siano indispensabili nuovi esperimenti al fine di validare la procedura. L'Equazione (11) modificata mediante la (38) è risultata valida per $0,6 \leq F/H_{si} \leq 3,5$ e dunque per un intervallo di sommergenze più ampio rispetto a quello teorico delle gettate tradizionali (0,83-2).

Il limite superiore del precedente campo di validità (3,5) tenderebbe comunque a confermare quanto già osservato in precedenza dagli Autori (Buccino e Calabrese, 2007b) circa la possibilità di estendere il CA anche al caso di grandi sommergenze.

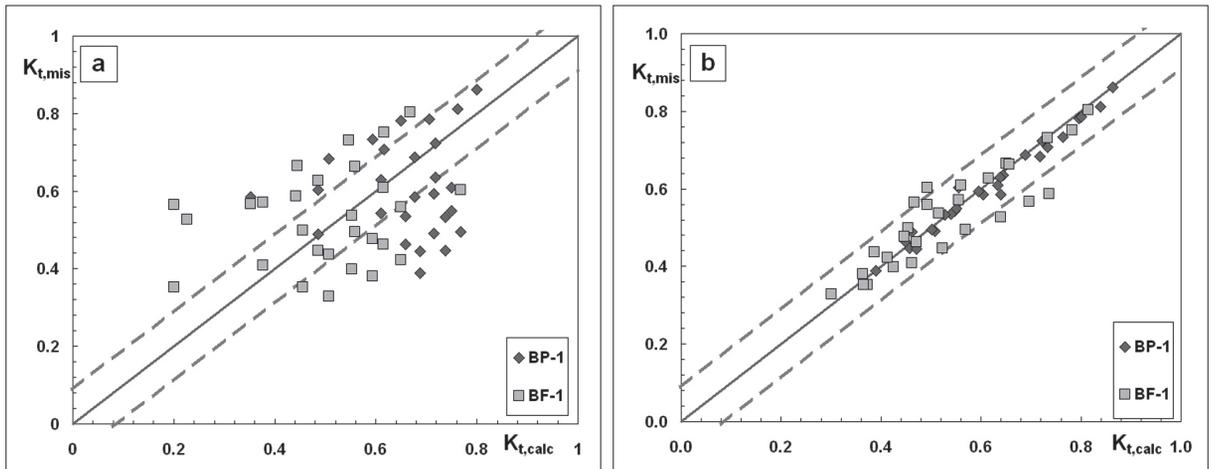


Figura 23 - (a) Confronto dei dati sperimentali, $F/h_m < 1$, con CA calibrato per le configurazioni BS; (b) applicazione delle Eqq.(11)-(38).

La metodologia per le configurazioni "su berma" restituisce indici di affabilità molto prossimi a quelli del modello di Armono; in particolare R^2 e σ sono risultati pari rispettivamente a 0,91 e 0,045, contro i valori di 0,92 e 0,044 ottenuti mediante l' Eq (1).

E' utile infine osservare che solo per le configurazioni B-FI e B-PI, Armono e Hall (2003), hanno proposto la seguente relazione:

$$K_t = 1,616 - 31,322 \cdot \left(\frac{H_{si}}{gT_p^2}\right) - 1,099 \left(\frac{h_s}{d}\right) + 0,265 \left(\frac{h_s}{B_{bR}}\right) \quad (39)$$

Quest'ultima presenta tuttavia un valore dell'indice di determinazione R^2 di cinque punti più basso rispetto a quello ottenuto applicando il CA agli stessi "layout" (0,85 contro 0,90).

Discussione e conclusioni

Il lavoro ha presentato un modello per la previsione del coefficiente di trasmissione di barriere sommerse in elementi *Reef Ball*, sulla base dell'analisi di circa 300 dati sperimentali relativi a test condotti con onde

irregolari in due diversi laboratori americani (QUCERL, Canada e ERDC/CHL, USA). Per quanto a conoscenza degli Autori, questi rappresentano gli unici data-set ad oggi disponibili su questa tipologia strutturale. I dati fanno riferimento a diverse modalità di assemblaggio delle unità; alcune di esse (*BS-1*, *BP-1*, *BF-1*) sono di immediato interesse applicativo, altre (*BS-2*, *BS-3*) possono considerarsi propedeutiche a nuove fasi di ricerca e sviluppo. Le equazioni di calcolo (Eq. 31-33) sono piuttosto semplici e muovono dall' " *approccio concettuale di previsione* " proposto da Buccino e Calabrese (2007a) per le strutture tradizionali a gettata di massi. La peculiarità di questo approccio risiede nel fatto che le formule previsionali sono dedotte per via teorica, sebbene sulla base di una schema di calcolo estremamente semplificato; l'analisi dei dati è stata quindi impiegata anche per comprendere se, e fino a che punto, le ipotesi formulate dal modello potessero considerarsi soddisfatte.

Nonostante qualche incertezza, che si è evidenziata soprattutto nella fase di calibrazione delle *soluzioni asintotiche*, il modello proposto sembra mostrare alcune caratteristiche interessanti. Tra queste l'indice di determinazione R^2 prossimo al 90% e l'uniformità degli errori standard tra le diverse configurazioni (Tab. 12). Un altro indice di robustezza può essere riscontrato nel fatto che il modello, originariamente messo punto per il caso di *Reef Ball* direttamente poggiati sul fondo, è risultato affidabile, senza alcuna modifica, anche per configurazioni con berma d'appoggio profondamente sommersa. In effetti i 105 dati di Figura 22 possono essere considerati come un test set relativamente ampio che supporta l'idea di affidabilità della soluzione. Non sono emerse infine ragioni evidenti che inducessero a rigettare le ipotesi dell' " *approccio concettuale* ".

Diversamente, la principale limitazione riscontrata nell'analisi è quella di aver dovuto semplicemente "assumere" i dati, senza possedere in pratica alcuna informazione circa le caratteristiche macroscopiche dell'interazione tra onde e barriere (limite di frangimento, caratteristiche morfologiche dei frangenti, coefficienti di riflessione, etc.). Ciò di fatto limita le possibilità di discussione ed interpretazione di alcuni aspetti salienti dell'analisi. Tra questi appare particolarmente interessante quello relativo all'introduzione dei *coefficienti correttivi* ν (Tab. 10). Questi ultimi hanno sostanzialmente il compito di portare in conto gli effetti addizionali di dissipazione per macro-roughness, probabilmente importanti in questo contesto. L'impiego di questi *coefficienti correttivi* ha consentito di fatto di ottenere indici di dissipazione (G'_1 e G'_2) del tutto analoghi a quelli dedotti per le barriere tradizionali. Avendo imposto un coefficiente unitario ($\nu = 1$) per il caso di file perfettamente serrate (configurazione *BS-1e*) è stata riscontrata una riduzione significativa (fino a 0,25) per unità modulari distanziate ed una notevole amplificazione (fino a 1,5) per configurazioni multilivello. Il differenziale tra file serrate e distanziate appare notevole e necessita di essere verificato, sebbene sia necessario sottolineare che la riduzione non implica un pari aumento di K_p , visto che quest'ultimo dipende dall'estensione strutturale in maniera meno che lineare.

In definitiva le equazioni proposte, che comunque sembrano poter accompagnare una prima fase della progettazione, devono essere considerate come un punto di partenza da integrare con nuove e più rigorose indagini sperimentali.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano il Dr. H.D. Armono e l'Ing. D.L. Ward per aver fornito i dati necessari allo svolgimento presente studio. Un sentito ringraziamento alla Dott. S. Cirelli (reefball.org) ed ai sigg. T.R. Barber (*Reef Ball* Foundation) e M. Buogo (*Reef Ball* Italia) per le informazioni fornite riguardo le caratteristiche biochimiche degli elementi studiati. Infine gli Autori desiderano esprimere il proprio apprezzamento per l'accurato lavoro svolto dai due Revisori anonimi.

Bibliografia

- Armono H. D. (2003) - *Hemispherical Shaped Artificial Reefs*. Tesi di dottorato presso la Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.
- Armono H. D., Hall K. R. (2003) - *Wave transmission on submerged breakwaters made of hollow hemispherical shape artificial reefs*. Proceedings of 31st annual conference of the Canadian Society for Civil Engineering Moncton, New Brunswick, Canada.
- Calabrese M., Buccino M., Zanutigh B., Cappiotti L., Paris A. (2005) - *Riflessione e trasmissione di scogliere a cresta bassa*. Studi Costieri N.9: 75-95.

- Barber T. R. (1999) - *Reef Ball™ An advanced technique to mimic natural reef systems using designed artificial reefs*. Printed in abstract of the 7th Scientific Conference on Artificial Reefs and Related Habitats, San Remo Italy October.
- Battjes J. A., Stive M. J. F. (1985) - *Calibration and verification of a dissipation model for random breaking waves*. J. Geophys. Res., 90_C5_, 9159-9167.
- Buccino M. and Calabrese M. (2007 a) - *Conceptual Approach for Prediction of Wave Transmission at Low-Crested Breakwaters*. Journal of waterway, port, coastal and ocean engineering.
- Buccino M., Calabrese M. (2007 b) - *A physically to wave transmission at low-crested breakwaters*. Proceedings of Coastal Structures. Venezia, Italia, luglio 2007.
- Burcharth H. R., Hawkins T., Zanuttigh B., Lamberti A. (2007) - *Environmental Design Guidelines for Low Crested Coastal Structures* (Elsevier).
- Cappiotti L., Sherman D. J., Ellis J. T. (2013) - *Wave Transmission and Water Setup Behind an Emergent Rubble-Mound Breakwater*. Journal of Coastal Research: Volume 29, Issue 3: 694 – 705.
- Dean R. G., Chen R., Browder A. E. (1997) - *Full scale monitoring study of a submerged breakwater, Palm Beach, Florida, USA*. Coastal Engineering, 29:
- Del Vita I. (2012) - *Trasmissione ondosa a tergo di barriere sommerse in elementi Reef Ball*. Tesi di laurea specialistica in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio. Università di Napoli Federico II, marzo 2012.
- d'Angremond K., van der Meer J. W., De Jong R. J. (1996) - *Wave transmission at low-crested structures*. Proceedings of International Conference of Coastal Engineering, ASCE, 3305-3318 pp.
- Goda Y., Suzuki Y. (1977) - *Estimation of Incident and Reflected Waves in Random Experiments*. Proceeding of 15th International Conference on Coastal Engineering, American Society of Civil Engineers, New York, USA.
- Goda Y., Ahrens J. P. (2008) - *New Formulation on Wave Transmission Over and Through Low-Crested Structures*. ASCE, Proc of 31st International Conference on Coastal Engineering Hamburg, Germany August 2008.
- Harris L. E. (2007) - *Designed Reefs for Reef and Coastal Restoration and Erosion Potential Applications for the City of Herzlia, Israel*.
- Lamberti A. (2005) - *Editorial Paper on DELOS project*. Coastal Engineering 52: 815-818.
- Le Méhauté B. (1962) - *On non-saturated breakers and the wave run-up*. Proceeding of the 8th International Conference on Coastal Engineering, American Society of Civil Engineers, New York.
- Lorenzoni C., Postacchini M., Mancinelli A., Brocchini M. (2012) - *The morphological response of beaches protected by different breakwater configurations*. Proceedings of 33rd Conference on Coastal Engineering, Santander, Spagna.
- Mori E., Cappiotti L. (2006) - *Wave flume experiments on wave transmission at low crested breakwaters of different berm width*. IAHR - II International Short Course and Workshop on Coastal processes and Port Engineering: 297-306.
- Mansard E. P. D., Funke E. R. (1987) - *On the Reflection Analysis of Irregular Waves*. Technical Report No. TR-HY-017, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, Canada.
- Ruol P. and Faedo A. (2002) - *Physical model study on low crested structures under breaking wave conditions*. Proc. MEDCOAST 2002, Turkey: 41-59.
- Ruol P., Faedo A., Paris A. (2002) - *Prove sperimentali sul comportamento di una scogliera a cresta bassa e sul fenomeno del piling-up a tergo di essa*. Studi Costieri, vol. 7:41-59.
- Sassi G., Briganti R., Franco L. (2002) - *Studio sperimentale della trasmissione del moto ondoso a tergo di una barriera a cresta bassa*. XVIII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche:167-174.
- Seabrook S. R., Hall K. R. (1998) - *Wave transmission at submerged rubble mound breakwaters*. Proceedings International Conference on Coastal Engineering, B. L. Edge, ed., ASCE, Reston, Va., 2000–2013.
- Svendsen I. A., Petrevu U. (1993) - *Surf zone parameters*. Coastal Eng., 19, 283–310.
- Tanaka N. (1976) - *Effect of submerged rubble-mound breakwaters on wave attenuation and shoreline stabilization*. Proceedings of Japanese Coastal Engineering Conference:152-157 (in gappone).
- Thornton E. B., Guza R. T. (1983) - *Transformation of wave height distribution*. J. Geophys. Res., 88_C10_, 5925–5938.
- Tomasicchio G. R., D'Alessandro F. (2013) - *Wave energy transmission through and over low-crested breakwa-*

- ters. Journal of Coastal Research, SI 65: 398-403.
- van der Meer J. W. (1988) - *Rock slopes and gravel beaches under wave attack*. PhD thesis, Delft University of Technology, Delft Hydraulics Report 396, Delft (The Netherlands).
- van der Meer J. W. (1990) - *Low crested and reef breakwaters*. Technical report, Delft Hydraulics, Report n.H986II.
- van der Meer J. W., Briganti R., Zanuttigh B., Wang B. (2005) - *Wave transmission and reflection at low crested structures: effect on the spectra and formulae for a conceptual design*. Coastal Engineering, DELOS Special Issue.
- Wamsley T. V., Ahrens J. P. (2003) - *Computation of Wave Transmission Coefficient at Detached Breakwaters for Shoreline Response Modelling*. Proceeding of Coastal Structures.
- Ward D. L. (2011) - *Physical Model Study of an Experimental Reef Ball™ Breakwater for Miami Beach, Florida*. Coastal and Hydraulics Laboratory ERDC/LCHL TR-11-X.

Ricevuto il 21/07/2012, accettato il 07/02/2013.

Dinamica sedimentaria della spiaggia di Cavoli (Isola d'Elba) e valutazione dell'idoneità dei sedimenti della *nearshore* per il suo ripascimento artificiale

Elena Masi, Enzo Pranzini, Valentina Rosas

Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze, Borgo Albizi, 28 -50122 Firenze

Email: bennymasi@hotmail.com; epranzini@unifi.it; valinarosas@gmail.com.

Riassunto

Lo studio morfologico e sedimentologico della *pocket beach* di Cavoli (Isola d'Elba) mostra come, dal 1971 al 2011, la linea di riva sia arretrata di circa 7 m, riducendo in modo significativo l'ampiezza dell'arenile oggetto di una intensa utilizzazione turistica. I refluenti di sabbia dalla *nearshore*, effettuati nel 2011, hanno avuto un effetto limitato avendo interessato sedimenti più fini di quelli nativi.

Lo studio sedimentologico ha messo in evidenza la possibilità che esistano flussi sedimentari dall'esterno, dove, a profondità maggiori vi sono sabbie grossolane che risultano compatibili sia dal punto di vista granulometrico, sia da quello colorimetrico, con le sabbie native.

Parole chiave: *pocket beach*, dinamica dei litorali, ripascimento artificiale, stabilità dei ripascimenti, compatibilità cromatica dei sedimenti.

Abstract

Morphological and sedimentological studies at the pocket beach of Cavoli (Elba Island) show that the shoreline retreated for approximately 7 m from 1971 to 2011, thus reducing significantly the width of this beach, which is intensively used for tourism. Sediments dredged on the nearshore in 1997 and in 2006 had a limited effect, as they were finer than the native ones.

Potential sediment transport vectors, retrieved from textural parameters, show the possibility of sediment input from the nearshore, where coarser sands are present and suitable for beach nourishment, in terms of both grain-size and colour characteristics.

Keywords: *pocket beach, coastal dynamics, beach nourishment, fill stability, sediment colour compatibility.*

Introduzione

Le *pocket beach* presenti sulle piccole isole del Mediterraneo costituiscono una delle risorse economiche principali per le popolazioni residenti grazie alla loro forte attrattività turistica (Simeoni et al., 2012). Anche le altre attività tradizionali, dove sopravvissute, come l'agricoltura e la pesca, affiancate ora dall'edilizia e dai servizi, sono stimolate da quei turisti che, nella stagione estiva, possono raggiungere presenze anche di due ordini di grandezza superiori al numero dei residenti.

Se i fondali rocciosi e le falesie che quasi sempre circondano queste isole e i loro fondali rocciosi costituiscono attrattive di indubbio valore, e le mete turistiche dell'interno, spesso di tipo naturalistico, offrono opportunità per diversificare l'offerta turistica, ciò non toglie che la gran parte del tempo venga spesa sulle piccole spiagge che si annidano all'interno delle insenature.

La resilienza di questi sistemi è estremamente bassa, dato che la presenza di falesie alle spalle di queste spiagge (e talvolta di strutture antropiche) ne impedisce la migrazione nel caso di processi erosivi dovuti alla riduzione dell'input sedimentario: l'arretramento della linea di riva si traduce immediatamente in una riduzione dell'ampiezza dell'arenile. La contrazione della spiaggia può innescare poi processi di *feed-back* positivi, dato che le onde di tempesta raggiungono più frequentemente pareti riflettenti che, con la riflessione, favoriscono un ulteriore allontanamento dei sedimenti da riva.

Ecco perché è opportuno monitorare l'evoluzione di queste spiagge al fine di attuare interventi di ripascimento prima che l'arenile scompaia completamente, dato che il valore paesaggistico di questi luoghi sconsiglia di intervenire con sistemi di difesa rigida.

E' d'altra parte vero che in queste piccole isole, spesso prive di vere e proprie pianure alluvionali, le possibilità di reperire sedimenti di buona qualità per il ripascimento artificiale sono assai scarse, se non facendo ricorso a sabbie presenti in mare. A tal fine però, le limitazioni ambientali sono estremamente forti, se non altro per l'estesa presenza di praterie di *Posidonia oceanica*, dovuta proprio alla trasparenza delle acque marine che bagnano queste isole, lontane da fiumi che portano sedimenti fini e, in genere, da scarichi urbani ed industriali. Le trasformazioni del territorio, causate proprio dallo sviluppo dell'attività turistica e dal conseguente abbandono dell'agricoltura (Mannori e Pranzini, 2004), hanno portato ad una riduzione dell'input sedimentario a queste piccole spiagge e ad una loro tendenza erosiva che si va progressivamente consolidando (Cipriani et al., 2011).

Ne sono una dimostrazione le *pocket beach* dell'Isola d'Elba, la gran parte delle quali è in erosione nonostante non vi siano cave di sabbia e ghiaia negli alvei fluviali, dighe che funzionino da trappole sedimentarie e strutture a mare che intercettino i flussi sedimentari, se non il porto presente nel Golfo di Campo (Pranzini, 1986).

La spiaggia di Cavoli costituisce un ottimo caso di studio, sia per quanto riguarda le dinamiche presenti in queste *pocket beach*, sia per le strategie da adottate per la loro conservazione.

Area di studio

Il Golfo di Cavoli è posto lungo la costa Sud-occidentale dell'Isola d'Elba (Fig. 1a) ed accoglie una spiaggia interessata da intensi flussi turistici, particolarmente apprezzata per la trasparenza delle acque, la sabbia chiara e grossolana e il rilievo del Monte Capanne, che con i suoi 1019 m di altezza incombe a soli 3 km di distanza pur non mettendo in ombra la spiaggia dato che è posto a Nord (Fig. 2).

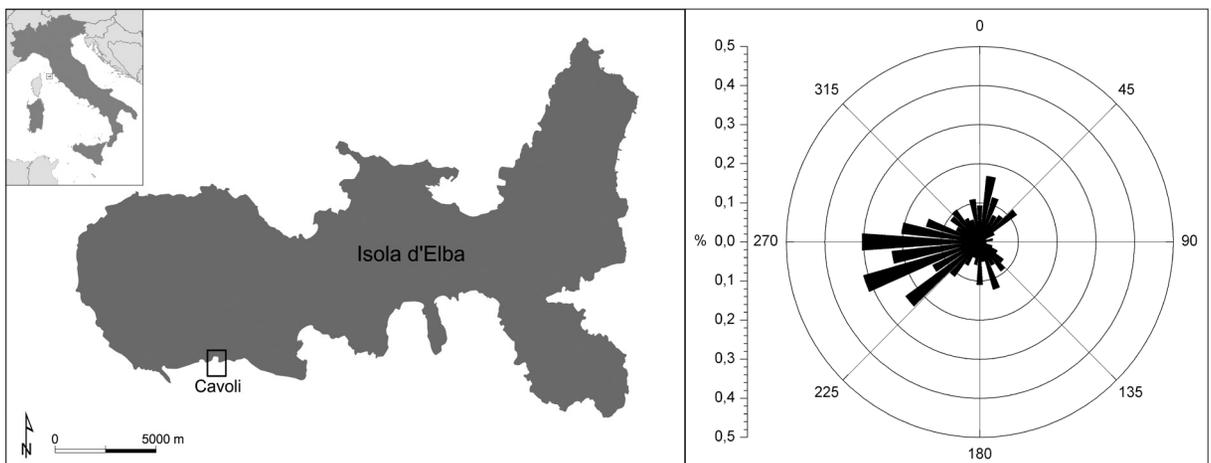


Figura 1 - a) Posizione del Golfo di Cavoli; b) direzione di provenienza delle onde con $H_s > 2$ m nel settore di mare posto a Sud dell'Isola d'Elba (dati KNMI rilevati dal 1960 al 1990 nel Mar Tirreno fra $41^{\circ}36' N$ e $42^{\circ}42' N$).

La spiaggia è lunga 415 metri ed è ospitata all'interno di un golfo di 391 m di apertura e 335 m di profondità, con un *embayment ratio* (Klein et al., 2002) di circa 0,86.

Aperta verso i mari meridionali (con asse orientato a $160^{\circ} N$), è parzialmente riparata dalle mareggiate più

intense che raggiungono l'Isola da Ovest-Sud-Ovest (Fig. 1b), con un'altezza dell'onda significativa al largo (HS0) di 4,86 m, che determina una profondità di chiusura, calcolata secondo Hellermeier (1978, 1981) di 8,07 m. I fondali, entro l'isobata degli 8 m hanno una pendenza del 5,3%.

L'escursione di marea è di circa 35 cm (Istituto Idrografico della Marina, 2003).

I fondali sono rocciosi sui due lati del golfo e nella parte esterna, più vicina a riva sul lato orientale, si stende una Prateria di *Posidonia oceanica*.

L'alimentazione del litorale è garantita dagli apporti di tre piccoli corsi d'acqua che scendono dal Monte Capanne con una notevole pendenza (da Ovest verso Est: 33%; 24% e 21%) e che drenano complessivamente una superficie di circa 2,8 km², in cui affiora esclusivamente la granodiorite (Bortolotti et al., 2001). In ambiente caldo umido queste rocce sono soggette a rapida alterazione che produce un sabbione costituito da granuli monocristallini, quelli che formano poi la spiaggia del golfo.

Nessun'opera a mare è presente, ma si riscontra una scogliera in massi naturali in aderenza alla scarpata sul lato orientale della baia posta a difesa di un piccolo terreno agricolo.



Figura 2 - Il Golfo di Cavoli visto da est.

Sulla spiaggia vi è una sola struttura adibita alla ristorazione e tre sono i tratti in concessione per l'attività balneare, per un fronte complessivo di 120 m; i rimanenti 295 m sono costituiti da spiaggia libera. La falcatura è interrotta, nel settore centro-occidentale, da dei massi che un tempo erano raggiunti dal mare solo in occasione delle mareggiate più intense (Fig. 3a).

Un piccolo insediamento turistico è presente all'interno del settore orientale della baia, mentre quello occidentale è delimitato da una falesia sulla quale corre la ripida strada (Fig. 3b) che collega la spiaggia all'Anello Occidentale, la strada panoramica che gira attorno al lobo occidentale dell'Isola.



Figura 3 - La spiaggia di Cavoli: a) vista da ovest; b) vista da est.

Materiali e Metodi

Lo studio dell'evoluzione della linea di riva del Golfo di Cavoli (Fig. 4a) si basa sui dati dei seguenti anni: 1971, 1987, 1997, 2000, 2005 e 2011.

Le linee di riva relative agli anni 1971 e 1987, originariamente acquisite da carte tecniche in scala 1:5.000 per mezzo di una tavoletta grafica Calcomp e software AUTOCAD, e georeferenziate nel sistema di riferimento Gauss – Boaga (*datum* Roma 1940), erano presenti in un archivio costituito da tempo presso il Dipartimento di Scienze della Terra (UNIFI).

Le linee di riva del 1997, 2000 e 2005 sono state rilevate in modo diretto mediante una stazione mobile DGPS nell'ambito di aggiornamenti dell'archivio effettuati in occasione di ricerche effettuate sull'Isola.

La linea del 2011 è stata acquisita nel corso dei rilievi batimetrici effettuati nel Golfo dalla GeoCoste S.n.c. per conto del Comune di Campo nell'Elba nell'ambito di un progetto di refluitamento dei sedimenti dalla *nearshore* alla spiaggia emersa; rilievi eseguiti con ecoscandaglio idrografico GECO-101 e posizionamento tramite GPS in modalità RTK.

Per l'analisi delle variazioni dell'ampiezza dell'arenile, la spiaggia di Cavoli è stata suddivisa in 7 settori di circa 50 metri di lunghezza (il settore n. 2 è costituito in buona parte da roccia affiorante e non ne viene analizzata la variazione areale). Per ciascuno di questi settori, e per ciascun intervallo di tempo considerato, è stata misurata la variazione areale della spiaggia emersa (m^2) dalla quale si sono ottenuti gli spostamenti medi della linea di riva (m) e i tassi di spostamento (m/anno) mediante l'impiego del software AutoCAD.

Contemporaneamente al rilievo batimetrico sono stati prelevati 43 campioni, di cui 9 di spiaggia emersa e 32 di fondale, posizionati lungo 4 transetti (Fig. 5). Tutti i campioni sono stati sottoposti ad analisi granulometrica tramite setacciatura meccanica a secco con intervallo di $1/2 \phi$ e per una durata di 10 minuti. Dalla percentuale di frequenza di ciascuna classe granulometrica, sono state tracciate le curve cumulative in scala log-probabilistica ed estratti i percentili per il calcolo dei parametri grafici di Folk e Ward (1957): Media (Mz), Classazione (σ_1) e Asimmetria (SkI). Si è registrato anche il valore delle dimensioni del primo percentile e la percentuale di frazione fine, intesa come quella avente dimensioni inferiori a $0,063 \text{ mm}$ (4ϕ). Per la definizione dei possibili flussi sedimentari è stato utilizzato il metodo sviluppato da Gao e Collins (1992), che prevede la comparazione dei parametri granulometrici Mz , sI e SkI di ogni campione con gli stessi parametri di tutti i campioni adiacenti, entro una distanza predefinita.

Le distribuzioni granulometriche dei sedimenti del golfo sono poi state utilizzate per determinare l'Indice di stabilità (Pranzini, 1999) dei materiali presenti della *nearshore* per il ripascimento della spiaggia.

La determinazione del colore dei sedimenti è stata effettuata con un colorimetro Konica Minolta CR-410, nello spazio colore CIEL*a*b* con illuminante D65, che corrisponde allo spettro solare in condizioni di cielo sereno (Pranzini et al., 2010). Tutte le elaborazioni e i grafici sono stati realizzati con il software Spectra Magic Nx della Konica-Minolta.

Evoluzione della linea di riva

Nell'analizzare l'evoluzione morfologica della spiaggia di Cavoli si deve tener conto del fatto che, nel periodo esaminato, sono stati effettuati piccoli refluitamenti dalla *nearshore* alla spiaggia emersa: circa 2.000 m^3 nel 1997 e circa 20.000 m^3 nel 2006. In entrambi i casi la zona di prelievo era ubicata intorno alle isobate dei 5-7 m, dove i sedimenti sono assai più fini di quelli di battigia. Gli effetti di questo intervento furono estremamente effimeri, a detta degli operatori turistici locali, anche se la modesta espansione dell'arenile che registriamo nei periodi 1997-2000 e 2005-2011 (Fig. 4b) potrebbe essere messa in relazione a quegli interventi. Da rilevare che sono questi i soli due i periodi in cui la spiaggia non risulta essere in erosione.

Nell'intero intervallo di tempo considerato (1971-2011) la spiaggia emersa di Cavoli perde in media $6,74 \text{ m}$, anche se la gran parte di questo arretramento lo si registra fra il 1971 e il 1987 ($-6,67 \text{ m}$).

L'erosione ha colpito più il tratto centrale del golfo che non quelli laterali, cosa che ha portato ad una maggiore curvatura della linea di riva (Fig. 4c). Nella parte centro-occidentale del golfo l'erosione ha reso ancor più prominente un affioramento roccioso presente nel settore n. 2, che oggi divide la spiaggia in due tratti distinti, pur in continuo scambio sedimentario.

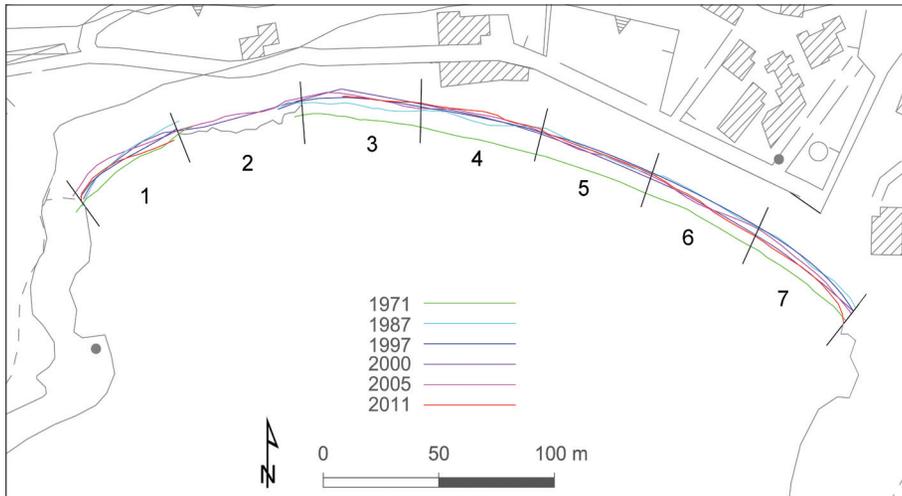
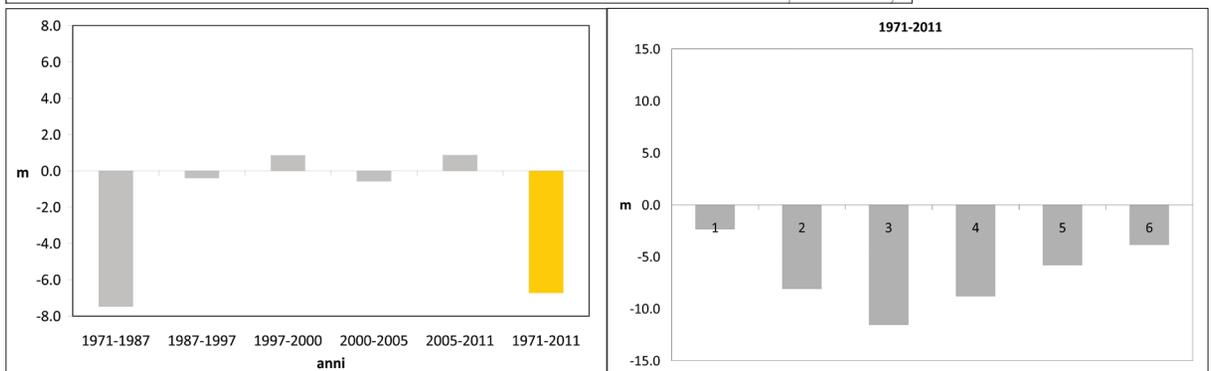


Figura 4 - a) Posizione della linea di riva della spiaggia di Cavoli fra il 1971 e il 2011; b) spostamento medio della linea di riva dal 1971 al 2011 (intervalli temporali non omogenei; R = Interventi di ripascimento effettuati nel periodo); c) spostamento medio della linea di riva fra il 1971 e il 2011 nei vari settori considerati.



Sedimentologia

Per quanto detto in precedenza, si ha motivo di pensare che il refluito della sabbia fine dal centro del golfo effettuato nel 2006, ed ancor più quello del 1997, non abbia lasciato traccia nei campioni prelevati nel Febbraio 2011 (Fig. 5), e che questi descrivano le dinamiche naturali di medio termine presenti in questo settore costiero. I campioni sono stati prelevati secondo transetti ortogonali a riva e 4 (B-3, Z1, B-4 e Z2) ricadono nel poligono identificato quale area di dragaggio e dovevano essere utilizzati per la caratterizzazione ai fini del DM 24 gennaio 1996.

Altri campioni più esterni, numerati da 1 a 10 in Figura 5, sono stati prelevati specificatamente per questa ricerca in un'area, libera da affioramenti rocciosi e praterie di *Posidonia oceanica*, nella quale in quel momento non era previsto il prelievo di sabbia.

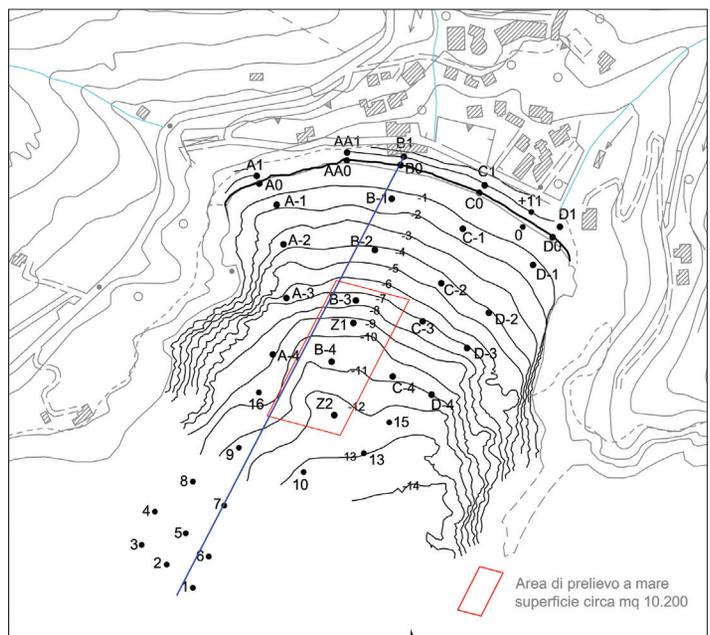


Figura 5 - Carta batimetrica del golfo di Cavoli rilevata nel Febbraio 2011 e posizione dei campioni prelevati in occasione del rilievo. Il tratto blu indica la posizione del profilo riportato in Figura 8.

Dimensioni medie dei sedimenti

I sedimenti presenti all'interno del golfo di Cavoli (Figg. 6 e 7) hanno dimensioni medie (M_z) comprese tra -0,71 phi e 2,28 phi; si tratta quindi di *sabbia* da *molto grossolana* a *fine* secondo la classificazione di Krumbein (1934). Per quanto concerne la disposizione delle varie popolazioni granulometriche nello spazio (Fig. 6a), nella spiaggia emersa si osserva la presenza di due zone con sedimenti a granulometria maggiore rispetto ai tratti adiacenti, di dimensioni medie comprese tra -1 phi e 0 phi: una sulla spiaggia alta della parte orientale del golfo, l'altra in simile posizione all'estremità occidentale. Il resto della spiaggia emersa è costituito prevalentemente da sedimenti con dimensioni comprese tra 0 ed 1 phi, fatta eccezione per una piccola zona caratterizzata da sedimenti con valori di Media tra 1 e 2 phi.

Relativamente alla spiaggia sommersa, partendo dalla zona più vicina alla riva ed andando verso profondità maggiori, si osserva un passaggio da *sabbia grossolana*, a *media*, e, successivamente, a *fine*. Procedendo sempre verso il largo si ritrova una zona con *sabbia media*, per passare poi in un'area caratterizzata da *sabbia grossolana* ed, infine, in una zona di piccole dimensioni rispetto a quelle vicine sita all'estremità della campionatura più lontana dalla riva, in cui si riscontrano *sabbie molto grossolane* (Fig. 7).

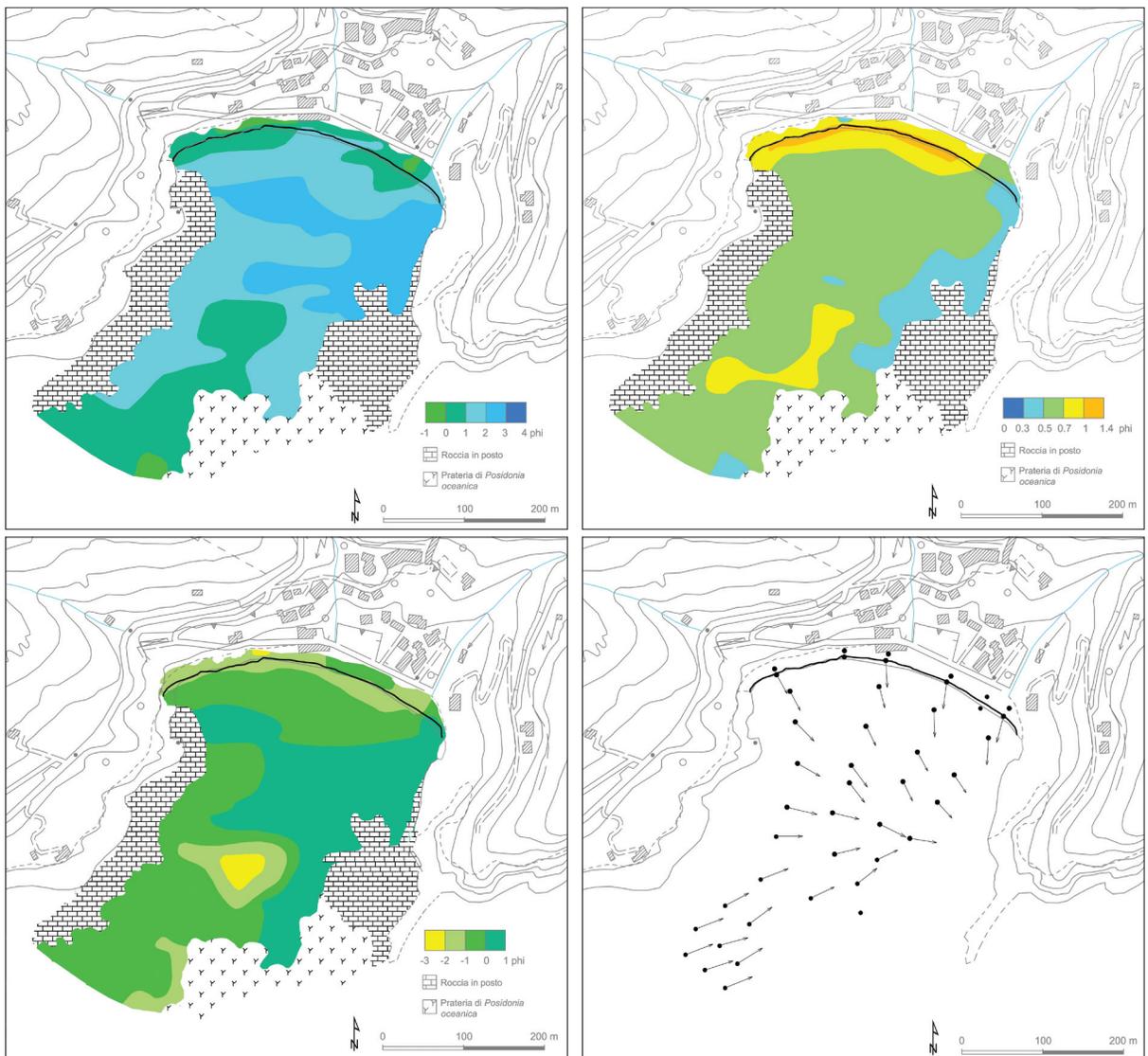


Figura 6 - Golfo di Cavoli: a) Dimensioni medie (M_z) dei sedimenti; b) Classazione (σ_1) dei sedimenti; c) Dimensioni del Primo percentile dei sedimenti; d) Variazioni del trasporto potenziale dei sedimenti.

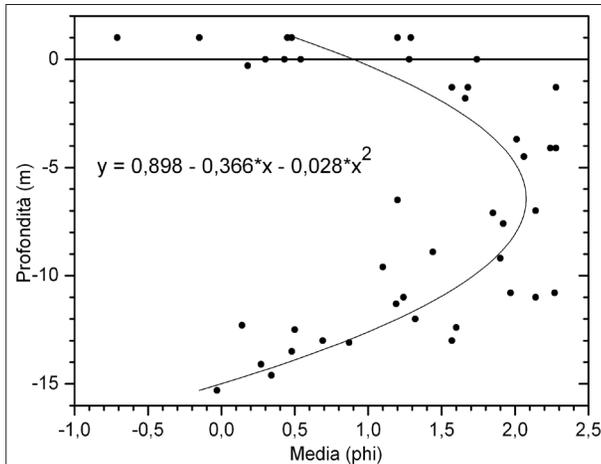


Figura 7 - Grafico Media (phi) vs. Profondità (m) dei sedimenti del Golfo di Cavoli, in cui si vede, dopo una prima riduzione delle dimensioni, un loro aumento procedendo verso profondità maggiori, spiegabile con la maggiore energia da moto ondoso presente all'esterno del golfo.

ondoso s'innalza per la maggiore esposizione che si ha uscendo dal golfo; cosa ben comprensibile se si ricorda che la direzione di provenienze delle mareggiate più intense è da Ovest-Sud-Ovest.

Come si può osservare in Figura 6a, ogni zona di quelle appena descritte si insinua con profonde lobature in seno alle altre, fornendo un quadro disomogeneo dei livelli energetici presenti nel golfo, certamente conseguenza della morfologia irregolare e degli affioramenti rocciosi presenti sui fondali. Le sabbie grossolane e molto grossolane si pongono all'esterno dell'isobata dei 10 m, e quindi oltre la profondità di chiusura calcolata secondo Hallermeier (1978, 1981), cosa che ben chiarisce l'impossibilità di identificare questo limite come quello effettivo di mobilità dei sedimenti (Nicholls et al., 1998).

Il grafico di Figura 8 mostra l'andamento dei valori di Mz lungo un profilo ortogonale a riva: si vede come il tradizionale andamento di *offshore fining* (Niedoroda et al., 1985; De Meijer et al., 2002) sia valido solo per i campioni raccolti all'interno del golfo. Procedendo verso l'esterno, pur incontrando fondali maggiori, la riduzione dimensionale s'interrompe, segno evidente che l'energia del moto

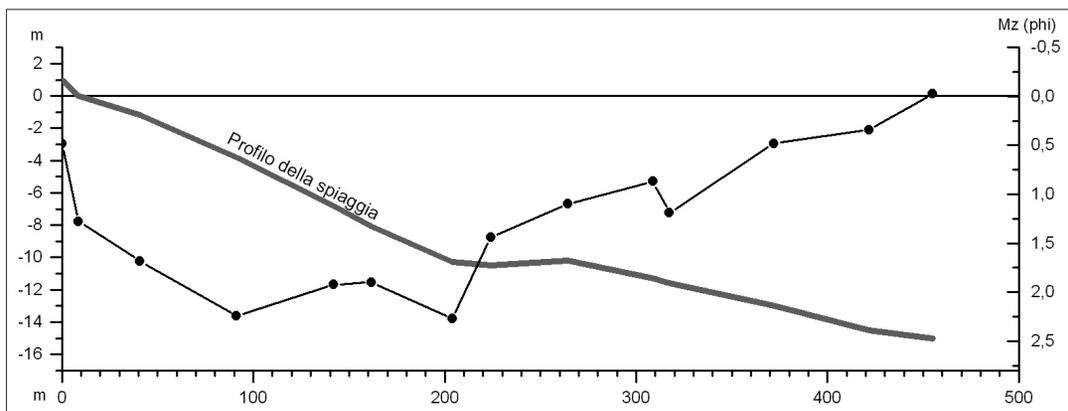


Figura 8 - Andamento dei valori di Mz in funzione della Profondità lungo un profilo ortogonale a riva e che si spinge verso l'esterno del Golfo (vedi Fig. 5 per la posizione del profilo). Profilo in scala 1:10.

Classazione dei sedimenti

La Classazione dei sedimenti analizzati varia fra 0,37 phi per il campione C0 e 1,13 phi per il campione D0, entrambi di battigia. Si tratta quindi di sedimenti da *ben classati* a *poco classati*, secondo la classificazione di Folk (1966), anche se la maggior parte dei campioni assume valori compresi tra 0,50 phi e 0,71 phi, ovvero risultano essere *moderatamente ben classati* (Fig. 6b).

Si tratta di valori piuttosto bassi, ed in particolare per una spiaggia alimentata da un bacino ad elevata pendenza e senza pianura alluvionale, cosa che può essere spiegata da input sedimentari già molto classati, quali sono quelli prodotti dall'alterazione chimica della granodiorite. All'interno di questi valori è la Media che influisce sulla Classazione dei sedimenti presenti nei vari punti del fondale.

Primo percentile dei sedimenti

Nel golfo di Cavoli le Dimensioni del Primo percentile (più grossolano) variano da -2,88 phi (campione Z2) a 0,90 phi (campione D3), con un'ottima correlazione con i valori della Media, cosa prevedibile data la

buona Classazione di gran parte dei sedimenti. I valori più bassi (nel senso dei granuli più piccoli) si trovano alle profondità intermedie, ove non vi è l'energia che si scatena a riva né quella presente sui fondali esterni al golfo (Fig. 6c).

Direzioni del trasporto sedimentario

L'elaborazione dei dati tessiturali con il metodo di Gao e Collins (1992) ha permesso di identificare le possibili direzioni del trasporto sedimentario.

Come si osserva in Figura 6d, i sedimenti nella parte più interna del golfo hanno un flusso prevalente diretto verso l'esterno con una componente orientale, probabilmente quale risposta ai mari dominanti che provengono da Sud-Ovest.

Lo stesso moto ondoso sarebbe responsabile del flusso di sedimenti che sembra verificarsi dalla zona esterna ed occidentale del golfo verso quella zona centro-orientale, dove convergono anche i sedimenti provenienti dalla spiaggia. Da questa area di convergenza i depositi probabilmente sono persi verso l'esterno attraverso un solco presente sui fondali e ben evidente nella carta batimetrica del golfo (Fig. 5).

Il flusso che sembra verificarsi dal largo del golfo di Cavoli verso l'interno, se fosse confermato, rappresenterebbe una novità rispetto a ciò che avviene sulle altre spiagge dell'Elba, per le quali si è sempre sostenuto che gli input sedimentari provenissero esclusivamente da terra.

Valutazione della compatibilità dei sedimenti di *nearshore* ai fini del ripascimento della spiaggia di Cavoli

Come già detto, i rilievi e la campionatura erano stati commissionati dal Comune di Campo nell'Elba nell'ambito di un piccolo progetto di ripascimento dell'arenile da effettuare utilizzando le sabbie presenti nei fondali antistanti, come già fatto in due occasioni passate. L'area di dragaggio era stata delimitata sulla base di quelle esperienze e su di essa erano state effettuate le caratterizzazioni previste dal DM del 1994 ed effettuate secondo le modalità suggerite dal Manuale ICRAM - APAT.

L'analisi di compatibilità è stata quindi effettuata sui campioni raccolti all'interno di quell'area, ma la campionatura è stata prevista anche in punti più esterni del golfo, nell'ipotesi che vi potessero essere materiali più idonei per i quali chiedere autorizzazione al dragaggio per interventi futuri.

Indice di stabilità (I_s)

La valutazione dell'idoneità granulometrica dei materiali al ripascimento della spiaggia di Cavoli è stata condotta calcolandone l'Indice di stabilità (Pranzini, 1999).

La spiaggia nativa è stata rappresentata da un campione composito costituito da 10 campioni prelevati fra la spiaggia alta e la battigia. È stata presa in considerazione la frazione granulometrica con valori di 0 phi positivi (dimensioni inferiori a 1 mm), in quanto la coda grossolana, poco rappresentata, non influisce sulle caratteristiche morfologiche e idrogeologiche della spiaggia. Nonostante l'elevato numero di campioni che lo compongono, il composito di spiaggia ha una distribuzione granulometria molto ristretta, con una Classazione (σ_1) di 0,83 phi e un valore della Media (M_z) pari a 1,02 phi (Tab. 1).

Anche il materiale di ripascimento è rappresentato da un campione composito, costituito con i quattro campioni nominati B-3, Z1, B-4, Z2 prelevati nel poligono di dragaggio autorizzato e situati a profondità comprese tra i 7 e i 13 metri (Fig. 5).

Data la presenza di sedimenti più grossolani all'esterno del golfo, in una zona priva di prateria di *Posidonia oceanica*, si è ritenuto opportuno valutarne l'idoneità per il ripascimento, nell'eventualità di poterli utilizzare per interventi futuri.

Tabella 1 - Parametri statistici del composito della spiaggia di Cavoli e del composito dei campioni di ripascimento.

	Composito di spiaggia	Composito ripascimento autorizzato	Composito C 1-6	Composito C 1-10
Mz (phi)	1,02	1,54	0,51	0,68
Mz (mm)	0,49	0,34	0,70	0,62
σ_1 (phi)	0,83	1,06	0,72	0,78
% fine	0,00	0,04	0,02	0,02

In Tabella 1 sono riportati i valori della Media (Mz), della Classazione (σ_1) e della percentuale di frazione fine ($< 0,063$ mm) del composito della spiaggia di Cavoli dei vari campioni compositi considerati. Come si può vedere dalla Figura 9 e dalla Tabella 1, il campione composito rappresentativo dell'area di dragaggio autorizzata è leggermente più fine di quello della spiaggia di Cavoli, ma ha un valore di Classazione molto simile. Per quanto riguarda la presenza di materiali fini ($< 0,063$ mm) questa è pari a zero in entrambi i campioni.

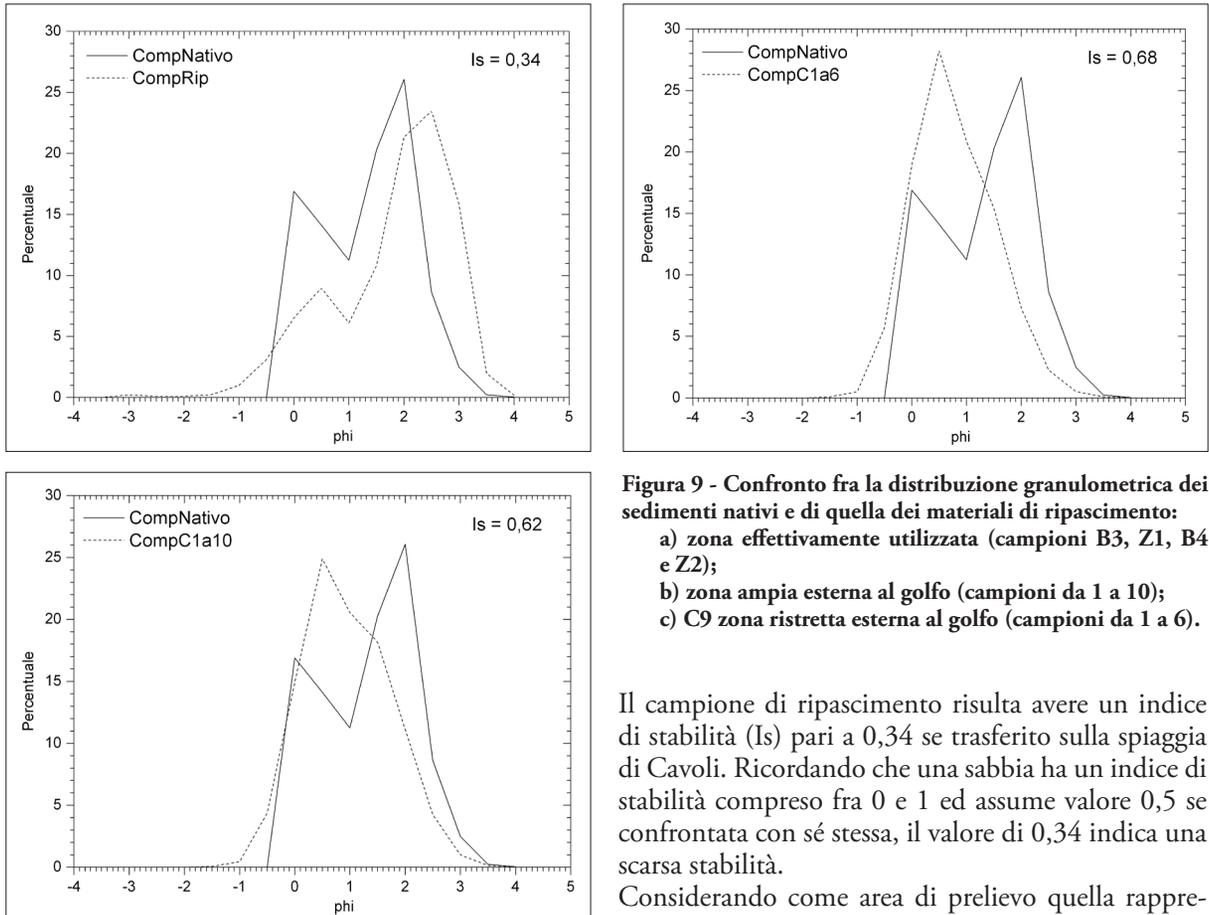


Figura 9 - Confronto fra la distribuzione granulometrica dei sedimenti nativi e di quella dei materiali di ripascimento:

- a) zona effettivamente utilizzata (campioni B3, Z1, B4 e Z2);
- b) zona ampia esterna al golfo (campioni da 1 a 10);
- c) C9 zona ristretta esterna al golfo (campioni da 1 a 6).

Il campione di ripascimento risulta avere un indice di stabilità (Is) pari a 0,34 se trasferito sulla spiaggia di Cavoli. Ricordando che una sabbia ha un indice di stabilità compreso fra 0 e 1 ed assume valore 0,5 se confrontata con sé stessa, il valore di 0,34 indica una scarsa stabilità.

Considerando come area di prelievo quella rappresentata dai campioni da C1 a C10, l'indice di stabilità che risulta è pari a 0,62, ossia ben superiore al

valore di 0,50 che separa i campioni meno stabili da quelli più stabili.

Ancora più elevato è l'indice di stabilità che si otterrebbe delimitando la zona di prelievo a quella rappresentata dai campioni da C1 a C6; in questo caso Is risulta essere pari a 0,68.

Colorimetria

Il colore delle sabbie della spiaggia di Cavoli, giallo chiaro, ottiene il massimo punteggio nei sistemi beach rating, come il BARE (Williams e Morgan, 1995). Costituisce quindi un aspetto ambientale da tutelare con tutti i mezzi, ecco perché anche in questo caso la valutazione della compatibilità cromatica è considerata un passaggio fondamentale nell'analisi di fattibilità di un ripascimento.

La percezione alle variazioni cromatiche delle sabbie da parte dei frequentatori è stata testata con interviste da Pranzini et al., (2011) e i risultati sono stati utilizzati per definire le caratteristiche dei sedimenti accettabili in lavori in corso lungo la costa toscana.

Rispetto al colore originario si accettano variazioni maggiori in senso positivo della Luminosità (L^*) che non in quello negativo ($-3 < \Delta L^* < +6$); sull'asse a^* (Verde-Rosso) il limite è simmetrico, con $-3 < \Delta a^* < +3$; mentre lungo l'asse b^* (Blu-Giallo) l'accettabilità è più estesa per uno spostamento verso il Giallo che non verso il Blu ($-3 < \Delta b^* < +6$).

La distanza euclidea dei due punti rappresentativi del campione nativo e di quello di ripascimento (ΔL^*ab) non dovrebbe essere maggiore di 9.

I sedimenti presenti al centro della baia, quelli poi effettivamente utilizzati per il ripascimento, si pongono leggermente fuori dal campo di accettabilità precedentemente descritto, in particolare per la Luminosità più bassa e per una maggiore componente Blu. E' un colore che riceve un gradimento minore da parte dei bagnanti. Essendo l'origine dei sedimenti in entrambi i casi la granodiorite del Monte Capanne, e per i materiali più vicini a costa la spiaggia stessa, questa differenza cromatica trova le sue origini nella differenza dimensionale fra i due sedimenti. I materiali presenti sulla spiaggia sommersa hanno dimensioni minori anche per la presenza di un maggior numero di cristalli di biotite, come si può notare dalla fotografia dei campioni compositi analizzati (Fig. 10).

Il composito di tutti i campioni prelevati al largo (C 1-10) e quello dei campioni più esterni (C 1-6) hanno caratteristiche cromatiche assai simili a quelle del sedimento nativo (Tab. 2; Figg. 10 e 11) e rientrano abbondantemente nei limiti suggeriti.

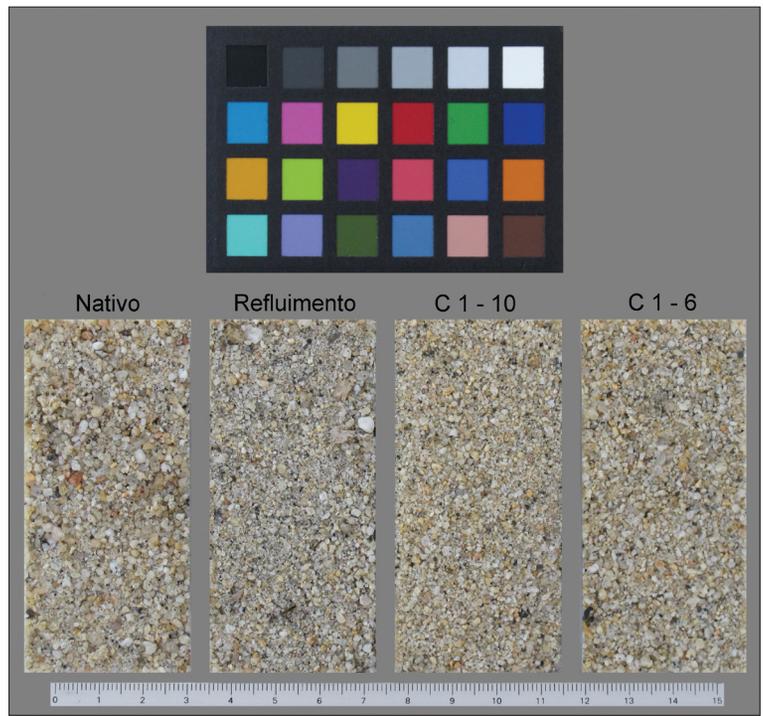


Figura 10 - Confronto fotografico dei campioni compositi utilizzati per la valutazione della compatibilità colorimetrica. In alto X-rite ColorChecker® per la stima della fedeltà nella riproduzione dei colori.

Tabella 2 - Confronto fra le coordinate colorimetriche dei vari campioni analizzati e distanza euclidea dalla sabbia di Cavoli.

	Giudizio	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	$\Delta L^*(D65)$	$\Delta a^*(D65)$	$\Delta b^*(D65)$	$\Delta E^*ab (D65)$
Cavoli	-----	62,27	1,90	14,08				
Ripascimento	NO	58,64	1,34	11,96	-3,63	-0,56	-2,04	4,20
C 1 - 10	OK	60,65	2,18	15,46	-1,62	0,28	1,46	2,31
C 1 - 6	OK	59,92	2,56	16,16	-2,35	0,66	2,16	3,36

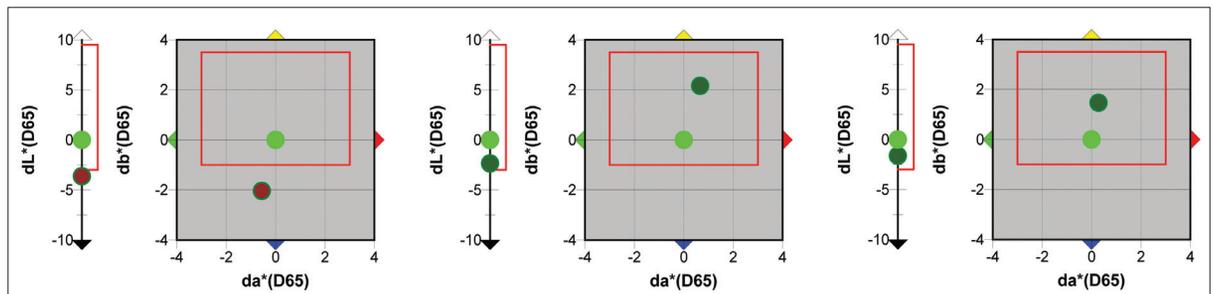


Figura 11 - Posizione dei punti rappresentativi dei vari campioni sull'asse della Luminosità (L^*) e sul piano del cromatismo (a^*, b^*) relativi al campione composito della spiaggia di Cavoli (verde) e ai tre campioni di ripascimento: dall'alto, campione utilizzato per il ripascimento; composito C1-6; composito C1-10. Il rettangolo rosso indica il campo di accettabilità.

Conclusioni

La spiaggia di Cavoli risulta essere soggetta ad un modesto processo erosivo, che assume però dimensioni preoccupanti data la limitatezza dell'arenile e l'impossibilità del profilo di spiaggia di migrare verso l'interno per la presenza della falesia, del muro di ratta, della strada e di altre strutture antropiche.

Le caratteristiche tessiturali dei sedimenti e le direzioni possibili di trasporto litoraneo mostrano la possibilità che parte dell'input sedimentario provenga dai fondali esterni al golfo, dove sono presenti sedimenti che hanno caratteristiche granulometriche e colorimetriche ottimali per il ripascimento della spiaggia.

Il refluento effettuato nel 2011, successivamente ai rilievi e campionamenti oggetto di questo studio, ha riguardato sabbie presenti all'interno della baia, che sono risultate non ottimali sia per dimensione che per colore.

I dati oggi disponibili consentono di pianificare una gestione di questa spiaggia che potrebbe essere mantenuta in condizioni di sicurezza utilizzando proprio i sedimenti presenti all'imboccatura della baia, pur prestando attenzione a non danneggiare la prateria di *Posidonia oceanica* che si estende in questo tratto di mare. La presenza di sedimenti grossolani sui fondali maggiori può trovare una spiegazione nella maggiore energia del moto ondoso che si trova all'esterno dell'insenatura, condizione da valutare anche in altre *pocket beach* dell'Isola d'Elba soggette a processi erosivi e che richiederebbero interventi di ripascimento.

Ringraziamenti

Ricerca eseguita nell'ambito del Progetto di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN) 2008 "Le *pocket beach* della costa italiana: dinamica, bilancio sedimentario e modelli evolutivi"; Coordinatore centrale: E. Pranzini. Il rilievo topografico e sedimentologico del Golfo di Cavoli del Febbraio 2011 è stato effettuato dalla ditta GeoCoste s.n.c. su incarico del Comune di Campo nell'Elba.

Bibliografia

- Bortolotti V., Pandeli E., Principi G. (2001) - *The geology of the Elba Island: an historical introduction*. Ofioliti, 26: 79-96.
- Cipriani L. E., Pranzini E., Rosas V., Wetzel L. (2011) - *Landuse changes and erosion of pocket beaches in Elba Island (Tuscany, Italy)*. Journal of Coastal Research, SI 64: 1774-1778.
- De Meijer R. J., Bosboom J., Cloin B., Katopodi I., Kitou D., Koomansa, R. L., Manso F. (2002) - *Gradation effects in sediment transport*. Coastal Engineering, 47: 179-210.
- Folk R. L. (1966) - *A review of grain size parameters*. Sedimentology, 6: 73-93.
- Folk R. L., Ward W. C. (1957) - *Brazor river bar: a study in the significance of grain size parameters*. Journal of Sedimentary Petrology, 27: 3-26.
- Gao S., Collins M. (1992) - *Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of "transport vectors"*. Sedimentary Geology, 81: 47-60.
- Hallermeier R. J. (1978) - *Uses for a calculated limit depth of beach erosion*. Proc. 16th Coastal Engineering Conference, ASCE, pp. 1493-1512.
- Hallermeier R. J. (1981) - *A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate*. Coastal Engineering 4: 253-277.
- Istituto Idrografico della Marina (2003) - *Tavole di Marea e delle Correnti di Marea*. I.I. 3133: 112 pp.
- Klein A. H. F., Filho L. B., Schumacher D. H. (2002) - *Short term beach rotation processes in distinct headland bay beach systems*. Journal of Coastal Research, 18: 442-458.
- Krumbein W. C. (1934) - *Size frequency distributions of sediments*. Journal of Sedimentary Petrology, 4: 65-77.
- Mannori S. e Pranzini E. (2004) - *From agriculture to tourism: a cause of beach erosion*. 1st International Conference on the Management of Coastal Recreational Resources. Malta, 20th-23rd October 2004, 79-85.
- Nicholls R. J., Birkemeier W. A., Lee G-h (1998) - *Evaluation of depth of closure using data from Duck, NC, USA*. Marine Geology, 148: 179-201
- Niedoroda A. W., Swift D. J. P., Hokins T. S. (1985) - *The shoreface*. In: R. A Davis, (Ed.) Coastal Sedimentary Environments. Springer-Verlag, New York., pp. 533-624.
- Pranzini E. (1986) - *La dinamica dei sedimenti nel Golfo di Campo (Isola d'Elba)*. Boll. Soc. Geol. It. 105: 253-264.

- Pranzini E. (1999) - *Un Indice di stabilità (Is) per la stima dell'idoneità dei materiali all'alimentazione artificiale delle spiagge*. Studi costieri, 1: 75-83.
- Pranzini E., Simonetti D., Vitale G. (2010) - *Sand colour rating and chromatic compatibility of borrow sediments*. Journal of Coastal Research, 26: 798-808.
- Pranzini E., Vitale G. (2011) - *Beach Sand Colour: The Need for a Standardised Assessment Procedure*. Journal of Coastal Research, 61: 66-69.
- Simeoni U., Corbau C., Pranzini E., Ginesu S. (2012) - *Le pocket beach*. In: *Le Pocket beach*. Dinamica e gestione delle piccole spiagge. A cura di Simeoni U., Corbau C., Pranzini E., Franco Angeli, Milano, pp. 17-30.
- Williams A. T., Morgan R. (1995) - *Beach awards and rating system*. Shore & Beach, 63: 29-33.

Ricevuto il 27/06/2013, accettato il 13/10/2013.

Interventi di protezione dei litorali tramite Artificial Reef

Ilaria Del Vita¹, Moreno Buogo², Mariano Buccino¹

¹Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale, Università di Napoli "Federico II"

E-mail: ilaria.delvita@unina.it; buccino@unina.it

²Reef Ball Italia

E-mail: info@reefballitalia.it

Introduzione

Gli Artificial Reef sono barriere sommerse artificiali poste in prossimità della linea di riva, inizialmente impiegate per favorire il ripopolamento ittico e successivamente come interventi strutturali di protezione dei litorali. Le prime barriere artificiali sono state realizzate utilizzando materiali naturali (bamboo e tronchi), di recupero (pneumatici di automobili, relitti di barche, lattine di birra o altro materiale di facile reperimento) o artificiali (acciaio e materiali polimerici rinforzati con fibra di vetro). Tuttavia, la ridotta durabilità dei materiali naturali, la tossicità di taluni materiali di risulta ed i problemi di stabilità tipici delle barriere realizzate in plastica e PVC, hanno indirizzato la ricerca e la pratica professionale verso materiali alternativi, tra i quali si è andato affermando l'impiego di elementi modulari in calcestruzzo (Armono, 2003). Questi ultimi presentano una maggiore economicità derivante dalla durabilità del materiale, dalla standardizzazione del processo produttivo e dalla maneggevolezza dei moduli, caratteristiche che consentono, in generale, di ridurre i tempi e costi di posa in opera. Una tipologia di Artificial Reef in calcestruzzo ad elevata compatibilità ambientale, che si è andata diffondendo a partire dai primi anni '90 in America, sono i Reef Ball™ (RB). I moduli RB presentano un pH prossimo a quello del mare, specifiche tessiture superficiali progettate per facilitare la colonizzazione del modulo (Fig. 1a) ed una particolare forma campaniforme, cava internamente e forata sulla superficie laterale, che determina l'insorgere di vortici e turbolenze che favoriscono il ripopolamento ittico (Fig. 1b). Le suddette caratteristiche producono condizioni favorevoli allo sviluppo della flora e fauna marina tramite la creazione

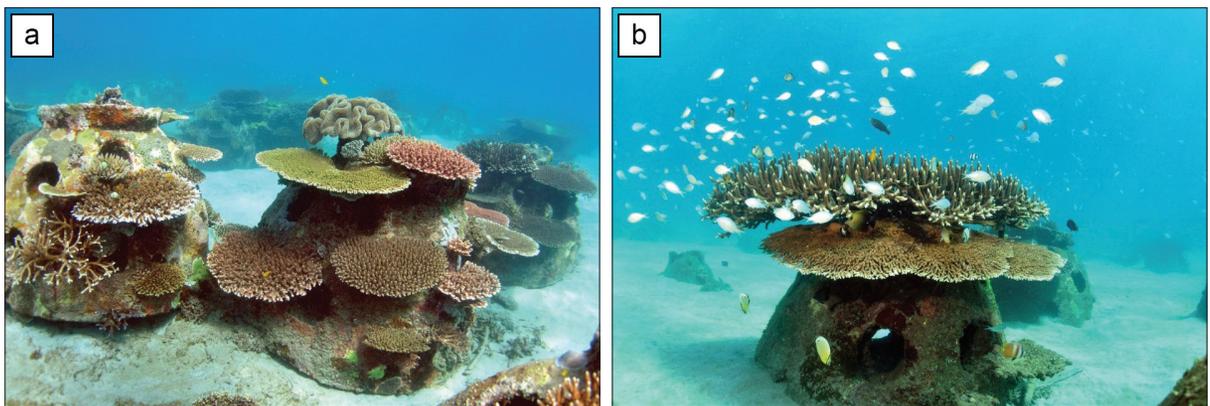


Figura 1 - a) Colonizzazione del modulo Reef Ball™ dopo 8 anni dalla posa in opera, Bali (Indonesia); b) Ripopolamento ittico del modulo Reef Ball™, Bali (Indonesia).

di ripari e tane per specie ittiche stanziali, la riduzione della mortalità di uova e di giovani esemplari e l'attrazione di specie Pelagiche, nonché la riqualificazione di barriere coralline. Inoltre, tali interventi rappresentano un'opportunità per lo sviluppo dell'ecoturismo, mediante la creazione di percorsi finalizzati allo snorkeling e alla pesca, e più in generale, per l'aumento di attrattività dell'area dell'intervento.

Negli ultimi anni si è indagata la possibilità di impiegare barriere sommerse in RB, realizzate disponendo i moduli su più file ed affiancati gli uni agli altri, come opere di protezione dei litorali (Armono, 2003; Harris, 2007). I moduli possono essere disposti direttamente sul fondale ovvero provvisti di sistemi di ancoraggio al fine di evitarne lo scorrimento o l'insabbiamento, nel caso di fondali caratterizzati da curve granulometriche con significative frazioni di sedimenti fini. L'efficacia di una barriera sommersa può essere studiata mediante la stima dal coefficiente di trasmissione, definito come il rapporto tra l'altezza d'onda trasmessa a tergo della struttura e quella incidente. Dagli studi condotti è emerso che alcune delle formulazioni teoriche disponibili in letteratura per la stima del coefficiente di trasmissione per barriere tradizionali (Buccino e Calabrese, 2007) possono essere impiegate, con opportune modifiche, anche per la progettazione preliminare di barriere in RB (Buccino et al., 2014). Di seguito vengono descritti alcuni interventi in cui i Reef Ball™ sono stati impiegati per la protezione di spiagge di alto valore ambientale.

Intervento presso il Gran Dominicus Resort

Il primo intervento di salvaguardia dei litorali in moduli Reef Ball™ risale all'agosto del 1998, per la protezione della spiaggia, estesa per 250 m, del Gran Dominicus Resort (Repubblica Dominicana). L'intervento ha previsto la realizzazione di una barriera sommersa caratterizzata da una sommergenza variabile tra 30 cm e 80 cm rispetto al livello medio mare, ed interrotta da due varchi, rispettivamente di 44 e 49 m. L'opera è stata realizzata disponendo su tre file circa 450 moduli appartenenti a due tipologie di Reef Ball™: i Reef Ball e gli Ultra Ball, caratterizzati rispettivamente da un'altezza pari a 1,2 e 1,3 m e da un peso di 1600 e 2000 Kg. Nel febbraio del 1999 e nell'aprile del 2001 sono stati condotti due rilievi della struttura, al fine di verificare l'efficacia della barriera e la stabilità dei moduli. I risultati denotano un avanzamento della linea di riva (Fig. 2) e l'assenza di dislocamenti e danneggiamenti della struttura a seguito del passaggio degli uragani George (categoria 3) e Mitch (categoria 5) (Harris, 2007).

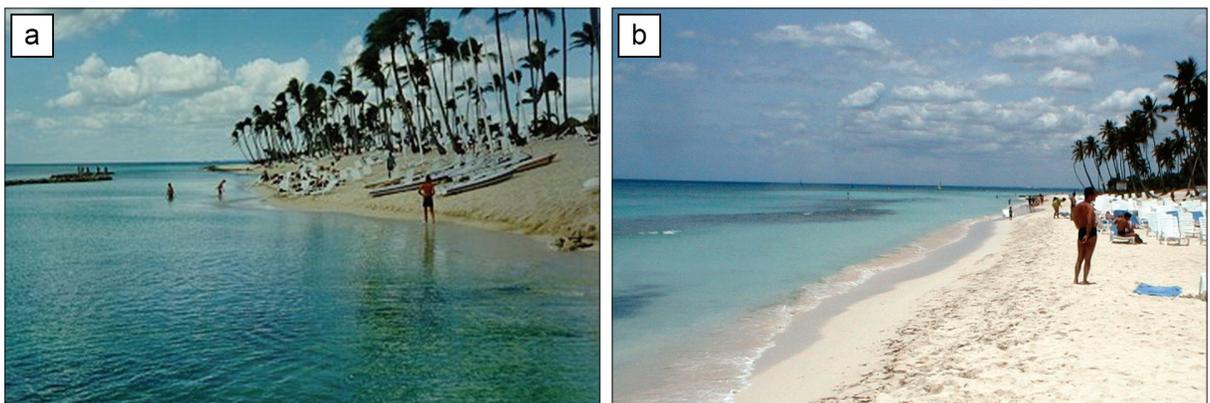


Figura 2 - a) Spiaggia di Gran Dominicus (Febbraio 1999); b) Spiaggia di Gran Dominicus (Aprile 2001).

Intervento presso il Marriott Beach Resort

La barriera sommersa presso il Marriott Beach Resort, isole Cayman, rappresenta uno degli interventi in moduli Reef Ball™ maggiormente monitorati (Arnouil, 2008).

L'opera è stata realizzata allo scopo di produrre un avanzamento della linea di riva, necessario per la protezione del muro prospiciente il Resort (Fig. 3a) e per la creazione di un adeguato habitat che consentisse di praticare pesca subacquea offshore.

L'intervento, conclusosi nel novembre del 2002, ha previsto inizialmente l'impiego di 200 moduli Ultra Ball, ancorati al fondale mediante barre in fibre di vetro, posizionati ad una profondità variabile tra 1,2 ed 1,7 m.

La barriera, ottenuta disponendo i moduli su 5 file a formare due tratti di lunghezza di 44 e 29 m, è stata successivamente ampliata nel 2005 con ulteriori 32 moduli. I primi monitoraggi effettuati nel febbraio (Fig. 3b) e nel marzo 2003 hanno mostrato un progressivo avanzamento della linea di riva e lo sviluppo di flora e fauna in corrispondenza dei moduli (Harris, 2003 e 2007).

I risultati delle successive indagini (aprile e novembre 2004, febbraio 2007, gennaio e luglio 2008), discussi



Figura 3 - a) Marriott beach nel Novembre 2002; b) Marriott beach nel Febbraio 2003.

dettagliatamente in Arnouil (2008), confermano l'accrescimento medio della spiaggia, con una larghezza variabile su base stagionale, passata da 0 - 9,15 m a 7,6 - 22 m, e l'assenza di danneggiamenti alla struttura successivi al passaggio dell'uragano Ivan (di categoria 5), nel 2005.

Conclusioni

Nella presente Nota Tecnica vengono presentati alcuni interventi di salvaguardia dei litorali realizzati in moduli artificiali di tipo Reef Ball™. Quest'ultimi, inizialmente adoperati per favorire il ripopolamento ittico e per lo sviluppo equilibrato di flora e fauna bentica e pelagica, sono stati successivamente impiegati per la realizzazione di barriere sommerse per la protezione dei litorali. Tra gli interventi maggiormente monitorati vi sono quelli di Gran Dominicus Resort nella Repubblica Dominicana e del Marriott beach Resort nelle isole Cayman. In entrambi i casi si è riscontrato l'avanzamento della linea di riva, la colonizzazione dei Reef Ball da parte di comunità "fouling" e "non-fouling" e l'assenza di dislocazione o danneggiamento dei moduli a seguito del passaggio di uragani di elevata intensità.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano il sig. T. Barber di Reef Ball Foundation e la dott.ssa S. Cirelli (reefball.org) per le utili informazioni sulla compatibilità biologica dei moduli Reef Ball™.

Bibliografia

- Armono H. D. (2003) - *Hemispherical Shaped Artificial Reefs*. Tesi di dottorato presso la Queen's University, Kingston, Ontario, Canada, 214 pp.
- Arnouil D. S. (2008) - *Shoreline Response for a Reef Ball™ Submerged Breakwater System offshore of Grand Cayman Island*. Tesi di laurea specialistica, Melbourne, Florida, 111 pp.
- Buccino M., Calabrese M. (2007) - *Conceptual Approach for Prediction of Wave Transmission at Low-Crested Breakwaters*. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 213-224.
- Buccino M., Del Vita I., Calabrese M. (2014) - *Engineering modelling of wave transmission of Reef Ball™*. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering (<http://ascelibrary.org/>) (in corso di stampa).
- Harris L. E. (2003) - *Status Report for the Submerged Reef Ball™ Artificial Reef Submerged Breakwater Beach Stabilization Project for The Grand Cayman Marriott Hotel*. Draft report, 1-36.
- Harris L. E. (2007) - *Designed Reefs for Reef and Coastal Restoration and Erosion Potential Applications for the City of Herzilia, Israel*, pp. 1-12.

ORGANIZZATO DA



Coast Esonda 2014

5° Salone sulla Tutela della Costa,
il Dissesto Idrogeologico e il Rischio Idraulico

17-19 Settembre 2014, FERRARAFIERE
Orari di apertura: 9.00 - 18.30

Coast Esonda Expo, Sezione speciale di RemTech Expo, è un affermato luogo di promozione, incontro e confronto fra pubblica amministrazione, enti di ricerca, università, società di ingegneria e di consulenza, professionisti, associazioni, operatori del settore, a livello nazionale e internazionale, ai quali offre un'area espositiva qualificata e competitiva.

Il **programma congressuale** di Coast verterà su valorizzazione, monitoraggio, opere, Marine Strategy e offshore, Direttive Acque e Alluvioni, mentre quello di Esonda si focalizzerà su dissesto idrogeologico e rischio idraulico, bacini idrografici, prevenzione, erosione e instabilità, governance del territorio e nuovi strumenti di ingegneria finanziaria.

Coast Esonda Expo sarà quest'anno affiancato dalla quarta edizione di **I2SM**, International Symposium on Sediment Management. Organizzato da Ferrara Fiere Congressi, Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Sezione Ambientale ed École des Mines de Douai, I2SM approfondirà il tema dei sedimenti dall'inquinamento alle normative, dalla caratterizzazione e bonifica fino al dragaggio e riuso (i2sm.remtechexpo.com).

PATROCINI RICHIESTI



www.coastexpo.com | info@coastexpo.com
www.esondaexpo.com | info@esondaexpo.com

RemTech Expo - Giornata Giovani GNRAC

Care Lettrici e cari Lettori di Studi costieri,

per il terzo anno consecutivo vi presentiamo, all'interno di questo numero di Studi costieri, la raccolta di articoli brevi scritti dai soci del GNRAC che hanno partecipato all'evento G3-2012, *Giornate Giovani GNRAC e Terzo Premio G3 Miglior Presentazione di Studi costieri*. All'evento, tenutosi a Ferrara il 21 Settembre 2012, hanno partecipato 11 relatori con interventi che hanno spaziato su numerosi temi di interesse per l'ambiente costiero e che hanno attratto un pubblico talmente numeroso da essere ben al di sopra anche delle più rosee aspettative.

Tutti i lavori sono pubblicati nella forma di brevi articoli di due pagine ad eccezione di quello del vincitore del *Premio G3 Miglior Presentazione di Studi costieri* quest'anno assegnato a Matteo Postacchini che presenta in otto pagine il contributo dal titolo "L'influenza delle opere sommerse nella morfodinamica costiera: uno studio numerico".

Da questa edizione si è formato un comitato di organizzazione dell'evento partecipato da Monica Bini, Maurizio Brocchini, Pasquale Contestabile, Maria Gabriella Gaeta, Alessandro Lai, Luca Parlagreco e a tutti loro va un sentito ringraziamento.

Come per le precedenti edizioni anche questo terzo appuntamento del G3 si è tenuto nell'ambito del convegno *Coast Expo 2012* quindi manifestiamo anche agli organizzatori un sentito ringraziamento per averci offerto l'opportunità di una magnifica sede.

Questa è anche l'occasione per invitare tutti i soci e non soci GNRAC ad iscriversi alla "Lista Costa GNRAC" per rimanere aggiornati e per partecipare a tutte le discussioni in atto nel panorama italiano degli Studi costieri. E' sufficiente inviare una e-mail a lista-costa-GNRAC+subscribe@googlegroups.com. Nel corso del 2012 la Lista Costa si è ormai caratterizzata come un vivace forum con più di 60 iscritti e che ha offerto ad alcuni anche l'occasione per trovare un posto di lavoro nel campo costiero e marittimo. Il successo del G3 e della Lista Costa, uniche iniziative nel panorama nazionale degli Studi costieri, ci motiva a continuare su questa strada sempre con il desiderio di costituire un forum culturale che possa essere di riferimento per tutta la comunità nazionale degli studiosi e dei gestori dell'ambiente costiero.

Per il GNRAC
Lorenzo Cappiotti

L'influenza delle opere sommerse nella morfodinamica costiera: uno studio numerico

Matteo Postacchini

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura, Università Politecnica delle Marche,
Via Brecce Bianche, 60131 Ancona.

Tel: +39 071 2204539, Fax: +39 071 2204528, E-mail: m.postacchini@univpm.it

Riassunto

Negli ultimi anni, le mareggiate risultano avere un impatto sempre più importante sull'economia dei litorali, incidendo pesantemente anche sul mantenimento delle strutture ricettive/turistiche, specialmente se hanno luogo nel periodo estivo. La progettazione delle tradizionali opere di difesa della costa risulta determinante nella protezione di tali strutture. Per questo motivo sono state effettuate alcune simulazioni mediante un solutore numerico idro-morfodinamico che risolve le equazioni delle acque basse e l'equazione di Exner. Sono stati realizzati test numerici con lo scopo di valutare i) l'effetto di mareggiate reali con diverse caratteristiche spettrali e ii) l'influenza della distanza da riva di una coppia di scogliere sommerse sulla morfologia della spiaggia. I risultati delle simulazioni hanno evidenziato una variazione minima nelle forme di erosione/accrecimento al variare delle caratteristiche spettrali delle mareggiate. La morfodinamica che si realizza intorno alle scogliere e nel varco è invece fortemente influenzata dalla posizione delle opere: le variazioni del fondale sono tanto maggiori, quanto più lontane sono le opere da terra. La zona di battigia, invece, è poco influenzata dalla distanza da riva delle scogliere.

Parole chiave: opere di difesa della costa, mareggiata, equazioni delle acque basse, morfodinamica.

Abstract

In the last few years, sea storms appear to be more and more important in the economy of coastal areas, strongly affecting the maintenance of recreational/tourist facilities, especially if they occur during the summer. The design of traditional coastal defense structures is crucial in the protection of such facilities. For this reason, some suitable simulations have been performed, using a numerical hydro-morphodynamic model that solves both Nonlinear Shallow Water Equations and Exner equation. Numerical tests have been run with the purpose of evaluating both i) the effect of real sea storms with different spectral characteristics, and ii) the influence of the position of two submerged breakwaters on beach morphology. The simulation results have revealed only minor variations in the erosion/accretion patterns when forced by different sea storms. On the other hand, the morphodynamics induced around the barriers and inside the gap is strongly influenced by the breakwater position: the farthest offshore are located the structures, the largest is the bed variation. Further, the swash zone is slightly influenced by breakwater position (distance from the shoreline).

Keywords: coastal defense structures, sea storm, Nonlinear Shallow Water Equations, morphodynamics.

Introduzione

L'erosione della spiaggia nella zona di battigia è dovuta principalmente al clima ondoso a cui è soggetta durante tutto l'anno. L'evoluzione della spiaggia è, quindi, un processo legato a eventi di lungo periodo, che risente sostanzialmente delle variazioni climatiche che caratterizzano le stagioni. A questo proposito (vedi, ad esempio, Kraus, 1992), si caratterizza la spiaggia mediante il suo profilo trasversale, che viene definito *normal profile* (profilo estivo) o *storm profile* (profilo invernale). La prima tipologia è caratterizzata dalla formazione di una berma emersa nella zona di battigia, la seconda da una barra sommersa nella zona dei frangenti.

Molto spesso, però, la morfodinamica costiera risulta fortemente condizionata anche da eventi di breve durata, come le intense mareggiate che si abbattano sul litorale sia nei periodi invernali che, specialmente negli ultimi 4-5 anni, durante la stagione estiva. A questo proposito, negli ultimi decenni, alcuni autori hanno trattato il tema dell'evoluzione della spiaggia nel breve periodo. In particolare, Kriebel e Dean (1993) hanno messo a punto il cosiddetto "metodo di convoluzione", che si basa sul concetto di profilo di equilibrio di breve periodo. Questo viene determinato a partire dal profilo di equilibrio di lungo periodo (si veda, ad esempio, Dean, 1977). Kriebel e Dean (1993) hanno esteso tale concetto, definendo il profilo di breve periodo come quota parte del profilo di lungo periodo. Il "metodo di convoluzione" permette quindi di trovare la risposta della spiaggia in funzione i) delle caratteristiche granulometriche della spiaggia, ii) della forzante ondosa e iii) della durata dell'evento.

Parallelamente, la tendenza di proteggere le coste soggette a erosione mediante opere di difesa di tipo rigido, ha stimolato lo studio dell'evoluzione della spiaggia nel lungo periodo. Alcuni autori (es. González et al., 1999) hanno sviluppato semplici modelli analitici per la previsione dell'evoluzione della spiaggia in presenza di opere di difesa sommerse infinitamente estese, svincolandosi dalla profondità di chiusura, che definisce, in presenza di spiagge libere, il termine ultimo oltre il quale non c'è più una significativa movimentazione di sedimenti. In tali modelli, il profilo di lungo periodo a tergo di una scogliera sommersa dipende dall'energia dell'onda trasmessa sopra la berma della scogliera stessa, che è quindi funzione delle caratteristiche geometriche dell'opera (Mancinelli et al., 2000).

In Italia gli esempi di scogliere emerse e sommerse poste a difesa dei litorali sono piuttosto comuni. Per quanto riguarda il Mar Adriatico, circa il 60% della costa marchigiana è protetta da opere di difesa, per lo più a gettata di massi naturali. Sin dalla prima metà del '900 sono comparse in Italia le prime scogliere emerse, con l'obiettivo di proteggere dal mare spiagge e infrastrutture. I numerosi disagi provocati da tali opere, quali, ad esempio, l'impatto ambientale, l'erosione della spiaggia sottoflutto, la scarsa circolazione nella zona protetta, hanno però spinto ad una progettazione più meticolosa delle opere, oltre che alla ricerca di una soluzione alternativa. Da qui la diffusione delle scogliere sommerse, che hanno, da una parte, parzialmente mitigato i problemi indotti dalle opere emerse, dall'altra, introdotto criticità ulteriori relativamente alla circolazione che si genera intorno a tali barriere. Infatti, il setup prodotto dal frangimento delle onde sulle scogliere sommerse produce un gradiente di pressione tra la zona protetta ed il largo, che genera una corrente diretta verso il largo (detta "*rip current*") attraverso il varco tra due scogliere contigue (es. Brocchini et al., 2004). Tale corrente mette a rischio la sicurezza dei bagnanti e provoca un forte trasporto di sedimento verso il largo.

Tra il 2008 ed il 2010, nel Laboratorio di Idraulica dell'Università Politecnica delle Marche (Ancona) sono stati effettuati alcuni esperimenti a fondo mobile, descritti in Postacchini et al. (2011), con la finalità di valutare l'efficacia di diverse tipologie di scogliera nella riduzione dell'arretramento della spiaggia, durante un evento di mareggiata. Tale esperienza ha in parte ispirato il presente lavoro. Infatti, seguendo la stessa filosofia, qui si vuole analizzare i) l'influenza della distanza da riva di una coppia di scogliere sommerse impermeabili nella protezione della costa e ii) l'effetto di diverse mareggiate sulla morfodinamica della spiaggia. A tal fine sono state fatte alcune simulazioni numeriche utilizzando un solutore che riproduce l'idro-morfodinamica costiera attraverso le equazioni per le acque basse e l'equazione di conservazione della massa solida. Nelle sezioni successive sono presentati: il modello numerico utilizzato, i test realizzati ed i risultati relativi alle configurazioni riprodotte. Le conclusioni finali chiudono il lavoro.

Il solutore numerico

Il modello utilizzato per le simulazioni, descritto in Postacchini et al. (2012), descrive l'idrodinamica della zona vicino costa mediante l'uso delle equazioni per le acque basse (*Nonlinear Shallow Water Equations*, in seguito NSW), mentre l'equazione di conservazione della massa solida (*Exner Equation*, in seguito EE) lega l'evoluzione temporale del fondale con la variazione spaziale del flusso di sedimenti.

Le equazioni scritte in forma non conservativa sono:

$$d_{,t} + (ud)_{,x} + (vd)_{,y} = 0 \quad (1)$$

$$u_{,t} + uu_{,x} + vv_{,y} + gd_{,x} = gz_{b,x} - C_\tau \frac{|\mathbf{v}|u}{d} \quad (2)$$

$$v_{,t} + uv_{,x} + vv_{,y} + gd_{,y} = gz_{b,y} - C_\tau \frac{|\mathbf{v}|u}{d} \quad (3)$$

$$z_{b,t} + \frac{1}{\lambda} \nabla \cdot \mathbf{q} = 0 \quad (4)$$

dove (x, y, z) sono le coordinate cartesiane ($z=0$ rappresenta il livello della superficie libera, con z coordinata che punta verso l'alto); $d(x, y, t) = \eta(x, y, t) + z_b(x, y)$ è la profondità totale dell'acqua, mentre η e z_b rappresentano, rispettivamente, il livello superficiale istantaneo e la profondità del fondale rispetto al livello iniziale; $\mathbf{v} = (u, v)$ è il vettore delle velocità mediate lungo la verticale; $\mathbf{q} = (q_x, q_y)$ è la portata solida; C_τ è il coefficiente di Chezy; $\lambda = 1-p$ rappresenta l'impacchettamento dei grani e p la porosità della spiaggia.

Le NSW-E includono, quindi, il contributo dell'attrito al fondo ($C_\tau |\mathbf{v}|/d$), scritto secondo la formulazione di Chezy, fondamentale nei processi che si verificano all'interno della *surf zone*. Inoltre, il complesso fenomeno del frangimento è descritto in termini di *bores*, cioè come discontinuità del livello liquido, mediante uno schema di tipo *shock capturing* (per maggiori dettagli, vedi Brocchini et al., 2001).

La morfodinamica è molto difficile da modellare, soprattutto per quanto riguarda le leggi di chiusura necessarie per calcolare la portata solida \mathbf{q} , che compare nell'EE. Per una maggiore flessibilità sono state implementate nel solutore molteplici formule di trasporto, in modo da poter scegliere, a seconda del tipo di simulazione, quella più adatta. Il codice è quindi di tipo "debolmente accoppiato", ovvero NSW-E e EE vengono risolte separatamente e indipendentemente dalla legge scelta per rappresentare \mathbf{q} , sebbene l'idrodinamica e la morfodinamica vengano aggiornate ad ogni passo temporale (per maggiori dettagli si veda Postacchini et al., 2012).

Il trasporto solido totale viene valutato come somma del trasporto al fondo (\mathbf{q}_b) e di quello in sospensione (\mathbf{q}_s). Per il primo dei due contributi è stata implementata la formula di Grass (1981), in cui la portata solida dipende esclusivamente dalla velocità (\mathbf{v}) e da una costante (A), che è funzione delle caratteristiche dei sedimenti:

$$\mathbf{q}_b = A|\mathbf{v}|^3 \quad (5)$$

Un'altra formulazione deriva da Besio et al. (2003):

$$\mathbf{q}_b = 8 \sqrt{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right)} g d_{50}^3 \left(|\boldsymbol{\theta} - \gamma \nabla z_b| - \theta_{cr} \right)^2 \frac{\boldsymbol{\theta} - \gamma \nabla z_b}{|\boldsymbol{\theta} - \gamma \nabla z_b|} \quad (6)$$

dove ρ e ρ_s sono, rispettivamente, la densità dell'acqua e del sedimento, d_{50} il diametro medio del sedimento, γ il parametro che tiene conto degli effetti stabilizzanti della pendenza del fondale, $\boldsymbol{\theta}$ il parametro di Shields e θ_{cr} il parametro di Shields critico.

Tra le leggi di trasporto solido in sospensione, quella di Camenen e Larson (2008) rappresenta una delle più recenti e complete:

$$\mathbf{q}_s = \mathbf{v} c_R \frac{\varepsilon}{w_s} \left[1 - \exp\left(-\frac{w_s d}{\varepsilon}\right) \right] \quad (7)$$

dove w_s è la velocità di caduta dei sedimenti, ε la diffusività del sedimento e c_R la concentrazione di riferimento al fondo, che dipende a sua volta dalla tensione tangenziale e dalle caratteristiche del sedimento.

Il modello numerico NSWE/EE è stato validato con numerosi test analitici, numerici e di laboratorio. Alcuni, descritti in Postacchini e Brocchini (2012), hanno rivelato come il solutore sia in grado di ben rappresentare l'idro-morfodinamica che si genera sia in una spiaggia libera da ostacoli, sia in presenza di un'opera sommersa. I risultati numerici dei profili di spiaggia riprendono molto bene i dati sperimentali sia in prossimità dell'opera di difesa che nella zona di *wash*.

Set-up numerico

Le simulazioni numeriche sono state parzialmente ispirate dagli esperimenti di laboratorio descritti in Postacchini et al. (2011), il cui obiettivo era quello di valutare l'effetto, sull'erosione della spiaggia, sia della geometria che della posizione di un'opera a gettata. Infatti, nel presente studio, tali simulazioni sono state realizzate con lo scopo di verificare l'effetto, nella morfodinamica costiera, della posizione di una coppia di scogliere contigue soggette a mareggiata.

A tale scopo, è stato necessario definire la batimetria della spiaggia e la forzante ondosa. Relativamente alla geometria dei test (vedi Fig. 1), è stata scelta una spiaggia piana con pendenza 1:60 ed un dominio di calcolo di 330m in direzione trasversale (x) e 200m in direzione longitudinale (y), con una profondità al largo di 4m. Le due scogliere, ciascuna caratterizzata da una berma di sommità lunga $L_s=70$ m e larga $B_s=10$ m, sono separate da un varco di ampiezza pari a $L_v=30$ m. La sommergenza delle scogliere è pari a 50cm. Inoltre, le pendenze dei paramenti della scogliera sono pari a 2:5 lato mare e 2:3 lato riva. Le configurazioni provate sono riassunte in Tabella 1, ciascuna caratterizzata dalla posizione delle scogliere sia rispetto alla riva (X_{riva}), sia rispetto al contorno lato mare (X_{off}).

Tabella 1 - Caratteristiche delle simulazioni numeriche.

Test	X_{riva} (m)	X_{off} (m)
1	180	60
2	170	70
3	160	80
4	150	90
5	140	100
6	130	110
7	120	120
8	110	130
9	100	140
10	90	150

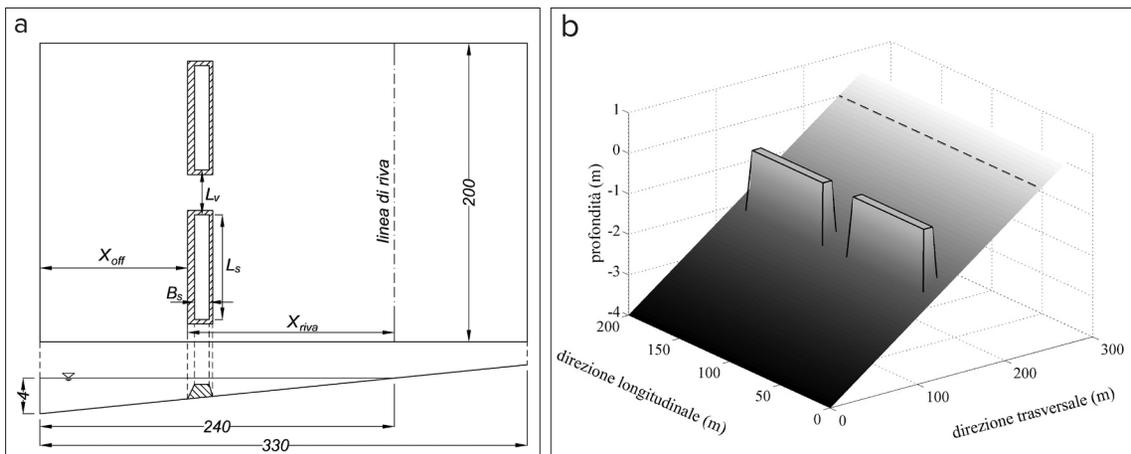


Figura 1 - Schema del dominio di calcolo usato per le simulazioni: vista dall'alto (a1), in sezione (a2) e rappresentazione 3D della batimetria iniziale (b).

La condizione al contorno delle simulazioni, ovvero la forzante ondosa imposta al bordo a mare del dominio ($x=0$), è stato ricavato mediante i dati raccolti dalla boa ondometrica RON posizionata al largo di Falconara Marittima (AN). In particolare, sono state prese in esame tre diverse mareggiate registrate nel Novembre 1999, nel Novembre 2002 e nel Settembre 2004. Dal picco di ciascuna mareggiata sono stati ricavati l'altezza significativa al largo (H_{s0}) ed il periodo di picco (T_p). Lo spettro JONSWAP, relativo a tali caratteristiche, è stato trasferito dal largo fino alla profondità di 4m mediante il metodo AFS di Scarsi (1995). Successiva-

mente, dallo spettro ottenuto è stata estratta la serie temporale del livello superficiale, poi utilizzata come condizione al contorno per le simulazioni numeriche.

La variazione della morfologia della spiaggia, in funzione delle tre diverse mareggiate provate, le cui caratteristiche a 4m di profondità sono illustrate in Tabella 2, è stata analizzata esclusivamente per la configurazione 7. Tra tutte le configurazioni provate, invece, è stato fatto un confronto tra le morfologie finali ottenute in seguito alla mareggiata del Novembre 1999.

Tabella 2 - Caratteristiche delle mareggiate provate.

Mareggiata	Novembre 1999	Novembre 2002	Settembre 2004
H_s (m)	2.23	2.20	2.13
T_p (s) 2	7.89	9.18	8.63

Relativamente al trasporto di sedimenti, è stata scelta la relazione (6) per il trasporto al fondo (Besio et al., 2003) e la (7) per il trasporto in sospensione (Camenen e Larson, 2008). I parametri utilizzati sono: $\lambda=0.6$, $\rho_s=2500 \text{ Kg/m}^3$, $d_{50}=1.5\text{mm}$, $\gamma=0.1$.

Risultati

Le simulazioni effettuate mediante il solutore numerico idro-morfodinamico hanno permesso di fare un primo confronto tra gli effetti indotti dalle tre diverse mareggiate in esame (Tab. 2), sempre considerando che, dopo il trasferimento ondoso a 4m di profondità, la differenza tra gli spettri ottenuti risiede quasi esclusivamente nel periodo di picco T_p , che è sempre maggiore nel caso di mareggiate da levante-scirocco, come quella del Novembre 2002.

Inoltre, è stata analizzata l'evoluzione del fondale ottenuta per le diverse posizioni delle opere sommerse (vedi Tab. 1), mettendo a confronto i profili di spiaggia in corrispondenza sia della sezione centrale delle scogliere, sia del varco tra esse.

Influenza delle caratteristiche della mareggiata

Le tre mareggiate testate (vedi Tab. 2) danno risultati molto simili in termini di variazione del profilo di spiaggia, come si vede nei pannelli inferiori di Figura 2. Infatti, nonostante i periodi di picco (T_p) siano abbastanza diversi tra loro, le altezze significative sono molto simili, ovvero $H_s=(2.13-2.23)\text{m}$.

Si nota una certa somiglianza tra i pattern di erosione/accrescimento. In prossimità della linea di riva indisturbata ($x=240\text{m}$) è evidente la tendenza all'erosione e quindi all'arretramento della spiaggia. Tale comportamento è ben più visibile nel caso della mareggiata del Novembre 2002, la quale, essendo caratterizzata da un maggiore periodo di picco, interessa una parte della *swash zone*, e di conseguenza una regione di erosione, più estesa.

La stessa filosofia riguarda tutta la fascia che circonda le opere sommerse, caratterizzata da scavi localizzati, in particolare nelle zone lato terra e lato mare, dove l'erosione è ben più evidente: anche in questo caso la mareggiata del Novembre 2002 genera una zona di erosione più estesa.

La parte della spiaggia compresa tra $x=0$ e $x=120\text{m}$ risente della riflessione ondosa dovuta alla presenza delle opere, che genera pattern di erosione ed accrescimento in funzione della lunghezza dell'onda (e quindi del periodo di picco). Le barre sommerse che si formano (in rosso nei pannelli inferiori di Fig. 2) sono parallele

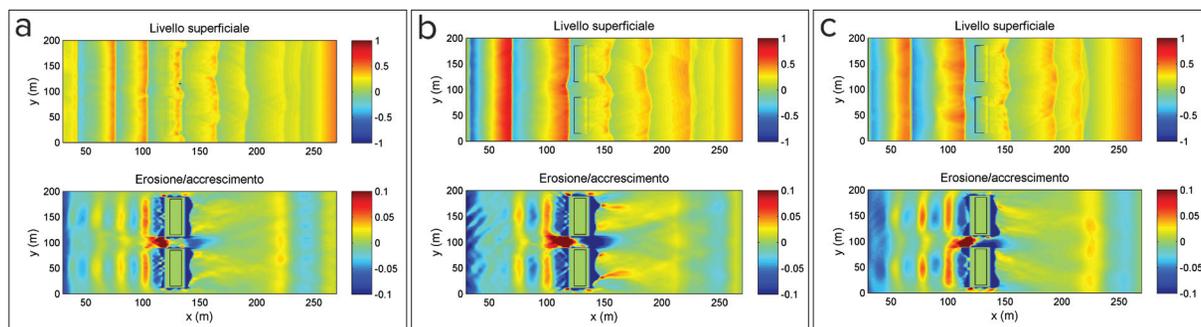


Figura 2 - Livello liquido superficiale (sopra) e pattern di erosione/accrescimento (sotto) indotti dalle mareggiate del Novembre 1999 (a), Novembre 2002 (b), Settembre 2004 (c).

alle scogliere e si interrompono in corrispondenza del varco, dove l'idro-morfodinamica risulta piuttosto diversa. All'aumentare del periodo di picco, la distanza reciproca tra le barre aumenta.

Per quanto riguarda il varco tra le due scogliere, in ciascuna mappa si nota la generazione di una buca piuttosto evidente per $x > 130\text{m}$ (in blu) e un altrettanto evidente accumulo per $x < 130\text{m}$ (in rosso). Ciò evidenzia l'intenso flusso di ritorno che si muove dalla zona protetta verso il largo, generando una notevole erosione, ed un intenso flusso entrante determinato dalle onde che sopraggiungono. L'interazione tra i due flussi all'interno del varco provoca l'accumulo di sabbia nella porzione più esterna del varco stesso, che si estende per circa 30m, fino a $x \approx 100\text{m}$. Anche in questo caso, un periodo di picco maggiore è correlato ad un maggior accumulo di materiale.

In conclusione, tutti i pattern di erosione/accrescimento che si generano nella spiaggia sono più intensi quando il forzante esterno è una mareggiata caratterizzata da un elevato periodo di picco ($T_p = 9.18\text{s}$) e meno evidenti quando il periodo di picco si riduce ($T_p = 7.89\text{s}$).

Influenza della posizione delle scogliere

In questa sezione verranno discussi gli effetti della posizione delle scogliere sommerse all'interno del dominio utilizzato per le simulazioni numeriche. In particolare, sono stati confrontati i profili di spiaggia ottenuti in corrispondenza delle sezioni trasversali poste a $y = 50\text{m}$ (a metà della prima scogliera), $y = 100\text{m}$ (in corrispondenza del varco) e $y = 150\text{m}$ (a metà della seconda scogliera). I risultati relativi alle sezioni poste in corri-

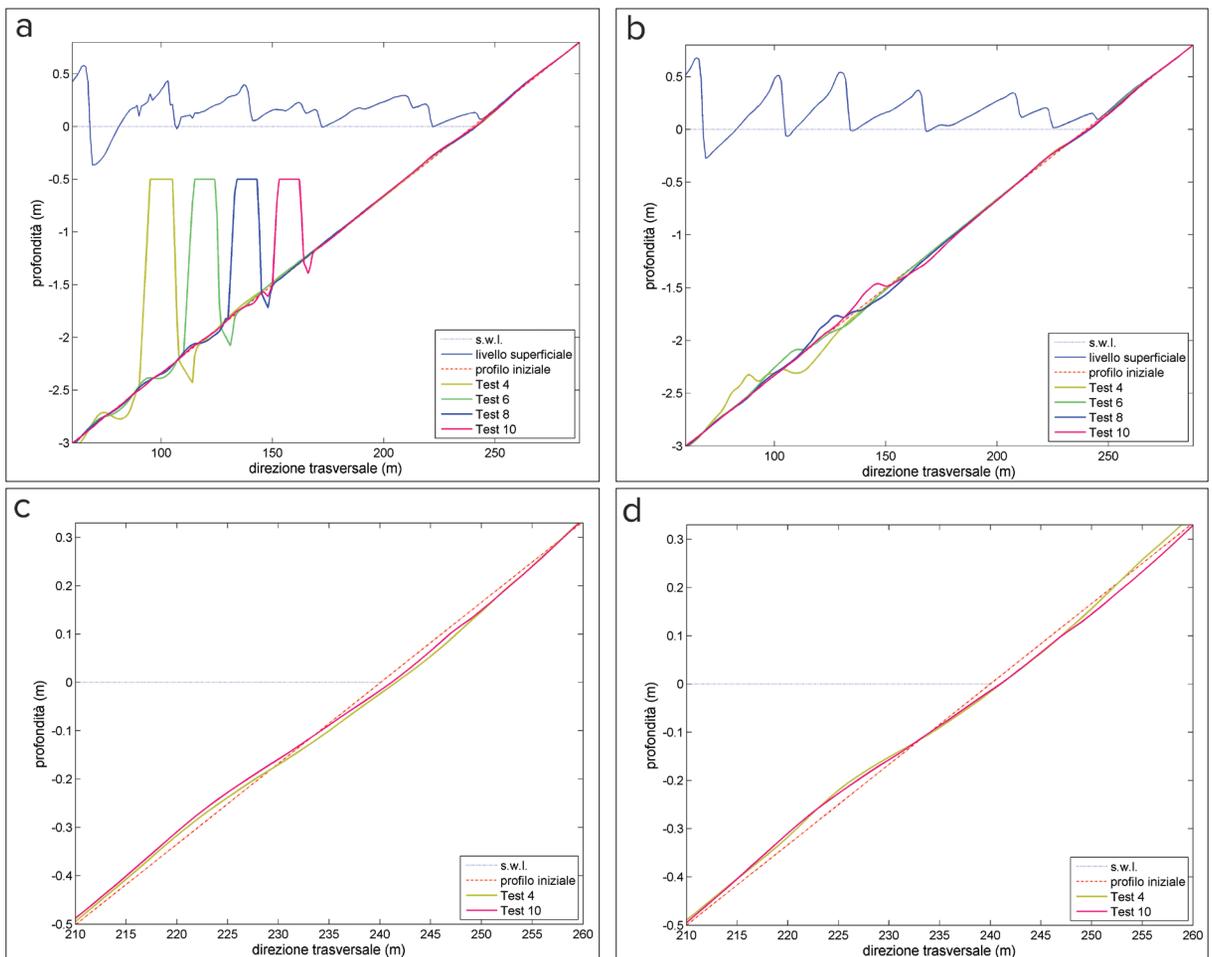


Figura 3 – Profili di spiaggia generati dalla mareggiata del Novembre 1999, dopo 8000s, in corrispondenza delle sezioni trasversali poste a $y = 50\text{m}$ (a,c) e $y = 100\text{m}$ (b,d); la distanza da riva delle opere è pari a 150m (giallo), 130m (verde), 110m (blu), 90m (magenta).

spondenza delle scogliere sono piuttosto simili a causa della simmetria del problema, perciò di seguito sono presentati i profili finali ottenuti in corrispondenza della prima scogliera (Fig. 3a,c) e del varco (Fig. 3b,d). In particolare, nella Figura 3 sono rappresentati i profili di spiaggia di alcuni dei test numerici, ottenuti dopo circa 2h15' (precisamente 8000s, corrispondente al tempo necessario affinché l'altezza significativa spettrale coincida con l'altezza significativa che si vuole riprodurre: $H_{m0} = H_s = 2.23\text{m}$) per effetto della mareggiata del Novembre 1999, ovvero quella caratterizzata dalla maggiore energia spettrale. Il livello dell'acqua in quiete è rappresentato dalla linea tratteggiata blu, mentre il profilo iniziale della spiaggia è dato dalla linea tratto-punto rossa. I test scelti come rappresentativi sono quelli caratterizzati da una distanza delle scogliere dalla riva pari a 150m (Test 4, giallo), 130m (Test 6, verde), 110m (Test 8, blu) e 90m (Test 10, magenta). Quello che si evince dal confronto di Figura 3 – Profili di spiaggia generati dalla mareggiata del Novembre 1999, dopo 8000s, in corrispondenza delle sezioni trasversali poste a $y=50\text{m}$ (a,c) e $y=100\text{m}$ (b,d); la distanza da riva delle opere è pari a 150m (giallo), 130m (verde), 110m (blu), 90m (magenta). Si è che le scogliere più vicine a riva producono una minore movimentazione dei sedimenti. Infatti, relativamente alla parte protetta della spiaggia, lo scavo ai piedi dell'opera è molto maggiore nel Test 4 che nel Test 10, ovvero circa il doppio. Allo stesso modo, nella zona lato mare rispetto alle opere, la variazione del profilo di spiaggia è molto evidente in caso di opere poste lontano dalla riva: il fondale assume, infatti, una conformazione sinusoidale, con pattern di erosione/accrescimento marcati a causa della riflessione di onde piuttosto alte che, nella maggior parte dei casi, non arrivano sulla scogliera in condizione di frangimento. Più le opere vengono sistemate vicino a riva, minore sarà l'intensità delle onde frangenti sulle scogliere e, di conseguenza, la loro influenza sulla morfologia della spiaggia.

Dalla Figura 3 – Profili di spiaggia generati dalla mareggiata del Novembre 1999, dopo 8000s, in corrispondenza delle sezioni trasversali poste a $y=50\text{m}$ (a,c) e $y=100\text{m}$ (b,d); la distanza da riva delle opere è pari a 150m (giallo), 130m (verde), 110m (blu), 90m (magenta). Si nota come la movimentazione dei sedimenti in corrispondenza del varco non cambi molto tra i test effettuati, sebbene ci sia una traslazione verso riva del pattern di erosione/accrescimento, muovendosi dal Test 4 al Test 10. Il Test 4 provoca, inoltre, un'erosione molto più evidente rispetto a tutti gli altri test ($x \approx 100\text{m}$).

In ciascuna delle due sezioni trasversali, la variazione del fondale in prossimità della riva risulta essere molto ridotta, con una tendenza all'accrescimento nella zona sommersa ($d \approx -0.25\text{m}$) e all'erosione nella parte emersa ($d \approx 0.1\text{m}$). Infatti, come si nota dagli ingrandimenti delle due sezioni analizzate (Fig. 3c e Fig. 3d), non c'è una grande differenza nella morfologia che si ottiene alla fine del test, in prossimità della battigia, se la distanza delle opere dalla riva è di 90m (magenta) piuttosto che di 150m (giallo). L'ordine di grandezza della variazione del fondale è lo stesso per quanto riguarda sia l'accrescimento nella parte sommersa, sia l'erosione nella parte emersa, in corrispondenza sia della scogliera (Fig. 3c), sia del varco (Fig. 3d). Infatti, in ogni caso non si va oltre i (2-3)cm di accrescimento o erosione. L'arretramento della linea di costa è invece sempre pari a circa 1m. Si nota qualche differenza relativamente alla conformazione del fondale nella parte emersa della sezione centrale (Fig. 3d, $x > 248\text{m}$), dove la maggior prossimità a terra delle scogliere induce un'erosione più accentuata. In sintesi, ciascuno dei test numerici genera un'importante variazione del fondale, soprattutto in prossimità delle scogliere sommerse. I punti più rilevanti che sono stati evidenziati sono: i) l'aumento dello scavo, lato terra delle opere, all'aumentare della distanza da riva, ii) pattern di erosione/accrescimento, che si generano lato mare, più evidenti all'aumentare della distanza da riva, iii) la tendenza alla formazione di una barra sommersa nella zona di *swash*, iv) l'arretramento della linea di riva pressoché costante al variare della distanza da riva delle scogliere.

Conclusioni

Nel presente lavoro sono stati illustrati i risultati di alcune simulazioni numeriche effettuate mediante un solutore numerico idro-morfodinamico basato sulle equazioni delle acque basse (NSWE) e sull'equazione di Exner. Tali simulazioni sono state realizzate con lo scopo di capire quale sia l'influenza della distanza tra un'opera di difesa e la riva sulla morfodinamica che caratterizza una spiaggia piana (pendenza 1:60). A questo scopo sono state utilizzate due opere rigide sommerse posizionate, di volta in volta, ad una distanza variabile tra 90m e 180m dalla linea di riva in quiete.

Alcune mareggiate, realmente registrate nel Mar Adriatico e trasferite dal largo fino ad una profondità di 4m, sono state utilizzate come forzanti ondosi per le simulazioni. Tali mareggiate hanno fornito risultati, in

termini di variazione del fondale, confrontabili tra loro.

Per quanto riguarda, invece, gli effetti sulla morfodinamica della posizione delle opere rigide, i pattern di erosione/accrescimento, che si generano a terra e a mare delle opere stesse, sono tanto più evidenti quanto maggiore è la distanza da riva delle strutture. La morfodinamica che si instaura all'interno del varco tra le opere consiste in un accumulo di materiale nella parte *offshore* e in uno scavo nella parte *inshore*. Tale conformazione del fondale è tanto più marcata quanto più distanti sono le opere dalla riva. Al contrario, la zona di battigia sembra non risentire quasi per niente della posizione delle scogliere: infatti, la duna che si genera nella parte sommersa e l'arretramento della linea di costa sembrano avere la stessa entità al variare della distanza da riva delle opere.

Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare il Prof. A. Mancinelli, il Prof. M. Brocchini ed il Dott. C. Lorenzoni per gli utili suggerimenti e consigli che hanno permesso di sviluppare il presente lavoro.

Bibliografia

- Brocchini M., Bernetti R., Mancinelli A., Albertini G. (2001) - *An efficient solver for nearshore flows based on the WAF method*. Coast. Engng., 43: 105-129.
- Brocchini M., Kennedy A.B., Soldini L., Mancinelli A. (2004) - *Topographically-controlled, breaking wave-induced macrovortices. Part 1. Widely separated breakwaters*. J. Fluid Mech. 507: 289-307.
- Camenen B., Larson M. (2008) - *A general formula for noncohesive suspended sediment transport*. J. Coast. Res., 24(3) : 615-627.
- Dean R. G. (1977) - *Equilibrium beach profiles: US Atlantic and Gulf Coasts*. Ocean Engineering Technical Report n. 12, Department of Civil Engineering and College of Marine Studies, University of Delaware, Newark, DE, USA.
- González M., Medina R., Losada M.A. (1999) - *Equilibrium beach profile model for perched beaches*. Coast. Engng., 36: 343-357.
- Grass A.J. (1981) - *Sediment transport by waves and currents*. SERC London Cent. Mar. Technol., Report FL29.
- Kraus N.C. (1992) - *Engineering approaches to cross-shore sediment transport processes*. Proc. Short Course of the 23rd Int. Conf. on Coast. Engng., ASCE: 175-209.
- Kriebel D.L., Dean R.G. (1993) - *Convolution method for time-dependent beach-profile response*. J. Waterw. Port Coast. Ocean Engng., 119 (2): 204-227.
- Mancinelli A., Lorenzoni C., Soldini L. (2000) - *Evoluzione dei profili di spiaggia in presenza di barre o barriere artificiali sommerse*. Atti del XXVII° Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Genova, IV: 277-285.
- Postacchini M., Brocchini M. (2012) - *A hydro-morphodynamic model for the nearshore region: resolution of the Exner equation*. Proc. 22nd Intern. Offshore and Polar Engng. Conf., Rodi, Grecia.
- Postacchini M., Brocchini M., Corvaro S., Lorenzoni C., Mancinelli A. (2011) - *Comparative analysis of sea wave dissipation induced by three flow mechanisms*. J. Hydr. Res., 49(4): 554-561
- Postacchini M., Brocchini M., Mancinelli A., Landon M. (2012) - *A multi-purpose, intra-wave, shallow water hydro-morphodynamic solver*. Adv. Water Resour., 38: 13-26.
- Scarsi G. (1995) - *Caratteristiche meteomarine: trasformazione sottocosta degli eventi di moto ondoso*. Atti delle Giornate Italiane di Ingegneria Costiera, AIPCN-PIANC, Ravenna, 12-14/10/1995.

Sulcis e Iglesiente. Un modello paesaggistico costiero

Adriano Dessì

DICAAR (Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura), Università di Cagliari
E-mail: adrianodessi@unica.it

“Il paesaggio è il riflesso di una organizzazione dello spazio, di una maniera propria degli oggetti sociali di organizzarsi, rivelarsi nel territorio, delle storie che tali ordini hanno determinato”. E. Turri, *Il Paesaggio come teatro*.

Il presente contributo descrive alcuni aspetti fondamentali del *Programma di riassetto e razionalizzazione del sistema portuale del Sulcis e dell'Iglesiente e studio di fattibilità*, condotto dal Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambiente e Architettura in collaborazione con i dipartimenti di Economia dell'Università degli Studi di Cagliari e la Provincia di Carbonia-Iglesias. Tale studio è qui interpretato come la costruzione di un *modello paesaggistico integrato costiero*, che vede la costa non solo come luogo dell'implementazione infrastrutturale a fini turistici, ma come vero e proprio paesaggio multifunzionale, costituito da luoghi di eccellenza ambientale e storico-culturale, da servizi e spazi urbani attrezzati, da infrastrutture ritagliate su un delicato ecosistema che legano ricettività, accessibilità territoriale e intermodalità. Questa immagine di “costa-paesaggio” appare una prospettiva fondamentale per ritrovare quella dimensione di “natura umanizzata” (Turri, 1974) che ricongiunge necessità di preservazione e tutela con grandi potenzialità di sviluppo turistico-culturale, nel momento più critico della ricerca di un modello di sviluppo alternativo a quello industriale-estrattivo che per tutto il novecento ha segnato la storia di questo territorio. Il contesto naturale del Sulcis Iglesiente, ma soprattutto dell'area costiera, è un sistema ambientale con differenti livelli di peculiarità morfologiche, naturalistiche ed ecosistemiche. Questo è il motivo più forte dell'evoluzione storica della regione costruitasi, fin da epoca romana (si pensi al mito di *Metalla*), sull'intensa attività estrattiva delle sue risorse.

Il Sulcis e l'Iglesiente infatti, oltre ad essere terre minerarie – metallifere a nord e carbonifere a sud - sono terre di saline, per le ampie superfici salmastre e paludose che contraddistinguono le coste basse (dal Golfo di Palmas a capo Altano); sono occupati per una grande parte dai due massicci sud occidentali, quello del Linas-Marganai a nord, e quello del Sulcis a sud; sono infine terre agricole, soprattutto nelle valli meridionali e nelle isole, contraddistinte da suoli molto ricchi, adatti alle colture specializzate. La palude di Sa Masa tra Funtanamare e Gonnese, rappresenta un complesso e delicato sistema ambientale di passaggio tra il sistema metallifero e quello carbonifero a sud (Atzeni, 2011).

Lo studio propone di sfruttare queste qualità ambientali e naturalistiche sia come strumenti per concepire un sistema di “viabilità” verde capillare tra la rete principale delle infrastrutture e i luoghi costieri, sia di attivarne uno complementare via mare, attraverso piccoli approdi “reversibili”, talvolta a recupero di quelli minerari antichi, talvolta rafforzando quella fitta rete di attracchi naturali storicizzati che si sviluppano su tutta la costa. Carloforte, Calasetta, Sant'Antioco, Gonnese, costituiscono inoltre il principale sistema regionale di centri di fondazione sabauda trado-settecentesca e, insieme a Portoscuso, che invece ha ascendenze più antiche, hanno costituito una complessa rete di centri tutti rivolti verso il “mare interno” sulcitano, che per molto tempo si è trovata, spesso in modo univoco all'interno del contesto sardo, al centro dei traffici economici del versante occidentale mediterraneo. Questo carattere si è rafforzato sensibilmente tra l'800 e il '900 con la storia industriale - ed in particolar modo mineraria - del Sulcis Iglesiente, vero e dominante bacino indu-

striale storico della Sardegna sino a tempi recentissimi. Queste città si fondano su disegni chiari e razionali costituiti da isolati quadrangolari ben definiti che si confrontano con antiche realtà e culture portuali. Il ruolo di questi centri, soprattutto di Carloforte, era sostanziale anche all'attività mineraria perché sedi dei nuclei cantieristici navali e dimora di numerose flotte, essenziali per il trasporto via mare delle materie prime estratte dai centri metalliferi dell'Iglesiente. Tutti questi centri ospitavano, inoltre, le sedi più attive del sistema delle *tonnare* e della *rete del sale*, competitivi dispositivi di produzione e di mercato che ne influenzarono non poco le forme urbane, oltre che le economie. Il sistema delle saline, che si sviluppa quasi senza soluzione di continuità in tutto il golfo di Palmas e nelle isole minori, è infatti un vero e proprio paesaggio parallelo unificante, una sorta di codice produttivo-ambientale che ha conferito qualità e diversificazione economico paesaggistica ad una regione spesso improntata su grandi economie produttive dominanti e monofunzionali. Il declino delle economie storiche e le mutazioni urbane che questi centri hanno subito dalla seconda metà del novecento, porta oggi a riconsiderarli entro un'ottica paesaggistica di sviluppo integrato della costa. La possibilità di vedere in questi dei poli catalizzatori del sistema ricettivo turistico, attraverso la riqualificazione e l'adeguamento delle loro infrastrutture portuali diportistiche e commerciali, viene interpretata attraverso un loro "riavvicinamento al mare", ipotizzando dei veri e propri waterfront attrezzati, che articolano spazio pubblico e costruito come avviene nella gran parte degli insediamenti portuali storici del Mediterraneo (Matvejević, 1991).

L'aspetto nodale della conversione di questo territorio in un paesaggio, passa dalla riconversione dell'imponente rete delle risorse culturali e delle infrastrutture legate all'attività mineraria. Il progetto per un sistema di "costa delle miniere" contenuto nello studio proposto, oltre che mettere in campo il recupero architettonico e la riqualificazione coordinata dei manufatti dismessi, delle infrastrutture e degli spazi pubblici, ha introdotto per la prima volta, un progetto di "interventi coordinati" sia tra i centri urbani che tra le differenti realtà territoriali, legati alla promozione e valorizzazione reciproca del patrimonio storico-culturale, attraverso una strategia di costruzione di una rete di elementi-simbolo, di riconoscimento dei luoghi e di evidenziazione delle dominanti culturali del paesaggio storico.

Questa parte dello studio in particolar modo si articola:

- nel recupero dei manufatti "eccellenti" che costituiscono il paesaggio degli *oggetti-landmarks* delle centrali elettriche, delle grandi sale impiantistiche, dei tralicci, dei pozzi e delle torri minerarie, che segnano il territorio in modo decisivo e appaiono oggi come elementi di paesaggio strategici e iconici, di un rinnovato orientamento e senso percettivo territoriale costiero, veri elementi iconemici (Turri, 1974);
- nella riqualificazione e valorizzazione degli antichi percorsi dell'attività estrattiva attraverso una serie di interventi paralleli sul recupero dei vecchi tracciati a scartamento ridotto d'uso prettamente minerario, che introduce importanti diversificazioni all'interno della stessa idea di sviluppo territoriale in senso turistico-culturale, offrendo una modalità dinamica di percepire il "museo territoriale a cielo aperto" delle miniere e la stessa costa, sulla quale questi percorsi si sviluppano;
- la riattivazione della rete dei vecchi approdi minerari che oggi rappresentano la traccia più evidente di quel mondo minerario che pur radicato nell'entroterra e nel sottosuolo, puntella la costa, determinando un sistema paesaggistico di luoghi singolari, un sistema diffuso di elementi primari del paesaggio. Tale azione può intendersi come l'opportunità più concreta di integrare i servizi legati alla ricettività turistica costiera più generale con quelli culturali della memoria storica del paesaggio minerario.

L'ipotesi che i processi di riqualificazione puntuale che si iscrivono all'interno di un sistema di complementarietà, funzionali certamente, ma che concorrono alla riattivazione del paesaggio minerario in senso culturale più ampio, possano costituire una nuova mappa di conoscenza e di sviluppo territoriale appare, alla luce di queste brevi considerazioni, molto concreta. Si può considerare in tale direzione il sistema costiero del Sulcis e dell'Iglesiente, *un complesso paesaggistico culturale aperto* nel quale questi differenti temi e progettualità, concorrono al rafforzamento progressivo dell'immagine e delle peculiarità storico-ambientali di questa regione.

Bibliografia

- Atzeni P. (2011) - *Paesaggi della cura paesaggi vitali. Territori e ambienti minerari della Sardegna*, Roma, pp. 75-96.
 Matvejević P. (1991) - *Breviario Mediterraneo*, Milano, 308 pp.
 Turri E. (2006) - *Il paesaggio come teatro. Dal territorio vissuto al territorio rappresentato*, Venezia, 240 pp.
 Turri E. (2008) - *Antropologia del Paesaggio*, Venezia, 312 pp.

Programma integrato di valorizzazione del patrimonio marittimo-costiero della Sardegna

Tiziana Lai, Alessio Satta, Maria Pina Usai, Matteo Lecis Cocco-Ortu

Agenzia Conservatoria delle coste-Regione Autonoma della Sardegna, Via Mameli, 96 – 09123 Cagliari
E-mail: ag.conservatoria.coste@regione.sardegna.it

Al fine di conciliare gli interessi privati e pubblici sul diritto all'uso del suolo in ambito costiero, la Regione Sardegna si avvale di un insieme di strumenti normativi quali: il piano paesaggistico regionale, i piani territoriali di coordinamento, i piani urbanistici comunali, i piani di gestione dei parchi nazionali, delle aree marine protette e delle aree SIC e ZPS.

La Conservatoria delle coste, agenzia tecnico-operativa regionale, ha lo scopo di completare l'azione degli strumenti di programmazione e di regolamentazione svolgendo compiti di gestione integrata delle aree costiere di particolare rilevanza paesaggistica ed ambientale, di proprietà regionale o poste a sua disposizione da parte di soggetti pubblici o privati (LR 2/2007) e che quindi assumono la qualità di aree di conservazione costiera gestite sulla base del protocollo di gestione integrata delle zone costiere (GIZC) (Raccomandazione 2002/413/CE).

Nel 2011 (delibera GR n. 52/36 del 23/12/2011) sono stati affidati alla Conservatoria delle coste 15 siti dove sono presenti fari, stazioni semaforiche, stazioni dei segnali e di vedetta (Fig. 1), testimonianze della lunga storia marittima della Sardegna, che pur mantenendo completamente integro il valore storico-architettonico, si trovano in precarie condizioni di conservazione e spesso necessitano di interventi di messa in sicurezza o di manutenzione rilevanti.

Nell'ambito del Programma Regionale di Sviluppo, la messa in valore del patrimonio di questi beni, elementi caratteristici dei territori marittimi e insulari, è di fondamentale importanza all'interno di una strategia di sviluppo locale sostenibile. L'approccio metodologico si basa sul concetto di "valorizzazione" inteso come "messa in valore" delle qualità proprie del bene, interpretazione che mette l'accento sulla necessità di scoprire, di

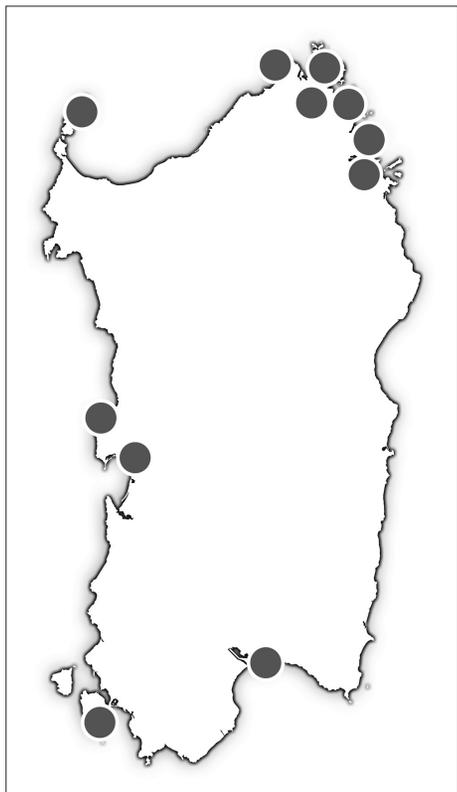


Figura 1 - Localizzazione dei beni affidati alla Conservatoria delle coste. Fari: Punta Filetto, Razzoli (La Maddalena), Capo d'Orso (Palau), Capo Mannu (S. Vero Milis); Stazioni Semaforiche: Capo Ferro (Arzachena), Capo Figari (Golfo Aranci), Punta Falcone (S. Teresa di Gallura), Punta Scorno (Porto Torres), Capo Sperone (S. Antioco); Vedette: Puntiglione, Testiccioli e Marginetto (La Maddalena), Capo Ceraso (Olbia); Torri: Torregrande (Oristano), Capo Sant'Elia (Cagliari).

tutelare e di evidenziare il valore intrinsecamente già presente nel bene, prioritariamente rispetto a qualsiasi obiettivo economico (Salzano, 2011).

Il Programma Integrato di Valorizzazione (PIV), che di fatto rappresenta la prima esperienza di valorizzazione sistemica di fari e semafori in Italia, è stato costruito attraverso un approccio di pianificazione strategica (Cicerchia, 2000) ed è suddiviso in sei fasi (Fig. 2):

1) *Definizione di finalità e obiettivi*

Sulla base della definizione del “valore” dei beni nel contesto culturale e sociale della Sardegna e del paesaggio del Mediterraneo sono state definite le finalità e gli obiettivi in relazione agli ambiti principali di interesse: paesaggistico, architettonico, ambientale, sociale, culturale, economico e turistico.

2) *Analisi iniziale*

La fase conoscitiva iniziale comprende: l’analisi del ruolo dei fari e dei segnalamenti marittimi nella storia recente della navigazione in Sardegna, l’analisi architettonica e tipologico-funzionale dei singoli beni (compresa l’analisi del degrado), l’analisi giuridico-amministrativa (internazionale, nazionale e regionale) e l’analisi del contesto socio-economico (in ambito regionale e locale) oltre alla ricognizione di esempi internazionali e nazionali di valorizzazione del patrimonio marittimo-costiero.

3) *Processo di coinvolgimento dei portatori di interesse*

In questa fase sono stati identificati i portatori d’interesse, pubblici e privati (Enti Locali, associazioni ecc.) ed è stato contestualmente avviato un processo di coinvolgimento attraverso l’attivazione del blog SardegnaFari [<http://sardegnafari.wordpress.com>] e la realizzazione di incontri pubblici organizzati nel territorio.

4) *Formulazione della Strategia*

L’elaborazione dei risultati del processo di partecipazione ha fornito la base per la valutazione dei possibili scenari di valorizzazione dei beni e la declinazione delle finalità definite nella Fase I in obiettivi e azioni specifici.

5) *Implementazione della Strategia*

In questa fase sono state definite le modalità di individuazione dei soggetti gestori tramite procedure ad evidenza pubblica (Partenariato Pubblico Privato nel caso in cui non sia possibile la gestione diretta o l’affidamento in uso a enti o associazioni presenti nel territorio), e le modalità di gestione dei beni attraverso il coordinamento regionale. Infine sono state definite linee guida tematiche sia per la fase progettuale (restauro e recupero conservativo, efficienza energetica e gestione sostenibile delle risorse naturali) sia per la fase di gestione (progettazione degli spazi interni, immagine coordinata e logotipo).

6) *Monitoraggio, controllo e revisione*

Sono stati individuati gli indicatori necessari per il monitoraggio dei risultati del PIV.

Definiti il contesto e gli obiettivi del PIV, per ogni bene è stata realizzata una scheda di approfondimento nella quale sono contenute le ipotesi di riuso, derivanti dalla sintesi tra l’analisi del bene e del territorio su cui il bene insiste, e i risultati del processo di partecipazione. Le ipotesi di riuso sono riferite al contesto locale considerando il singolo bene come parte di una rete.

In seguito all’approvazione del PIV da parte della Giunta Regionale la Conservatoria delle coste avvierà le procedure di valorizzazione per ogni singolo bene e, contestualmente, l’azione di coordinamento di tutti i 15 beni affidati attraverso la gestione integrata dell’offerta turistico-culturale.

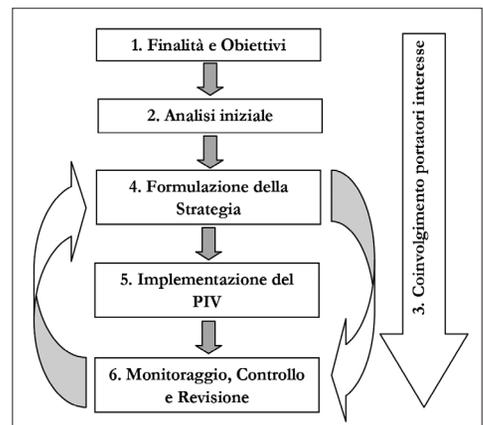


Figura 2 - La metodologia adottata per il PIV.

Bibliografia

- Cicerchia A. (2000) - *Pianificazione strategica e ambiente. Teorie, metodi, strumenti, esperienze internazionali*. Franco Angeli Ed. ISBN: 9788846419095.
- Salzano E. (2011) - *Il significato del patrimonio culturale e paesaggistico fino alle recenti modifiche normative del Codice dei Beni Culturali*. Convegno “Finestre sul paesaggio” Cagliari 2-3 dicembre 2011.

Implementazione e validazione di un modello d'onda nel Mediterraneo

Lorenzo Mentaschi

DICCA: Dipartimento di Ingegneria Chimica, Civile ed Ambientale, Università di Genova
E-mail: lorenzo.mentaschi@unige.it.

Nel presente lavoro è stato effettuato uno studio delle prestazioni del modello WAVEWATCH III nel Mediterraneo, su diciassette casi studio corrispondenti a mareggiate nel Mediterraneo occidentale. Diversi termini sorgente di crescita/smorzamento e parametrizzazioni sono stati confrontati, alla ricerca di quello che meglio descrive la dinamica delle onde. I risultati delle simulazioni sono stati comparati con le misurazioni di boe ondametriche italiane e spagnole. Un'analisi degli indicatori d'errore ha mostrato che un paragone efficace tra le prestazioni dei diversi termini sorgente può essere effettuato tramite l'indicatore di *bias*. L'indagine ha indicato il termine sorgente di Ardhuin et al. (2008) come migliore, anche se esso tende a sovrastimare lievemente la crescita dell'onda.

La dissipazione è l'aspetto meno conosciuto della dinamica delle onde, e la sua rappresentazione nei modelli d'onda di terza generazione è generalmente basata su metodi semiempirici calibrati in larga misura a posteriori sulla base di misure raccolte da boe, radar e satelliti. Questi dati provengono in gran parte dagli oceani, che presentano una dinamica delle onde caratterizzata da una prevalenza della componente di *swell*, mentre nei bacini chiusi come il Mediterraneo la crescita locale dovuta all'azione del vento appare prevalente (Ardhuin et al., 2007). Per questo motivo ci siamo proposti di effettuare una validazione del modello WAVEWATCH III nel contesto del bacino Mediterraneo, in particolare del termine di crescita e smorzamento di ultima generazione sviluppato da Ardhuin et al. (2008).

Ampliando una precedente analisi (Mentaschi et al., 2012a), la validazione è stata effettuata su diciassette casi studio corrispondenti a mareggiate nel Mediterraneo occidentale. I dati di vento sono stati elaborati utilizzando il modello WRF. Il modello WWIII è stato integrato su una griglia estesa a tutto il Mediterraneo con risoluzione di circa 10 km.

Le simulazioni sono state eseguite utilizzando il diffuso *source term* di Tolman e Chalikov (1996) (d'ora innanzi indicato con TC) e Ardhuin et al. (2008), con le parametrizzazioni di Bidlot et al. (2005) (d'ora innanzi indicata con BAJ) e la parametrizzazione chiamata ACC350 nel manuale di WWIII. Quest'ultima parametrizzazione introduce un termine innovativo che descrive la dissipazione in funzione della *drag velocity* del vento. Per i casi studio esaminati, un'analisi di sensitività è stata effettuata nello spazio dei parametri di ACC350, per comprendere se loro variazioni nei possano produrre migliori risultati. In totale sono state esaminate 43 differenti parametrizzazioni. I risultati sono stati confrontati con le misure di boe relative ad altezza d'onda significativa, periodo medio e direzione, tramite indicatori statistici di errore noti in letteratura: il *bias* normalizzato, definito da $(NBI = \sum(S_i - O_i) / \sum O_i)$, indica la deviazione media della simulazione dal dato osservato. Se il valore medio simulato è inferiore a quello osservato, il *bias* è negativo, altrimenti è positivo. Il coefficiente di correlazione (Corr) è stato usato per valutare la componente dell'errore dovuto alla dispersione dei valori simulati intorno al valor medio. Nella nostra analisi non abbiamo considerato il noto indicatore di errore quadratico medio (RMSE) perché il suo valore tende ad essere sistematicamente più basso (migliore) per simulazioni che sottostimano la previsione (Mentaschi et al., 2012b). Le prestazioni del modello variano in funzione delle condizioni attuali del mare e del vento. Per questo motivo gli indicatori statistici sono

stati valutati separatamente per diversi gruppi di boe, generati sulla base del bacino di appartenenza e delle condizioni registrate per ogni caso studio. In figura è riportato il diagramma di Taylor con i risultati delle simulazioni per le 43 parametrizzazioni esaminate, per tutti i gruppi di boe.

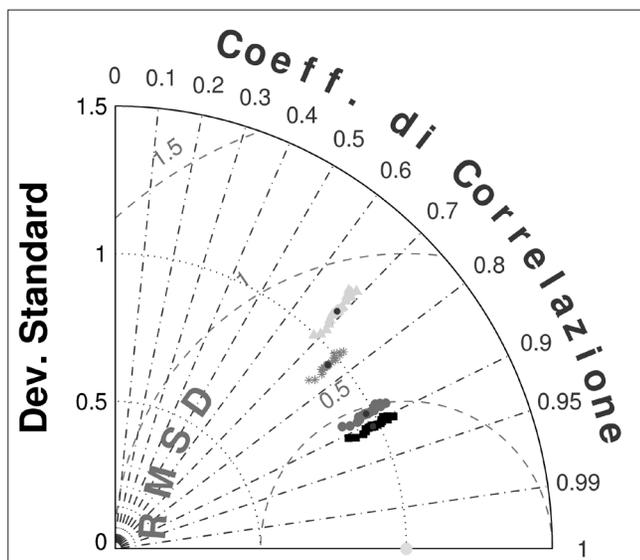


Figura 1 - Diagramma di Taylor dei dati di altezza significativa dell'onda per le 43 parametrizzazioni utilizzate nella validazione. I punti rossi sono relativi alle misure di tutte le boe, i punti neri alle boe tirreniche, i punti rosa alle boe ioniche, i punti verdi alle boe adriatiche.

nell'analisi di sensitività dei parametri ci siamo serviti del solo indicatore di *bias*. L'analisi di sensitività nello spazio dei parametri mostra che variazioni rispetto ad ACC350 che comportano una piccola riduzione della crescita dovuta alla forzante vento, o un leggero aumento della dissipazione, incrementano lievemente la qualità della simulazione. Questo risultato indica che la parametrizzazione ACC350 sovrastima leggermente la crescita dell'onda, come si vede dal fatto che la misura del bias ad essa associato presenta generalmente valori positivi.

Bibliografia

- Ardhuin F., Bertotti L., Bidlot J.-R., Cavaleri L., Filipetto V., Lefevre, J.-M. Wittmann P. (2007) - *Comparison of wind and wave measurements and models in the Western Mediterranean Sea*. Ocean Engineering, 34: 526-541.
- Ardhuin F., Charpon, Collard B., Oueffoulou F., Filipot P., J.-F. e Harmon M. (2008) - *Spectral wave dissipation based on observations: A global validation*. Proc. Chinese German Joint Symposium on Hydraulic and Ocean Engineering, Darmstadt, Germany, Geramn Research Foundation (DFG), pp. 393-402.
- Bidlot J.-R., Abdalla S. e Janssen P. (2005) - *A revised formulation for ocean wave dissipation in CY25R1*. Research Dept. Tech. Rep. Memo. R60.9/JB/0516, ECMWF, Reading, United Kingdom.
- Mentaschi L., Besio G., Cassola F. e Mazzino A. (2012a) - *Implementazione e validazione di un modello di previsione e reanalisi del moto ondoso per il Mediterraneo Occidentale*. Proc. IDRA 2012, Brescia, Italia, pp. 8.
- Mentaschi L., Besio G., Cassola F. e Mazzino A., (2012b) - *Developing and validating a forecast/hindcast model system for the Mediterranean Sea*. Proc. ICS 2013, Plymouth, United Kingdom. Journal of Coastal Research, SP 65: 1551-1556.
- Tolman H.L. (2009) - *User manual and system documentation of WAVEWATCH III version 3.14*. Tech note 276, NOAA, NWS, NCEP, MMAB, pp. 194.

I risultati del nostro studio indicano che la parametrizzazione TC è affetta da rilevanti *bias* di altezza d'onda e periodo, per tutti i gruppi di boe considerati. Utilizzando il termine sorgente di Ardhuin et al. (2008) il *bias* risulta più basso, sia con parametrizzazione BAJ sia con parametrizzazione ACC350, e complessivamente quest'ultima fornisce i migliori risultati. Riteniamo che le migliori prestazioni di ACC350 siano legate alla migliore rappresentazione della dissipazione dell'onda dovuta ai recenti sviluppi nella comprensione di questo fenomeno (Ardhuin et al., 2008).

Un aspetto che abbiamo rilevato è lo scarso impatto dei termini di crescita e smorzamento sul coefficiente di correlazione tra serie simulata e osservata: anche usando termini sorgente molto diversi otteniamo valori del coefficiente di correlazione molto simili. Viceversa la calibrazione dei termini di crescita e smorzamento appare dominante nell'ottimizzazione della parte dell'errore legata al *bias*. Per questo per la valutazione delle parametrizzazioni sperimentate

L'approccio ICZM per la valutazione della vulnerabilità delle aree costiere della Sardegna

Alessio Satta

Direttore Generale Agenzia regionale Conservatoria delle coste, Cagliari, Italia

E-mail: alesatta@regione.sardegna.it

Le aree costiere sono particolarmente vulnerabili al cambiamento climatico e più specificamente all'aumento del livello del mare capace di generare una accelerazione di fenomeni quali erosione costiera, mareggiate e intrusione salina. La vulnerabilità delle aree costiere è legata a fattori specifici come la localizzazione geografica dell'area, la geomorfologia costiera, e dipende dalle caratteristiche ecologiche e socio-economiche dello stesso territorio. Inoltre, lo stato di vulnerabilità non rappresenta un elemento statico e permanente nel tempo. Anzi, l'esposizione, la sensitività e la capacità adattiva di una zona costiera evolvono col tempo e in funzione delle pressioni alle quali la zona è sottoposta.

L'adattamento ai cambiamenti climatici è raramente preso in considerazione negli studi relativi alla gestione integrata delle zone costiere. Una definizione adeguata della scala spaziale e temporale è fondamentale per la valutazione della vulnerabilità per definire buone azioni di gestione e opzioni di adattamento. Secondo Nicholls et al. (2007) quando gli sforzi, realizzati per ridurre i rischi legati al clima nei sistemi costieri, sono reattivi e di tipo "stand alone" sono meno efficaci rispetto a quando fanno parte di un processo di gestione integrata. La gestione integrata delle zone costiere è riconosciuta come il processo più adeguato per affrontare il cambiamento climatico, l'aumento del livello del mare e altre sfide, a corte e lungo termine, relative alla gestione delle coste (Nicholls et al., 2007; Nicholls e Klein, 2005).

La vulnerabilità dipende dal carattere, dall'ampiezza e dalla velocità del cambiamento e della variazione del clima al quale il sistema è esposto e il cui impatto fluisce a secondo della sensitività e della capacità adattiva dello stesso sistema (IPCC, 2007). La vulnerabilità dei sistemi costieri all'aumento del livello del mare e ad altri cambiamenti è determinata dalla sensitività, dall'esposizione e dalla capacità adattiva di questi stessi sistemi (Nicholls and Klein, 2005). Il concetto di valutazione della vulnerabilità delle zone costiere fu introdotto nel 1991 dal sottogruppo "Gestione delle zone costiere" (GZC) dell'IPCC e fu definito come il grado, o la capacità, di una nazione di affrontare le conseguenze legate all'aumento del livello del mare".

Il Coastal Vulnerability Indexes (CVI) rappresenta uno dei principali strumenti utilizzati per la valutazione della vulnerabilità costiera sebbene la maggior parte degli studi realizzati fino ad ora includano solo la dimensione fisico-ambientale del sistema costiero analizzato. Per rendere coerente il processo di valutazione della vulnerabilità con la pianificazione dell'adattamento, attraverso un approccio di GIZC, occorre integrare anche gli aspetti socio-economici. In tal senso possono essere utilizzati due approcci: 1. L'uso concomitante dell'indice CVI in associazione con altri indicatori che siano capaci di rappresentare meglio la complessità del sistema costiero 2. L'evoluzione della formulazione originale dell'indice CVI con l'integrazione della dimensione socio-economica dei sistemi. Una soluzione in tal senso è stata proposta da McLaughlin and Cooper (2010) attraverso la definizione del Multi-Scale Coastal Vulnerability Index (MS-CVI). Il MS-CVI include 3 sub-indici: (i) un sub-indice sulle caratteristiche della costa che descrive la suscettibilità e la resilienza all'erosione costiera (ii) un sub-indice relativo alla dinamica costiera, caratterizzato dalle variabili che contribu-

iscono all'erosione generata dall'azione marina, (iii) e un sub-indice socio-economico che descrive i targets potenzialmente a rischio. Le variabili individuate (un set per ogni scala spaziale analizzata) sono misurate su una scala che varia da 1 a 5, 5 corrisponde al valore più alto e 1 quello più basso. I sub-indici sono calcolati a partire dalla somma dei valori attribuiti ad ogni variabile. Il numero ottenuto è poi standardizzato secondo una scala che varia da 0 a 100.

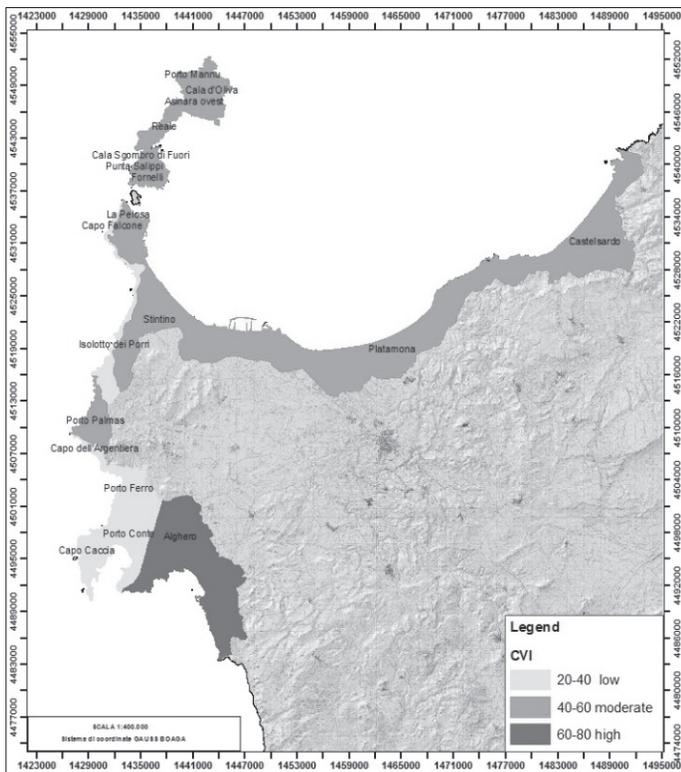


Figura 1 - Mappa di vulnerabilità costiera dell'area CAMP Nord.

grazie all'attribuzione di un valore per ogni unità fisica applicando la formula, $CVI = (CC \text{ sub-index} + CF \text{ sub-index} + SE \text{ sub-index})/3$. Il risultato viene rappresentato sulla mappa di vulnerabilità (Fig. 1).

In conclusione, l'applicazione del CVI modificato di McLaughlin e Cooper (2010) al caso specifico delle aree costiere del nord ovest della Sardegna ci porta alle seguenti conclusioni:

- Il CVI se integrato con indicatori socio-economici rappresenta uno strumento coerente con l'approccio GIZC ;
- Il sub-indice socio economico considera solo gli elementi infrastrutturali e gli insediamenti. La descrizione di attività economiche come il turismo (l'offerta turistica e la domanda stagionale), l'agricoltura (e.g. coltivazioni) o la pesca (specie minacciate dalla variazione della temperatura) dovrebbero essere integrate;
- MS-CVI Index rappresenta uno strumento interessante per implementare le politiche di adattamento basate sull'approccio ICZM.

Bibliografia

ETC/ACC (2011) - *Methods for assessing coastal vulnerability to climate change*, 93 pp.

IPCC (2007) - *Summary for Policymakers*. In Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., Van der Linden P.J. and Hanson E.E. (eds.), 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.

McLaughlin S. and Cooper J.A.G. (2010) - *A multi-scale coastal vulnerability index: A tool for coastal managers?*

Nicholls R.J. e Klein R.J.T. (2005) - *Climate change and coastal management on Europe's coast*.

Nicholls R.J. et al. (2007) - *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

La Conservatoria delle coste, nell'ambito del progetto CAMP, ha applicato tale approccio alle aree costiere del nord ovest della Sardegna con l'obiettivo di definire una strategia di adattamento all'innalzamento del livello del mare. Rispetto al CVI McLaughlin (2010), sono state prese in considerazione altre variabili quali: lo stato della prateria di posidonia, la percentuale di costa artificiale e una migliore caratterizzazione del regime energetico offshore. Non essendo soggetti a nessun tipo di variazione nella zona di studio, i parametri come la temperatura e la siccità non sono stati presi in considerazione in questa analisi. L'indice finale CVI è calcolato a partire dalla media dei valori dei tre sub-indici, utilizzando la formula: $CVI = (CC \text{ sub-index} + CF \text{ sub-index} + SE \text{ sub-index})/3$. Cinque gradi di vulnerabilità sono stati definiti, dal più basso al più alto, come definiti nella tabella. Le unità fisiografiche considerate per le aree di studio sono 13: Alghero, Porto Conte, Capo Caccia, Porto Ferro, Capo Argentario, Porto Palmas, Isolotto dei Porri, Capo Falcone, La Pelosa, Stintino, Platamona, Foci Coghinas, Isola dell'Asinara. I tre sub-indici sono calcolati

Evoluzione di una barra artificiale (Alto Adriatico)

Kizzi Utizi

Dip.to di Fisica e Scienze della Terra - Università degli Studi di Ferrara

E-mail: kizzi.utizi@unife.it

La necessità di proteggere e preservare il litorale e la volontà di sperimentare interventi meno impattanti ha spinto la ricerca verso la sperimentazione di nuove metodologie difensive. In letteratura sono riportate differenti esperienze di ripascimenti della spiaggia sommersa (Van Rijn et al., 2004) come la realizzazione di feeder berm in alternativa ai classici rifluimenti delle spiagge emerse, perché favoriscono la dissipazione dell'energia ondosa ed il sedimento eroso dal frangimento delle onde va ad alimentare i fondali *onshore* (Grunnet et al., 2005). Sebbene tali interventi, realizzati in contesti molto diversi tra loro, abbiano fornito interessanti risultati (Van Rijn et al., 2004), la loro progettazione è ancora piuttosto empirica. Nel 2010 si è deciso di sperimentare questo tipo di intervento sul litorale di Punta Marina (RA) (Fig. 1), con la volontà di trovare una soluzione più efficace e comunque a basso impatto su un tratto costiero interessato da intensi fenomeni erosivi. Proprio qui, tra due pennelli e una barriera foranea nel 2010 è stata realizzata una *feeder berm* lunga 500 m alla profondità di 2,7 m con circa 41.000 m³ (84 m³/m) di sabbia fine (Mz: 2,2 ϕ), più grossolana rispetto al sedimento nativo). Tale intervento è stato accompagnato da un tradizionale ripascimento della spiaggia emersa (19.000 m³) e la messa in opera di un *reef* artificiale costituito da 44 moduli allineati per circa 350 m (Fig. 1).

Il litorale di Punta Marina è caratterizzato da una spiaggia bassa e sabbiosa (diametro medio (Mz): 2 ϕ) in cui sono presenti frammenti dunali che separano gli stabilimenti balneari. Il clima ondoso proviene da NE (venti di Bora) e SE (Scirocco) ed è di bassa energia ed il regime tidale è semidiurno microtidale.

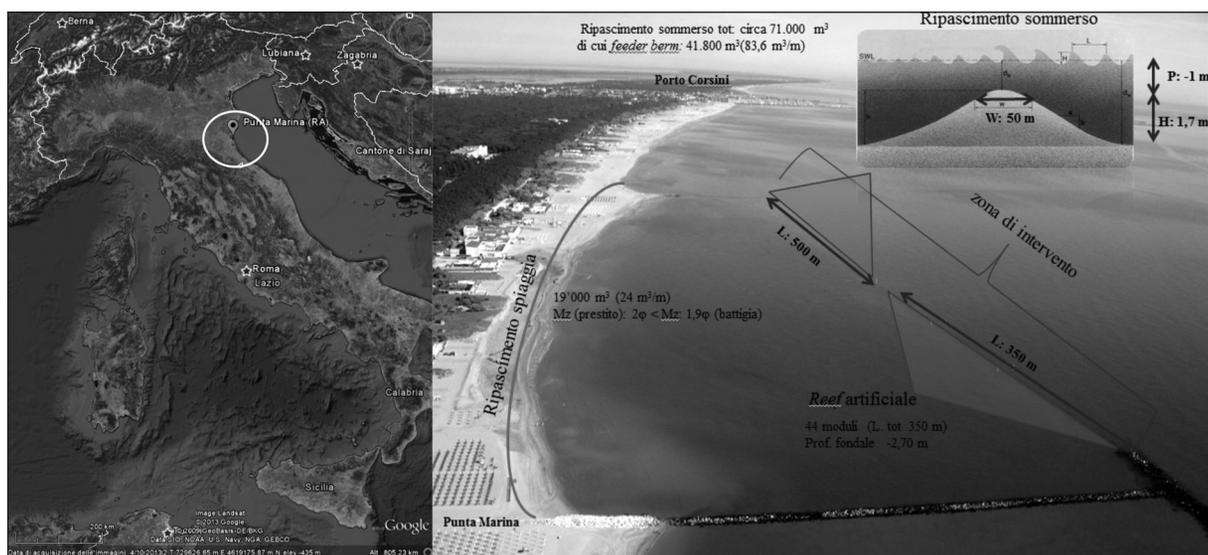


Figura 1 - Litorale di Punta Marina (Emilia Romagna) con *feeder berm*, *reef* artificiale e ripascimento dell'arenile.

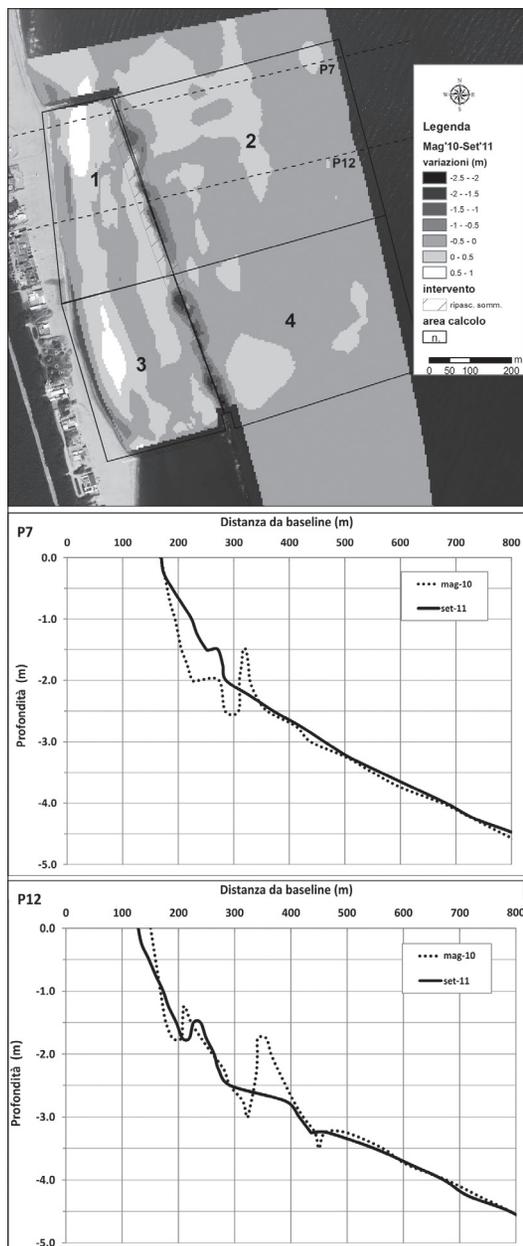


Figura 2 - Variazioni di quota tra Maggio 2010 e Settembre 2011. Sotto elaborazione di 2 sezioni batimetriche.

I risultati dei primi 16 mesi di osservazione dopo l'intervento (Maggio 2010 - Settembre 2011) hanno evidenziato mari regnanti e dominanti dal I Quadrante (Bora) e l'occorrenza di 15 mareggiate, con altezze d'onda che hanno raggiunto i 3,75 m. Il bilancio sedimentario è stato negativo (-41.000 m^3 ; $-0,05 \text{ m}^3/\text{m}^2$) e le maggiori perdite sono state registrate nell'area d'intervento (Fig. 2). Si evidenzia un bilancio positivo della zona *onshore* della *feeder berm* (zona 1, Fig. 2; $+6.800 \text{ m}^3$; $+0,08 \text{ m}^3/\text{m}^2$) con accumuli principalmente tra la batimetriche di 1 e 2 m, mentre dietro al reef è tendenzialmente negativo (zona 2, Fig. 2; -3.100 m^3 ; $-0,03 \text{ m}^3/\text{m}^2$). La porzione offshore mostra un bilancio negativo (zona 3 e 4, Fig. 2; -33.000 m^3 ; $-0,08 \text{ m}^3/\text{m}^2$). La dinamica evolutiva ha evidenziato un progressivo smantellamento della *feeder berm* e la formazione di accumuli sabbiosi nei fondali meno profondi, allungati parallelamente a costa. I fondali in corrispondenza del reef evidenziano invece una progressiva perdita di quota, più significativa verso Sud (fino a -2 m). Non si abbassa solo la struttura ma anche il fondale circostante. La linea di riva ha subito un importante arretramento (in media $-13,8 \text{ m/anno}$), ma le maggiori perdite di sono verificate nei primi 8 mesi dopo l'intervento, mentre nei mesi successivi invernali vi è stato invece un progressivo recupero.

L'analisi della performance della *feeder berm* ha evidenziato l'effetto di alimentazione osservato in letteratura (Grunnet et al., 2005, Van Rijn et al., 2004): il sedimento ha avuto una direzione di migrazione verso costa e verso Sud, in funzione delle forzanti marine provenienti principalmente da NE. L'effetto di dissipazione dell'energia del moto ondoso, favorito dagli accumuli di sedimento sottocosta, hanno ritardato la perdita dei sedimenti versati sulla spiaggia e contribuito alla generale stabilità della linea di riva evidenziata nei mesi invernali. Lo smantellamento del ripascimento sommerso è stato piuttosto rapido (16 mesi) rispetto ai casi internazionali (2-3 anni) probabilmente legato al ridotto volume di sedimento impiegato (1/4 rispetto ai casi olandesi; Van Rijn et al., 2004). L'erosione verificata sui fondali su cui poggia il reef invece era inattesa, ma la complessità della dinamica idrosedimentaria dovrà essere approfondita con il supporto della modellistica numerica.

Bibliografia

- Comune di Ravenna (2002) - *Master Plan della costa ravennate*. Rapporti tecnici.
- Grunnet N.M., Ruessink B.G. (2005) - *Morphodynamic response of nearshore bars to a shoreface nourishment*. Coast. Eng. 52, 119–137.
- Hamm L., Capobianco M., Dette H.H., Lechuga A., Spanhoff R., Stive M.J.F. (2002) - *A summary of European experience with shore nourishment*. Coast. Eng. 47, 237–264.
- Hanson H., Brampton A.H., Capobianco M., Dette H.H., Hamm L., Lastrup C., Lechuga A., Spanhoff R. (2002) - *Beach nourishment projects, practices, and objectives-a European overview*. Coast. Eng. 47, 81– 111.
- Van Rijn L.C., Walstra D.J.R. (2004) - *Analysis and modeling shoreface nourishments*. Tech. Rep., WL-Delft Hydraulics.

Definizione di nuovi approcci modellistici per la gestione e la conservazione delle praterie di *Posidonia oceanica* lungo le coste Liguri.

Matteo Vacchi

CIRI-EC, Unità Fluidodinamica, Università di Bologna.

E-mail: matteo.vacchi@unibo.it

Studi recenti hanno messo in evidenza l'importanza dell'idrodinamica locale nel controllo della geometria delle praterie di *Posidonia oceanica* ed in particolare sui loro limiti superiori (i.e. verso riva) (Folkard, 2005; Ifantes et al., 2009, Vacchi et al. 2010) e inferiori (Vacchi et al., 2012). Nel corso del progetto GIONHA, *Governance and Integrated Observation of marine Natural HABitats* (Interreg IV Marittimo programme) è stato messo a punto un modello predittivo che, sulla base della morfodinamica e delle caratteristiche geologiche di un determinato tratto di costa, è in grado di posizionare, in modo puntuale, il limite superiore delle praterie di *Posidonia oceanica* in condizioni naturali, ovvero in equilibrio con l'ambiente fisico circostante (Vacchi et al., 2013).

L'implementazione del modello è consistita nello sviluppo di un modello cartografico in 2D generato in ambiente GIS. La restituzione cartografica 2D permette di definire una porzione di fondale che rappresenta la condizione di riferimento (reference condition) del limite superiore di una determinata prateria, ovvero la condizione ideale in assenza di impatti antropici. Questo è fortemente richiesto sia dalla Water Framework Directive (WFD, 2000/60/EEC) sia dalla Marine Strategy Framework Directive (MSFD, 2008/56/EEC).

Il framework concettuale della metodologia 2D presentata si basa su tre componenti essenziali :

- definizione della geometria del limite di breaking. Questo è calcolato, a livello areale, tramite l'utilizzo del codice Mike 21 SW che permette la simulazione della propagazione delle condizioni ondose largo-riva. In particolare il limite di breaking è stimato mediante il criterio di Miche (1951) in acque basse, viene considerata zona di frangimento d'onda quella in cui il rapporto $H/d \approx 0.88$ (d = profondità).
- definizione dello stato morfodinamico del determinato tratto di costa utilizzando l'indice di surf scaling (ϵ) definito attraverso parametri morfologici del fondale e dati ondometrici (Jackson et al., 2005).
- definizione della geometria del limite superiore della prateria di *Posidonia oceanica* attraverso cartografie degli habitat marini o foto aeree di dettaglio. Entrambe, generalmente fornite da Aree Marine Protette o Uffici Ambiente Regionali, devono possedere un dettaglio non inferiore all'1:5000 per essere utilizzate nel modello 2D.

Le geometrie del limite di breaking e del limite superiore sono quindi importate in ambiente GIS in forma di polilinee georeferite. Lo stato morfodinamico è invece parte fondamentale dell'analisi geostatistica e si basa sulle seguenti equazioni proposte da Vacchi et al. (2013)

- $\chi_{\min} = 5.94 + 0.29\epsilon$
- $\chi_{\max} = 17.83 + 0.41\epsilon$

dove χ_{\min} e χ_{\max} definiscono i confini della porzione di fondale all'interno della quale il limite superiore della prateria dovrebbe essere posizionato in assenza di impatto antropico, ovvero definiscono le condizioni di riferimento di una determinata prateria. L'elaborazione in ambiente GIS permette quindi la definizione di questi confini a livello areale. Alla carta ottenuta viene quindi sovrapposto il layer contenente la geometria

del limite superiore. L'output finale è quindi una restituzione cartografica 2D in cui, per una determinata prateria, sono presenti sia la condizione di riferimento sia l'effettiva geometria dell'attuale limite superiore. La carta ottenuta permette di valutare, a scala areale, se il limite superiore della prateria sia nella sua condizione di riferimento o se mostri evidenze di regressione.

I primi risultati, ottenuti dopo il test del modello su tre tratti di costieri Liguri, da una parte confermano l'applicabilità di questo modello a scala regionale e dall'altra evidenziano come questo approccio a 2D possa rapidamente permettere di valutare lo stato del limite superiore di una determinata prateria e fornisca quindi uno strumento gestionale utile ed innovativo. La standardizzazione di questa procedura permetterà quindi di testare a larga scala sia il modello predittivo sia la metodologia basata sulla cartografia 2D definendo uno strumento comune capace di stimare in modo rapido e oggettivo lo stato di conservazione delle praterie di *Posidonia oceanica* del Mediterraneo.

Ringraziamenti

Un ringraziamento è dovuto a tutti i membri del Settore Ecosistema Costiero della Regione Liguria che ha fortemente supportato questo studio. Parte attiva di questo studio sono stati inoltre Marco Ferrari, Monica Montefalcone (Distav, Università di Genova) e Renata Archetti (Dicam, Università di Bologna).

Bibliografia

- Folkard A.M. (2005) - *Hydrodynamics of model Posidonia oceanica patches in shallow water*. Limnol. Oceanogr. 50 (5): 1592-1600.
- Infantes E., Terrados J., Orfila A., Cañellas B., Álvarez-Ellacuría A. (2009) - *Wave energy and the upper depth limit distribution of Posidonia oceanica*. Bot. Mar. 52: 419-427.
- Jackson D.W.T., Cooper J.A.G., Del Rio L. (2005) - *Geological control of beach morphodynamic state*. Mar. Geol. 216: 297-314.
- Miche R. (1951) - *Le Pouvoir réfléchissant des ouvrages maritimes exposés à l'action de la houle*. Ann. Ponts Chaussees, 121,285-319.
- Vacchi M., Montefalcone M., Bianchi C.N., Morri C., Ferrari M. (2010) - *The influence of coastal dynamics on the upper limit of the Posidonia oceanica meadow*. Mar. Ecol. 31: 546-554.
- Vacchi M., Montefalcone M., Bianchi C.N., Morri C., Ferrari M. (2012) - *Hydrodynamic constraints to the seaward development of Posidonia oceanica meadows*. Estuar. Coast. Shelf Sci. 97: 58-65.
- Vacchi, M., Montefalcone, M., Schiaffino, C.F., Parravicini, V., Bianchi, C.N. et al. (2013) - *Towards a predictive model to assess the natural position of Posidonia oceanica seagrass meadows upper limit*. Mar. Poll. Bull. in press, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.09.038>.

Potenziale energetico offshore nel Mar Mediterraneo e lungo la costa toscana

Valentina Vannucchi

D.I.C.E.A. – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
 Università degli Studi di Firenze, Via S.Marta, 3 - 50139 Firenze
 E-mail: valentina.vannucchi@dicea.unifi.it.

Introduzione

La quantificazione della disponibilità dell'energia ricavabile dalle onde di mare è il primo passo da compiere e costituisce un dato fondamentale alla base di studi di fattibilità inerenti la sua conversione in forme utilizzabili mediante i così detti *Wave Energy Converters*. A livello europeo sono stati forniti importanti contributi in questo settore (Pontes et al., 1996), ma il Mar Mediterraneo ha ricevuto ancora poca attenzione (Vicinanza et al., 2011). In questo lavoro è stato fornito un contributo alla conoscenza della disponibilità energetica a largo del Mar Mediterraneo ed è stata messa a punto una procedura, basata sulla simulazione numerica, per l'analisi della disponibilità energetica vicino a costa e l'identificazione di eventuali zone di focalizzazione della potenza, nell'area costiera della Toscana fra La Spezia e Livorno a profondità minore di 100 m.

Il set di dati utilizzato copre il periodo da Luglio 2009 a Marzo 2012 ed è stato estratto dal modello PREVIMER MED-6MIN, per tutto il Mar Mediterraneo, e dal modello PREVIMER MENOR-4000M per la parte NO del Mar Mediterraneo. Per la stima della potenza in acque profonde è stata utilizzata la Formula (1):

$$P = \frac{1}{64} \frac{g^2}{\pi} \rho H_{m0}^2 T_{m-1,0} \quad (1)$$

dove g è l'accelerazione di gravità [m/s^2], π la costante pi-greco, ρ la densità dell'acqua [kg/m^3], H_{m0} l'altezza d'onda significativa [m], $T_{m-1,0}$ il periodo d'onda spettrale [s]. Utilizzando il modello Spectral Wave del pacchetto di calcolo MIKE21 sono stati propagati verso riva, con la formulazione fully spectral quasi stazionaria, tutti i valori, imposti come condizione al contorno off-shore del dominio di calcolo, di altezza d'onda, periodo di picco, direzione media e *spreading factor* della serie temporale PREVIMER MENOR-4000M. La griglia di calcolo utilizzata presenta una risoluzione variabile dal valore di 2000 m, off-shore, al valore di 300 m per le zone più prossime a costa.

Dai risultati dei valori della potenza sono state ottenute mappe medie mensili e annuali (Fig. 1), nelle quali risulta che la media annuale del 2010 è maggiore di quella del 2011. Inoltre sono stati estratti i valori della potenza media mensile e annuale in 10 punti uniformemente distribuiti sulla batimetrica dei 15 m e in altri 10 punti uniformemente distribuiti sulla batimetrica dei 50 m, al fine di caratterizzare puntualmente la variazione della potenza. Dai risultati si osserva che i punti 9 e 19, localizzati sulle Secche della Meloria, presentano i valori maggiori (Tab. 1).

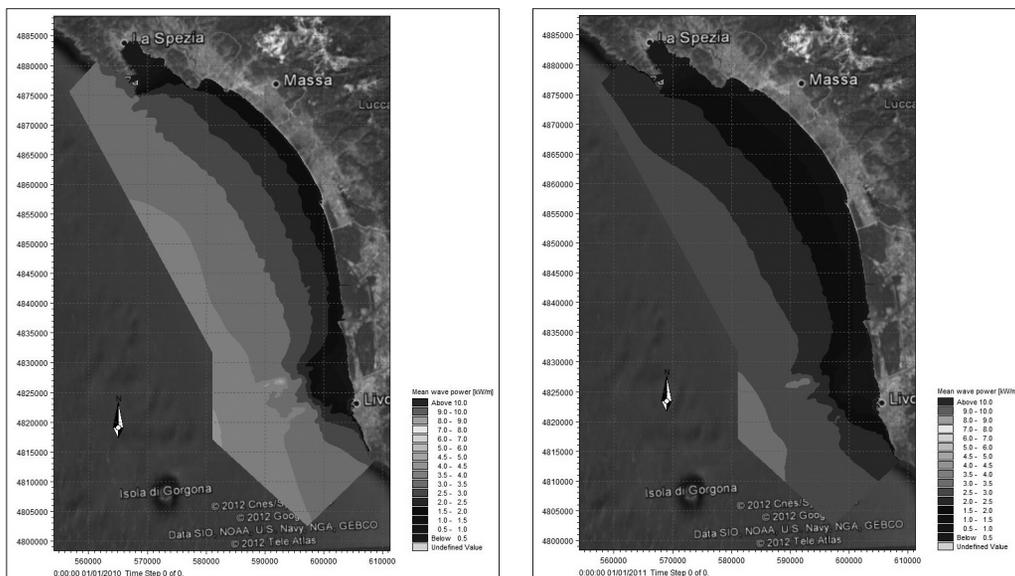


Figura 1 - Potenza media annuale nel 2010 (a sinistra) e nel 2011 (a destra).

Tabella 1 - Potenza media nel 2010 e nel 2011 nei 20 punti selezionati per la Toscana.

	Potenza media 2010 (kW/m)	Potenza media 2011 (kW/m)	Profondità (m)
1	0.97	0.72	-15
2	2.23	1.55	-15
3	2.23	1.61	-15
4	2.21	1.61	-15
5	2.06	1.48	-15
6	2.16	1.6	-15
7	2.28	1.71	-15
8	2.44	1.86	-15
<u>9</u>	<u>2.89</u>	<u>2.23</u>	<u>-15</u>
10	2.1	1.6	-15
11	3.16	2.51	-50
12	3.16	2.5	-50
13	3.23	2.54	-50
14	3.33	2.61	-50
15	3.4	2.66	-50
16	3.38	2.65	-50
17	3.31	2.6	-50
18	3.36	2.65	-50
<u>19</u>	<u>3.63</u>	<u>2.93</u>	<u>-50</u>
20	3.07	2.43	-50

Bibliografia

Pontes, M.T., Athanassoulis, G.A., Barstow, S., Cavaleri, L., Holmes, B., Mollison, D., Oliveira Pires, H. (1996) - *WERATLAS - Atlas of Wave Energy Resource in Europe*. Technical Report, DGXII Contract No. JOU2-CT93-0390, INETI, Lisbon.

Vicinanza D., Cappiotti L., Ferrante V., Contestabile P. (2011) - *Estimation of the wave energy in the Italian offshore*. Journal of Coastal Research Vol.64, pp. 613-617.

Coastal erosion and protection in Europe

A cura di Enzo Pranzini e Allan Williams

Routledge, Abington, UK, 2013, 458 pp.

L'osservazione dell'evoluzione delle coste è probabilmente antica quanto quella di qualsiasi altro fenomeno naturale e rafforzata dal fatto che molte delle antiche civiltà si sono sviluppate proprio sulla riva del mare, ma il primo vero interesse scientifico verso l'ambiente costiero si manifestò durante il Rinascimento, nell'ambito della navigazione attraverso il Mediterraneo.

Il XIX secolo rappresenta un momento importante, che vede uno sviluppo della ricerca scientifica sulla morfologia dei litorali. Alla fine del XIX secolo, W.M. Davis ebbe un ruolo fondamentale nel riconoscere i processi che a differente scala temporale e spaziale modellano le forme costiere. Tuttavia fu solo all'inizio del XX secolo che il concetto di equilibrio dei litorali fu visto in un contesto evolutivo della geomorfologia costiera.

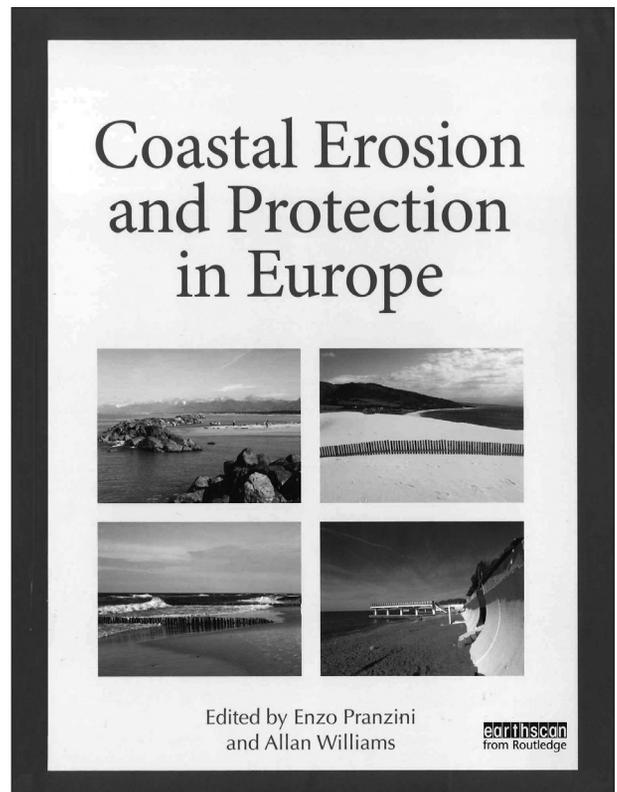
Questo concetto fu ampliato e applicato alle aree costiere da alcuni dei suoi successori, il più famoso dei quali, Douglas Jhonson, descrisse l'evoluzione sistematica come il passaggio da forme costiere iniziali a forme sequenziali.

Durante la metà del XX secolo, lo sviluppo dei litorali veniva ancora letto come parte del ciclo normale di erosione.

La Seconda Guerra Mondiale, con la necessità di avviare le indagini per consentire gli sbarchi militari, ha costituito una pietra miliare nel corso dello studio dei processi litoranei. Il "Beach Erosion Board" dell'US Army Corps of Engineers (istituito nel 1930, ma potenziato proprio nel 1944) e successivamente il Coastal Engineering Research Center, il Wallingford Hydraulic Research Laboratory in Gran Bretagna, e il Delft Hydraulics, nei Paesi Bassi, dettero un notevole impulso alla ricerca, basandosi anche sullo studio dei processi costieri con esperimenti di campagna e in laboratorio.

Negli ultimi decenni del ventesimo secolo, gli studi sull'ambiente costiero furono fortemente concentrati negli Stati Uniti e nell'Europa Nord-occidentale, per poi estendersi ad altri Paesi, in particolare il Giappone e l'Australia.

E' ormai noto che le coste rappresentano aree ad alta densità di popolazione, importanti dal punto di vista



sociale ed economico, e che il loro utilizzo è delicato e complesso, tanto da richiedere approcci interdisciplinari.

Nelle regioni costiere, gli insediamenti, le industrie, il turismo, l'agricoltura ed il settore dei trasporti hanno prosperato. L'impatto antropico, risultato dell'uso del mare e delle aree costiere messi in atto con le bonifiche, l'estrazione di risorse naturali, la costrizione di strutture costiere, ha potuto modificare i processi morfodinamici.

Le variazioni nell'uso del suolo hanno modificato l'apporto sedimentario alle coste, determinandone talvolta l'erosione e talvolta accrescimento. E' chiaro che una gestione delle aree costiere che abbia successo, mirata ad uno sviluppo sostenibile e con la quale si raggiunga un equilibrio tra impatti minimizzati dell'uso da parte dell'uomo e la protezione dei suoi interessi, dipende da una comprensione chiara sia dei processi naturali sia di quelli antropici e, ancor più, dalla loro interazione.

Oggi, molte aree costiere si trovano a fronteggiare perdite di territorio dovute ad una forte erosione. Le cause di questo fenomeno sono molteplici, e vanno dalla diminuzione del rifornimento di sedimenti da parte dei fiumi come risultato della costruzione di dighe, l'estrazione di sedimenti dalle aree costiere, all'innalzamento del livello del mare; spesso a queste si aggiungono gli effetti negativi delle strutture costiere. Tutti questi aspetti vengono affrontati in modo assai esaustivo nei diversi capitoli di questo straordinario libro. In molti luoghi colpiti da processi erosivi proteggere la costa è una necessità effettiva; tuttavia, il bagaglio di informazioni di natura tecnica, basato su dati affidabili di onda e di correnti e necessario per intervenire in modo adeguato, è spesso inadeguato.

E' dunque opportuno domandarsi: "A che punto siamo nello studio dei processi costieri?" La ricerca ha certamente fatto dei significativi passi in avanti, ma gli studi sono ancora lontani dall'essere conclusi. Tre elementi sono richiesti per una comprensione chiara dei fenomeni: teorie correttamente basate su principi di idrodinamica di base; database costruiti su misurazioni affidabili ottenute in situ e da modelli; e, infine, la riprova che le osservazioni e le misurazioni sono in accordo con la teoria. La ricerca ed il monitoraggio condotti durante gli ultimi decenni hanno portato ad un miglioramento sostanziale della conoscenza dei processi costieri e della capacità di progettazione di strutture di difesa. L'Europa, con le sue diverse caratteristiche morfologiche, storiche, economiche e culturali, presenta problemi diversi per quanto riguarda l'erosione dei litorali ed ha anche sviluppato soluzioni diverse per porvi rimedio, e questo libro non rappresenta solo un semplice tentativo di raccogliere informazioni su questi fatti, ma costituisce anche un viaggio scientifico lungo le coste del nostro continente.

Il volume può essere utilizzato per un aggiornamento professionale di coloro che operano nel settore, ma molti sono anche gli spunti per sviluppare nuove ricerche.

E' organizzato in una forma semplice, con singoli capitoli per ciascun Paese, nei quali si traccia la storia del territorio costiero, si analizzano le cause dell'erosione e si descrivono le tecniche evolute nel corso del tempo per bloccare il fenomeno. Alcuni Box descrivono in modo dettagliato i progetti di difesa più interessanti.

E' un privilegio poter presentare l'eccellente lavoro di Enzo Pranzini e di Allan Williams e la collaborazione ricevuta da tutti gli Autori per un'impresa così difficile. Spero che questo eccezionale libro possa guidare la comprensione del lettore affinché i casi citati siano utili nella pratica dell'ingegneria ed incoraggino lo sviluppo delle proprie ricerche, perché "Nel mondo del tempo e del cambiamento non esiste un ultimo capitolo. La soluzione di un problema crea altri problemi che non sono stati previsti e certamente non sono stati prodotti intenzionalmente" (Toynbee, 1969, pp. 331).

I problemi legati alla natura complessa e dinamica dei processi costieri sono analoghi a quelli che affasciano i ricercatori di molte discipline "per capire un granello di sabbia, a in modo da poter capire tutto..." (Muggeridge, 1966).

Aysen Ergin
Professor, Ocean Engineering Research Center, Civil
Engineering Department, Middle East Technical
University, Ankara, Turkey

Coastal erosion monitoring A network of regional observatories

Results from ResMar Project

A cura di Luigi E. Cipriani

Progetto Strategico ResMar, Nuova Grafica Fiorentina, Firenze 2014, pp. 244

Il volume Coastal erosion monitoring: A network of regional observatories, raccoglie le esperienze relative al monitoraggio dell'evoluzione delle aree costiere e alla rete di osservatori regionali per lo studio della dinamica costiera. Curato da Luigi E. Cipriani, del Settore Protezione e valorizzazione della fascia costiera e dell'ambiente marino della Regione Toscana, il volume è il risultato della collaborazione tra l'Azione di sistema A (Rete di monitoraggio sull'erosione costiera) ed il Sottoprogetto B (Centro transfrontaliero per lo studio della dinamica dei litorali) del Progetto Strategico ResMar. Si tratta del sequel del precedente volume Beach erosion monitoring edito nel 2008 a cura di Enzo Pranzini e Lillian Wetzel del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze (www.beachmed.eu) prodotto nell'ambito del Progetto BEACHMED-e. La nuova pubblicazione rappresenta lo stato dell'arte sulle tecniche di monitoraggio costiero e sulla rete degli osservatori regionali che operano nelle quattro Regioni del Programma Transfrontaliero Italia-Francia Marittimo (Corsica, Liguria, Sardegna e Toscana). In particolare è di rilevante importanza la partecipazione della Corsica, che all'inizio del Progetto ResMar non aveva partecipato alle azioni relative al filone Coste e Litorali, e che ora mette a disposizione della comunità scientifica un quadro conoscitivo estremamente accurato e la volontà di collaborare attivamente in futuro su questo tema estremamente importante a livello di Mediterraneo.

Questo libro è il risultato di un percorso iniziato nel 2002, con il Progetto EUROSION, e proseguito poi con i Progetti BEACHMED, BEACHMED-e, CONSCIENCE, OURCOAST e MAREMED, nei quali, tra i vari partner, le Regioni Toscana e Liguria, in collaborazione con le Università di Firenze e Genova



hanno rappresentato un punto di riferimento per la tematica del monitoraggio dell'erosione costiera e delle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici. Ai contributi dati dai Partner del Progetto si affiancano quelli forniti da tecnici e ricercatori appartenenti a Regioni, Istituti universitari e Società di progettazione di grande esperienza che operano in altri Paesi, come l'Olanda, la Spagna, gli Stati Uniti, l'Australia e la Colombia, che hanno partecipato attivamente alle attività del Progetto ResMar e del Cluster FACECOAST (www.facecoast.eu). Altri Enti pubblici hanno dichiarato recentemente il proprio interesse ad entrare nella rete per capitalizzare i risultati ottenuti e per contribuire con la loro esperienza; tra questi il Ministero dell'Ambiente dello Stato di Israele, l'Ambasciata del Regno dei Paesi Bassi, il PAP/RAC, il Coastal & Marine Union (EUCC) ecc.

Il prossimo obiettivo è la pubblicazione del terzo volume della collana "Coastal erosion monitoring" nell'ambito della capitalizzazione del Progetto ResMar, in particolare nei futuri Progetti RESMARINE "Réseau transfrontalier pour la Stratégie Marine" del Programma Transfrontaliero Italia-Francia Marittimo e COASTGAP del Programma MED. Il terzo libro avrà come sottotitolo *with a new macro-regional approach*, per sottolineare l'importanza della rete e della collaborazione tra Regioni mediterranee con l'obiettivo della Macro Regione, nonché in riferimento ad altre importanti iniziative a scala di Mediterraneo che sono previste nella Carta di Bologna 2012 (www.maremed.eu) i cui obiettivi sono:

1. Cooperazione fra le Regioni mediterranee nella definizione e implementazione di politiche per:
 - la gestione integrata delle zone costiere e dello spazio marittimo,
 - l'adattamento delle zone costiere ai cambiamenti climatici,
 - la mitigazione dei rischi costieri da alluvione, ingressione marina ed erosione;
2. Sollecitazione e costruzione di specifiche politiche europee integrate per il Mediterraneo nel periodo 2014-2020 per supportare l'azione delle regioni marittime ad affrontare le tematiche sopra indicate.

Il libro è consultabile al seguente indirizzo: <http://www.res-mar.eu/it/comunicazione/prodotti.php>

Progettazione e Costruzione dei Porti turistici

di Ugo Tomasicchio

Seconda edizione aggiornata ed ampliata con la collaborazione di G.R. Tomasicchio
EdiBios, Cosenza. Pp.324. € 30,00 dito da Carlo Delfino editore, Sassari, 2011

La prima edizione di questo volume, uscita nel 2002 con il titolo “La progettazione dei porti turistici”, andò rapidamente esaurita grazie alla chiarezza e semplicità della trattazione che non significa approssimazione ed assenza di rigore scientifico. Rivolta ad ingegneri ed architetti intendeva fornire loro “gli elementi sufficienti a disegnare e a ben inserire nell’ambiente costiero una struttura per il diporto nautico”.

L’esperienza dell’Autore e il ruolo da lui svolto all’interno dell’Amministrazione statale dei Lavori Pubblici, ed in particolare come Presidente della III Sezione del Consiglio Superiore, gli ha dato la possibilità di avere una visione sinottica della problematica, tanto che il volume non trattava solo delle progettazioni delle opere, ma anche di tutti quegli studi che precedono la progettazione vera e propria, fino ad affrontare anche il delicato tema del rapporto fra opere portuali e protezione dei litorali.

La nuova edizione, realizzata con Giuseppe Roberto Tomasicchio, ordinario di Costruzioni idrauliche, Marittime e Idrologia presso l’Università del Salento, si arricchisce non solo per gli aggiornamenti che tengono conto dell’evoluzione della disciplina, ma anche per alcune parti che saranno di sicura utilità nella direzione dei lavori.

Il volume inizia con l’analisi dei criteri per la scelta del sito e per l’analisi di fattibilità, per passare poi ai criteri di progettazione, con le indagini ambientali e gli studi per la mitigazione degli impatti.

Segue lo studio del clima meteo marino e della sua azione sulla costa, per arrivare infine al disegno del porto con il progetto delle strutture. Il problema dei lavori di dragaggio e di scarica dei materiali di risulta, di grande attualità anche ai fini del riequilibrio costiero, viene affrontato in un capitolo che tocca anche gli aspetti normativi e facendo riferimento ad esperienze effettuate di recente in Italia.

Il volume si chiude con un esempio pratico: la proposta di riclassifica dell’antico Porto di Bari, con l’analisi



di varie ipotesi progettuali.

Anche questa edizione ha i caratteri di chiarezza che caratterizzavano quella precedente e si presta alla consultazione di altre professionalità oltre quelle a cui è direttamente dedicata, come i geologi, che in tematiche costiere si trovano a collaborare sempre più frequentemente con gli ingegneri marittimi; ma lo consigliamo anche a tutti coloro che, nelle diverse posizioni della pubblica amministrazione, si occupano di gestione della fascia costiera: vi troveranno certamente riferimenti utili in tutte quelle occasioni in cui si troveranno ad dover esprimere valutazioni su progetti di portualità che interessano il loro territorio.

#

La rete per il monitoraggio delle spiagge

Applicazioni di esperienze sviluppate nel Progetto ResMar
(azione di sistema A)

A cura della Regione Sardegna

Editore Taphros, Olbia, pp. 242

Questo volume, prodotto nell'ambito del Progetto Strategico ResMar (Resau pour l'Environnement dans l'Espace Maritime) che coinvolge le regioni transfrontaliere Corsica, Sardegna e Toscana, con la Regione Liguria come capofila, è stato realizzato dai partner Regione Sardegna, Università di Genova (DiSTAV) e Provincia di Massa-Carrara.

Il progetto Resmar ha preso vita nel Giugno 2010 nell'ambito del Programma di Cooperazione Transfrontaliera Italia-Francia "Marittimo" 2007-2013 e finanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR) e si è concluso nel Giugno del 2013. I tre partner che hanno contribuito alla realizzazione di questo volume hanno collaborato assiduamente negli anni al compimento degli obiettivi dell'Azione di Sistema A "Rete di monitoraggio sull'erosione costiera", uno dei filoni tematici nei quali era stato organizzato il Progetto. L'obiettivo principale è stato quello di strutturare ed omogenizzare dati in materia di gestione costiera, acquisiti nelle singole realtà locali, e condividere le esperienze fatte sul territorio così da creare modelli gestionali adottabili in tutte le Regioni coinvolte nel Progetto. Il concetto di "rete", intesa come relazione coordinata di soggetti istituzionali, enti di ricerca applicata, amministrazioni e associazioni locali, è stato il leitmotiv di tutto il Progetto ed ha rappresentato il fondamento dell'altro importante obiettivo: il miglioramento dei processi di sensibilizzazione e di divulgazione riguardo le tecniche di monitoraggio e le banche date disponibili nelle regioni transfrontaliere in materia di erosione costiera a favore dei diversi portatori di interesse. La ricaduta auspicata, e parzialmente osservata già nello svolgersi del Progetto, è stata l'implementazione dei flussi di comunicazione ed una più allargata conoscenza del territorio costiero e delle dinamiche che lo riguardano così da permettere una migliore gestione delle problematiche che su di esso insistono.



Il volume “La rete per il monitoraggio delle spiagge” si divide in due parti. Nella prima si descrive l’inquadramento territoriale nelle tre Regioni transfrontaliere dettagliando l’assetto geomorfologico ed evolutivo delle aree costiere ed i fattori antropici che su di esse insistono. E proprio in questa sezione del volume emergono le differenze sostanziali riguardo la tipologia di litorale e l’organizzazione urbanistica ed economica adottate in ciascuna delle tre Regioni. Appare subito dunque evidente l’ambizione del Progetto nel rendere i processi gestionali in essere nelle aree costiere indagate e le attività di monitoraggio il più possibile condivisibili e condivise a livello transfrontaliero.

A tale scopo sono stati individuati in ciascuna delle Regioni dei siti pilota dei quali sono state analizzate le caratteristiche dinamiche ambientali e gestionali in essi presenti. Questi siti hanno costituito il luogo dove ciascun partner ha potuto sperimentare nuove tecniche di monitoraggio ed analizzare in modo critico i risultati ottenuti. La seconda parte del volume descrive queste attività nel dettaglio ed offre nuovi spunti, assai diversi gli uni dagli altri, a sottolineare ancora una volta la molteplicità tipologica degli ambienti costieri delle tre regioni.

La Regione Sardegna, per esempio, suddivide le attività di progetto in due distinte Linee: la Linea A, che interessa alcuni siti all’interno delle Aree Marine Protette e ne descrive le campagne di misurazioni per il monitoraggio di specifici indicatori fisici messe a punto con l’intento di renderli interventi programmatici e sostenibili nel tempo. Da qui la necessità di concertare una strategia di intervento per la quale le Aree Marine Protette hanno dovuto riesaminare e condividere le metodologie ed i criteri in modo univoco e coerente. La linea B, le cui attività sono state portate avanti da CNR-IAMC di Oristano e dal Dipartimento di Ingegneria Civile Ambientale e Architettura dell’Università di Cagliari, ha interessato un caso di studio complesso di dinamica litoranea del quale sono state analizzate e valutate le tecniche di rilievo a la restituzione dei dati.

La Provincia di Massa-Carrara, insistendo su un territorio costiero assai urbanizzato, avvalendosi della collaborazione del Dipartimento di Scienze della Terra e del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell’Università di Firenze, ne descrive in modo assai dettagliato gli interventi di difesa che si sono succeduti negli ultimi due secoli e propone una valutazione dell’efficacia di tali interventi in un capitolo dedicato. Dopodiché vengono illustrate nuove tecniche di monitoraggio quali tecniche multibeam integrate con dati tridimensionali ottenuti da drone. Ad opera invece del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali dell’Università di Bologna e dell’SVM srl, il capitolo dedicato alla sperimentazione di una rete di videomonitoraggio installata lungo il litorale di Marina di Massa come prodotto del progetto. Infine, l’Università di Genova dedica dei capitoli alla descrizione del SIT (Sistema Informativo Territoriale) della Regione Liguria e di una consolidata rete di videomonitoraggio delle spiagge liguri come tecnica poliedrica di acquisizione di una grande varietà di parametri fisici che, oltre a popolare in continuo una banca dati disponibile a tutti on line, consente un monitoraggio in modo costante ed economicamente sostenibile. Il volume, dunque assai articolato per le tematiche affrontate e per i territori costieri indagati, riflette ampiamente quella rete e quella cooperazione transfrontaliera che il Progetto ResMar ha voluto fortemente e che si è tradotta nell’instaurarsi di un dialogo aperto e, spesso nella collaborazione sinergica tra i tanti soggetti, pubblici e non, interessati alle “cose” del mare.

Serena Ferri

Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero (GNRAC)

Elenco dei Soci al 31 Dicembre 2013

Acierno Gavino	Buogo Moreno
Adamoli Leo	Calabrese Mario
Acciarri Alessio	Campostrini Pierpaolo
Alfinito Alberto	Cantalamesa Gino
Altomare Corrado	Cantisani Gianluca
Aminti Pierluigi	Cappiotti Lorenzo
Amore Concetto	Cappucci Sergio
Antonini Alessandro	Caputo Claudio
Armaroli Clara	Carboni Donatella
Artom Corinna	Carrega Simona
Ascione Ivana	Casarosa Nicola
Atzeni Andrea	Castelli Gian Franco
Autorita' Bacino della Puglia	Castelli Matteo
Baldassarre Maurizio Alessio	Castelli Silvia
Balduzzi Ileana	Castiglione Emanuele
Barbieri Gianluca	Castronuovo Nicola
Barresi Salvatore	Cavallo Carlo
Barsanti Mattia	Cevasco Andrea
Bellotti Piero	Ciabatti Mario
Berriolo Giorgio	Ciavola Paolo
Besio Giovanni	Cipriani Luigi Enrico
Bini Monica	Cocco Ennio
Biondi Edoardo	Colombo Daniela
Bisci Carlo	Contestabile Pasquale
Blanco Maria Elena	Converso Massimo
Blasi Guido	Corbau Corinne
Boninsegni Gianfranco	Cordeglio Luca
Bonora Nico	Corradi Nicola
Borsani Alberto	Cortemiglia Gian Camillo
Bottan Massimiliano	Cortesi Sara
Bovina Giancarlo	Corvaro Sara
Brambati Antonio	Crema Ilaria
Brandolini Pierluigi	Cusati Nicola
Broggio Linda	D'Argenio Bruno
Brunelli Valerio	D'Alessandro Leandro
Bruno Maria Francesca	Damiani Leonardo
Bruschi Antonello	Davoli Lina
Bruschi Giuseppe	De Angelis Genny
Budillon Francesca	De Biase Mariangela

De Girolamo Paolo	Madera Lidia
Delbono Ivana	Maifredi Alessandro
De Muro Sandro	Maioli Monica
De Nigris Nunzio	Mallandrino Giuseppe
De Pippo Tommaso	Mancini Fiorenzo
Dessy Claudia	Mandrone Stefania
Devoti Saverio	Martino Carmela
Di Carloantonio Luca	Marchese Olimpio
Di Felice Giammarco	Mascioli Francesco
Di Gregorio Felice	Milano Valerio
Di Paola Gianluigi	Minorenti Valerio
Di Pancrazio Giorgio	Molfetta Matteo Gianluca
Di Santo Antonio Rosario	Monaco Maria Teresa
Di Stefano Marcello	Monaco Marina
Dominici Rocco	Moreno Miguel Adrià
Evangelista Silvio	Morelli Maurizio
Fanucci Francesco	Mucerino Luigi
Ferrari Marco	Muroni Paola
Ferri Guido	Muzzupappa Domenico
Ferri Serena	Nobile Biagio
Fierro Giuliano	Noli Alberto
Firpo Marco	Norelli Emilio
Fontolan Giorgio	Ordine Architetti della provincia di Genova
Francioso Roberto	Pallottini Elena
Franco Leopoldo	Pagliaro Sonia
Frongia Paolo	Paltrinieri Diego
Gaeta Maria Gabriella	Parlagreco Luca
Gaggero Paolo	Pedroncini Andrea
Giammarini Riccardo	Pellegrin Giulio
Ginesu Sergio	Pelliccia Filippo
Giordano Marco	Pennetta Micla
Giorgi Carlo Andrea	Petrillo Antonio Felice
Giuffrida Eugenio	Petruzzelli Valentina
Gordini Emiliano	Piacentino Giovanni Battista
Gravante Giovanni	Pittori Marco
Iacovone Valeria	Pranzini Enzo
Iannantuono Emanuela	Pratola Luigi
Izzo Maria Pina	Preti Mentino
La Barbera Ernesto	Prov. Livorno (E. Bartoletti, A. Bini, E. Mori)
Lai Alessandro	Provincia di Pisa (G. Bracci, A. Carli, N. Casarosa)
Lamanna Sara	Postacchini Matteo
Lami Gabriele	Pugliese Carratelli Eugenio
La Monica Giovanni Battista	Pugliese Francesco
Lamberti Alberto	Puggelli Tommaso
Landini Bruna	Raffi Rossana
Lanza Stefania	Randazzo Giovanni
Liberatore Gianfranco	Ranieri Gennaro
Liotta Roberto	Rebaudengo Lando' Laura
Lisi Iolanda	Regione Toscana - Uff. Regionale Opere Marittime, sede di Livorno
Longhitano Sergio	Regione Veneto – Giunta Regionale
Longo Sandro	Rinaldi Antonio
Lorenzoni Carlo	

Rosas Valentina
Rossetti Roberto - Geco Srl
Rossi Lorenzo
Roskopf Carmen
Ruocco Matteo
Ruol Piero
Ruscigno Danila
Ruta Marcella
Salvatore Maria Cristina
Sardi Luca
Sartini Ludovica
Sartini Maila
Sano' Marcello
Scarpati Alessandro
Scarsi Giulio
Schiaffino Chiara Francesca
Secchi Francesco
Senatore Maria Rosaria
Serreli Andrea
Silvestro Massimiliano
Simeoni Umberto
Simonetti Daniela
Simonetti Irene
Sinapi Laura
Sirito Roberto
Sistilli Flavia
Spagnoli Federico
Speciale Andrea Rosario

Spilotro Giuseppe
Stefani Giacomo
Stura Sandro
Surace Luciano
Targusi Monica
Terrile Emanuele
Tessari Umberto
Tomasicchio Ugo
Tondello Massimo
Tondi Maria Cristina
Trivisani Antonio
Ulazzi Elisa
Utizi Kizzi
Vacchi Matteo
Vagge Ilda
Valente Alessio
Valloni Renzo
Valpreda Edy Marcella
Vannucchi Valentina
Vargiu Paolo
Vella Sabrina
Veltri Paolo
Vicinanza Diego
Vicini Chiara
Violante Crescenzo
Vitale Giovanni
Zanini Angiola

Norme per gli Autori

Studi costieri pubblica articoli scientifici originali in lingua italiana su argomenti relativi alla dinamica e difesa dei litorali ed alla gestione integrata della fascia costiera. Gli articoli scientifici sono sottoposti a revisione da parte di due esperti indicati dal Comitato scientifico.

Studi costieri pubblica anche Note tecniche e Riassunti di tesi di Laurea e di Dottorato di ricerca inerenti gli stessi temi. **Studi costieri** ospita inoltre rapporti sull'attività svolta da Amministrazioni pubbliche in materia di gestione integrata della fascia costiera. Questi ultimi due tipi di contributi sono soggetti solo ad una revisione di tipo redazionale.

Gli Autori degli articoli sono pregati di rispettare le seguenti norme. Gli articoli non redatti in piena conformità con esse non potranno essere presi in considerazione per la pubblicazione.

I manoscritti devono essere inviati per posta elettronica con allegate figure e tabelle. Dopo l'accettazione deve essere inviata la copia definitiva su CD o per posta elettronica secondo le istruzioni riportate in seguito.

Titolo - Massimo 150 caratteri inclusa la spaziatura fra le parole.

Titolo corrente - Massimo 80 caratteri inclusa la spaziatura fra le parole.

Autore/i - Nome e Cognome per esteso, seguito da un numero in apice per indicare l'eventuale Istituto di appartenenza ed il relativo indirizzo.

Riassunto - Non più di 2.000 caratteri inclusa la spaziatura fra le parole.

Parole chiave - Inserire 5-8 parole chiave, possibilmente non già comprese nel titolo.

Abstract - Riassunto, anche esteso, in lingua inglese di non più di 5.000 caratteri.

Keywords - In questo caso le parole chiave possono anche essere la traduzione di termini compresi nel titolo.

Stile - Adeguarsi allo stile dei lavori pubblicati su questo numero. Tutti i testi, compreso il titolo generale e quello dei paragrafi, devono essere scritti in Maiuscolo e minuscolo, carattere Garamond. Non inserire caratteri strani, di formato diverso o sottolineati. Il neretto è utilizzato solo per il titolo dei paragrafi.

Eventuali sottoparagrafi possono portare un titolo in corsivo neretto. Non inserire righe bianche nel testo se non alla fine dei paragrafi e dei sottoparagrafi.

Evitare il più possibile i rientri e, comunque, farne di un solo ordine. Gli elenchi puntati sono identificati da -, 1) oppure a); ogni elemento dell'elenco è chiuso con ; salvo l'ultimo che chiude con un punto.

Formule - Se possibile utilizzare il formato testo; in alternativa l'editore di formule di Word impostando il carattere Garamond corpo 11 chiaro (corpo 9 nero se le formule sono incluse in una didascalia di figure o di tabella). Utilizzare caratteri in neretto e corsivo solo se imposto dalla nomenclatura internazionale.

Tabelle - I caratteri alfabetici/numerici per le tabelle sono in stile Garamond corpo 10. Le Tabelle sono identificate con Tabella n, oppure (Tab. n) se fra parentesi. Devono essere precedute da una didascalia. Non inserire tabelle in forma di immagini.

Figure (fotografie, schemi, diagrammi) - Salvo accordi specifici con la Redazione, vengono pubblicate solo figure in bianco e nero. Le Figure sono identificate con Figura n, oppure (Fig. n) se fra parentesi. Tutte

le figure devono avere una didascalia. La larghezza massima a stampa delle figure è 16 cm. Ad eccezione delle figure stampate a giustezza piena, tutte le altre non potranno avere una base superiore a 10 cm. La Redazione è a disposizione per discutere aspetti tecnici relativi a questo punto.

Note a piè di pagina - Sono da evitare il più possibile e, se lunghe o numerose, verranno riportate in corpo minore in fondo all'ultima pagina dell'articolo con richiami numerici nel testo. Indicazioni di Progetti e Finanziamenti verranno inserite prima della Bibliografia con gli eventuali Ringraziamenti.

Riferimenti bibliografici - Nell'articolo le citazioni sono racchiuse fra () con il seguente formato: (Verdi, 1990) o (Rossi e Verdi, 1989); (Verdi et al., 1987) qualora il numero degli Autori sia maggiore di due. Se citato nell'ambito di una frase il nome di un Autore (1995) è seguito dall'anno della pubblicazione a cui si fa riferimento.

Bibliografia - Tutti e solo i lavori citati nel testo devono comparire in Bibliografia. La Bibliografia deve essere in ordine alfabetico per cognome; es.:

Bianchi A., Rossi V., Verdi T., 1999. *Nuovi metodi di difesa dei litorali*. Studi costieri, 19: 153-157 (19 è il numero del fascicolo, 153-157 le pagine).

Neri A., Rossi C., 1978. *Elementi di geomorfologia costiera*. Nessuno Ed., Roma. 324 pp.

Violi K. (1998) - *Il ripascimento dei litorali in Italia*. Atti XXI Congr. Soc. Ital. Geomorfologia. Bari. pp. 34-76.

Evitare di usare AA.VV., anche se il numero degli Autori è elevato.

Versione definitiva - Il file contenente la versione definitiva dell'articolo, in Word per Windows, deve essere inviato dopo la comunicazione di accettazione del manoscritto. Il testo non deve essere giustificato e, fatta eccezione per le formule scritte con l'editore specifico, può essere scritto con qualsiasi carattere.

Le didascalie delle figure (grafici e foto) dovranno essere inserite nel testo nel punto più opportuno.

Le figure dovranno essere inviate in file separati (.tif o .jpg a 300 DPI alla dimensione di stampa) e salvate con il nome del primo Autore seguito da Fig n (es. Rossi Fig 1.tif). Figure costituite da più parti devono essere montate dagli Autori in un file unico.

Per evitare errori di importazione, è preferibile ricevere le formule, singolarmente e numerate, in formato immagine .tif o .jpg a 300 DPI.

Altre informazioni - Nella preparazione degli articoli si tenga conto del fatto che una buona impaginazione necessita di un elevato rapporto testo/figure. Anche se gli Autori non devono procedere all'impaginazione dell'articolo, è bene che operino in modo tale da facilitare l'inserimento di ciascuna Figura dopo il rispettivo richiamo. Analogamente vale per le Tabelle.

Diritti d'autore - Nella lettera di accompagnamento del manoscritto gli autori, o anche uno solo di essi, devono dichiarare che quanto contenuto nell'articolo è di loro proprietà e che autorizzano l'Editore a pubblicare tutto il materiale da loro inviato. Nel caso di utilizzazione di figure tratte da altra pubblicazione gli Autori dovranno inviare l'autorizzazione alla stampa dell'Editore proprietario dei diritti. Analogamente deve essere fatto per riprese aeree e per la cartografia.

Il Direttore della collana si ritiene autorizzato ad utilizzare gli articoli per eventuali ristampe o per l'edizione di volumi tematici. Di ciò verrà comunque data notizia agli Autori.

Estratti - Agli Autori è richiesto un contributo di € 27,00 (Iva incl.) per pagina pubblicata in bianco e nero sulla Rivista. Gli Autori sono pregati di inviare, insieme alle bozze corrette, le indicazioni necessarie per l'intestazione della nota di debito.

I manoscritti devono essere inviati alla **Redazione di Studi costieri**
c/o Dipartimento di Scienze della Terra
Borgo Albizi, 28 - 50122 Firenze
Tel. 055 2479241 - Fax 055 2001618
E-mail: serena.ferri@unifi.it