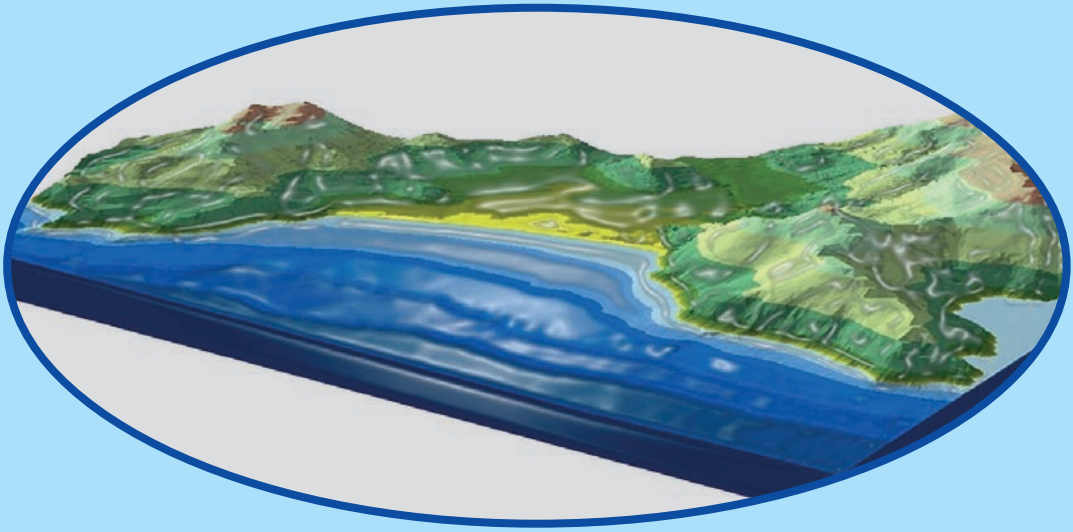
a cura di
Umberto Simeoni, Corinne Corbau,
Enzo Pranzini, Sergio Ginesu

LE POCKET BEACH

Dinamica e gestione delle piccole spiagge

FrancoAngeli



Ringraziamenti

Questo libro nasce grazie alla sinergia fra due iniziative. La prima, promossa da una convenzione tra la Direzione Generale per la Protezione della Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MITTAM) ed il Consorzio Universitario per la Ricerca Socioeconomica e per l'Ambiente (CURSA) si proponeva di indagare i processi evolutivi delle pocket beach con riferimento agli obiettivi del protocollo "*Integrated Coastal Zone Managemente*" della Convenzione di Barcellona.

La seconda è connessa all'avvio di un progetto finanziato nell'ambito del Programma di Ricerca scientifica di rilevante Interesse Nazionale (PRIN), cofinanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR), incentrato sullo studio dei processi evolutivi delle pocket beach.

Due progetti con finalità certamente diverse, ma con evidenti possibilità e necessità di interazione. Il progetto del MITTAM ha consentito la creazione di un data base che fornisce un quadro dello stato attuale di queste piccole spiagge e mette in luce problemi che il progetto del MIUR, con più spiccate finalità scientifiche, affronta. Quest'ultimo, d'altra parte, già nelle fasi di proposta progettuale ha fornito un quadro di riferimento scientifico utile al progetto del MITTAM.

Mano a mano che la ricerca procedeva si rafforzava la convinzione che, nei confronti delle pocket beach, vi fosse stata una inconsapevole disattenzione, come se queste spiagge fossero figlie di un dio minore. L'attenzione che il MITTAM ha rivolto ad esse e il positivo accoglimento della proposta da parte del MIUR fa ben sperare per il futuro.

La redazione dei contributi è stata curata da ricercatori universitari ed esperti afferenti al Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero (GNRAC), molti dei quali operano in questo settore fin dai primi anni '70. A loro va un doveroso ringraziamento per aver reso disponibili dati ed esperienze accumulate in numerosi anni di ricerca e lavoro.

Gli Autori esprimono gratitudine alla Direzione per la Protezione della Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare per la sensibilità mostrata nei confronti di questo tema e per aver fornito la possibilità, grazie alla pubblicazione di questo volume, di mettere i risultati dell'indagine a disposizione di tutti gli interessati.

Un ringraziamento particolare va rivolto ai colleghi dell'ISPRA che hanno fornito le informazioni raccolte nel Sistema Informativo Geografico Costiero dell'APAT ed alla direzione del CURSA che ha sempre sostenuto la realizzazione di questa iniziativa.

a cura di
Umberto Simeoni, Corinne Corbau,
Enzo Pranzini, Sergio Ginesu

LE POCKET BEACH

Dinamica e gestione delle piccole spiagge

FrancoAngeli

Il presente lavoro è stato realizzato grazie alla sinergia fra due iniziative a cui hanno contribuito ricercatori provenienti da numerose Università e centri di ricerca. La prima, promossa da una convenzione tra la Direzione Generale per la Protezione della Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MITTAM) ed il Consorzio Universitario per la Ricerca Socioeconomica e per l'Ambiente (CURSA), e la seconda è connessa ad un progetto finanziato nell'ambito del Programma di Ricerca scientifica di rilevante Interesse Nazionale (PRIN). Due progetti con finalità diverse ma con evidenti interazione.

La fase di editing è stata curata da Massimiliano Melchiorre e Margherita Palmieri.

In copertina: Immagine rappresentativa di una pocket beach.

Copyright © 2012 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it.

Indice

Premessa, di *Umberto Simeoni e Corinne Corbau* pag. 9

Introduzione, di *Umberto Simeoni, Corinne Corbau, Enzo Pranzini e Sergio Ginesu* » 13

1. Le pocket beach, di *Umberto Simeoni, Corinne Corbau e Enzo Pranzini* » 17
1. Alimentazione » 19
2. Morfologia » 20
3. Morfodinamica » 22
4. Le pocket beach antropiche » 28

2. Lo sviluppo e la gestione della costa, di *Umberto Simeoni e Corinne Corbau* » 31
1. Lo sviluppo sostenibile » 32
2. La gestione integrata delle zone costiere » 34
3. L'applicazione della ICZM in Italia » 41
4. La capacità di carico » 45
5. Suddivisione gestionale delle pocket beach » 50

3. Le piccole spiagge italiane, di *Corinne Corbau e Umberto Simeoni* » 55
1. Metodologia di analisi dei casi di studio » 63
2. Le pocket beach regionali » 67
2.1 Le pocket beach della Liguria, di *Nicola Corradi, Ileana Balduzzi e Marco Ferrari* » 67
2.1.1 Caso di studio: la spiaggia di Bonassola » 69

2.2 Le pocket beach della Toscana, di *Enzo Pranzini* pag. 72
2.2.1 Caso di studio: la spiaggia del Golfo di Procchio (Isola d'Elba) » 74
2.3 Le pocket beach del Lazio, di *Maurizio Alessio Baldassarre e Lina Davoli* » 78
2.3.1 Caso di studio: la spiaggia Arenauta - San Vito (Gaeta) » 81
2.4 Le pocket beach della Campania, di *Ennio Cocco, Sabato Iuliano, Sebastiano Perriello Zampelli e Paola Romano* » 84
2.4.1 Caso di studio: la spiaggia di San Montano (Isola d'Ischia) » 86
2.4.2 Caso di studio: il ripascimento del litorale dei Maronti (Isola d'Ischia) » 88
2.4.3 Caso di studio: la spiaggia di Minori (costiera amalfitana) » 93
2.4.4 Caso di studio: la spiaggia di Marina di Camerota (Cilento) » 95
2.5 Le pocket beach della Basilicata, di *Umberto Simeoni e Corinne Corbau* » 98
2.6 Le pocket beach della Calabria, di *Maurizio Alessio Baldassarre e Lina Davoli* » 102
2.6.1 Caso di studio: la spiaggia di Cala Ianculla (Seminara) » 103
2.6.2 Caso di studio: la spiaggia di Caminia di Stalettì (Catanzaro) » 105
2.7 Le pocket beach della Puglia, di *Giuseppe Mastronuzzi, Giuseppe Cacciapaglia e Maurilio Milella* » 108
2.7.1 Caso di studio: la spiaggia di Torre Canne (Brindisi) » 110
2.7.2 Caso di studio: la spiaggia di Gallipoli (Lecce) » 113
2.8 Le pocket beach d'Abruzzo, di *Leandro D'Alessandro, Francesco Mascioli ed Enrico Miccadei* » 116
2.8.1 Caso di studio: la spiaggia di Ripari di Giobbe (Ortona) » 117
2.9 Le pocket beach delle Marche, di *Leandro D'Alessandro e Francesco Mascioli* » 120
2.9.1 Caso di studio: la spiaggia di Numana Alta (Numana) » 121

2.10 Le pocket beach del Friuli-Venezia Giulia, di *Corinne Corbau e Manuela Gardelli* pag. 124
2.11 Le pocket beach della Sicilia, di *Concetto Amore, Fabio Branca, Claudia Cigala, Stefania Lanza e Giovanni Randazzo* » 127
2.11.1 Caso di studio: la spiaggia di Punta Ciriga Punta Castellazzo (Ragusa) » 128
2.11.2 Caso di studio: la spiaggia di Sampieri (Ragusa) » 131
2.11.3 Caso di studio: la spiaggia di Scoglio Nero (Messina) » 134
2.12 Le pocket beach della Sardegna, di *Felice Di Gregorio, Segio Ginesu, Andrea Serreli e Stefania Sias* » 136
2.12.1 Caso di studio: la spiaggia Iscra Ruja (Siniscola) » 138
2.12.2 Caso di studio: la spiaggia di Rada di Alghero (Alghero) » 141
2.12.3 Caso di studio: la spiaggia di Solanas (Cagliari) » 144
3. Considerazioni, di *Umberto Simeoni e Corinne Corbau* » 148

Appendice. Esempi di classificazione geomorfologica delle pocket beach campane, di *Ennio Cocco, Sabato Iuliano, Sebastiano Perriello Zampelli e Paola Romano* » 155
Spiagge senza apporti da corsi d'acqua » 155
Spiagge con apporti da corsi d'acqua » 156
Caso di studio: la Spiaggia di San Montano (Isola d'Ischia) » 156
Caso di studio: la spiaggia di Minori » 159

Bibliografia » 161

Autori dei contributi » 171

Premessa

di Umberto Simeoni e Corinne Corbau

Le aree costiere forniscono opportunità di crescita sociale ed economica, di sviluppo di vie di comunicazione nonché di attività ricreative che non trovano pari nei territori interni. È per questo che la popolazione che risiede lungo le coste è in continua crescita e l'occupazione degli spazi costieri innesca competizione, e spesso conflitti, fra i vari portatori d'interessi.

Ma l'interfaccia terra-mare, come tutti gli ambienti di transizione, è estremamente sensibile e può andare incontro a forti trasformazioni innescate anche da modesti interventi, che vengono poi amplificati da processi di feedback. Ecco perché la gestione della costa deve ormai basarsi sul concetto di sviluppo sostenibile, inteso come processo sociale volto ad un uso di questo ambiente compatibile non solo con la soddisfazione dei bisogni della generazione presente ma anche di quella futura.

Una programmazione razionale della costa va perciò effettuata nella consapevolezza che esistono due aspetti fondamentali nella sua gestione: gli effetti che la continua evoluzione della costa ha sulle attività umane e quelli che le attività umane hanno sull'ambiente costiero.

Se nell'800 la migrazione di popolazioni e di attività verso la costa non ha creato conflitti, per la vastità del territorio non urbanizzato e per l'assenza di interessi opposti, dalla seconda metà del XX secolo la crescita del turismo e l'affermarsi di una nuova consapevolezza ambientale hanno evidenziato l'insostenibilità dei vecchi modelli di sviluppo delle aree costiere e la necessità di progetti di gestione, conservazione e tutela delle risorse naturali, sia dal punto di vista quantitativo sia qualitativo.

Le problematiche gestionali risultano spesso amplificate nelle piccole spiagge racchiuse fra promontori come ad esempio le pocket beach. Questi segmenti di litorale sono ancor oggi poco studiati ma dove, pur a fronte di

spiagge di limitata estensione, si è sviluppata negli ultimi decenni un'intensa urbanizzazione, spesso priva di regole e di un adeguato supporto tecnico-scientifico.

Questo libro si prefigge di fare il punto sulle conoscenze relative alla morfodinamica di queste spiagge, con particolare riferimento all'impatto che, su di esse, possono avere le attività antropiche.

Nella prima parte vengono illustrate le principali caratteristiche delle pocket beach e quali possono essere gli approcci metodologici per studiare queste spiagge. Sono inoltre descrive le caratteristiche di questi arenili soffermandosi, con particolare attenzione, sugli aspetti legati alla loro morfologia, alimentazione e dinamica evolutiva.

Successivamente vengono affrontati i temi dello sviluppo sostenibile e della gestione integrata della costa. Partendo da un'analisi di come nel tempo si è sviluppato il concetto di gestione integrata, viene presentato un quadro nazionale dell'applicazione dell'I.C.Z.M. Ad esso fa seguito una parte ove si evidenziano le diversità tra le pocket beach naturali ed antropiche e su come, in ambito internazionale, queste spiagge vengano classificate con un intento gestionale. Le pocket beach, per il loro patrimonio naturale e culturale e per le peculiarità degli ecosistemi che contengono, rappresentano tratti costieri con una grande attrattiva ed unicità. Lo sviluppo turistico, che le ha interessate con un certo ritardo rispetto a quanto avvenuto sui lunghi litorali sabbiosi, sta mettendo a rischio la conservazione di questi fragili ambienti. Viene quindi sviluppato il concetto di sviluppo sostenibile e di come gli studi della *Carrying Capacity* possano supportare la corretta gestione di queste spiagge.

Nella parte successiva vengono illustrati i principi e le metodologie che sono stati adottati per lo studio a scala nazione delle pocket beach e delle piccole spiagge. Ciò ha consentito di ottenere presentato un primo censimento delle spiagge suddividendole in base ad alcuni elementi ritenuti significativi per una la loro descrizione morfo-evolutiva.

Dopo una prima sintesi a scala di Paese, l'analisi di queste spiagge viene affrontata a scala regionale. Partendo da un sintetico un inquadramento geomorfologico regionale, vengono successivamente presentati casi di studio di pocket beach che illustrano le loro dinamiche naturali e gli impatti antropici che hanno inciso sulla loro evoluzione.

In ultimo, nell'appendice, viene illustrata una proposta per la classificazione delle pocket beach che, oltre a considerare gli elementi propri della baia, prende in considerazione le caratteristiche delle falesie attive e quelle dell'eventuale bacino imbrifero del corso d'acqua che alimenta la spiaggia.

La disponibilità di un quadro nazionale, certamente parziale ma realizzato con criteri omogenei, consente una prima analisi delle criticità che af-

fliggono queste spiagge e fornisce elementi utili per la gestione di questi fragili ambienti. Pone inoltre in evidenza come sussista la necessità di approntare politiche nazionali per la loro conservazione e di approfondire, in un'ottica mediterranea, la conoscenza dei processi che regolano la loro evoluzione.

Introduzione

di Umberto Simeoni, Corinne Corbau, Enzo Pranzini e Sergio Ginesu

Il Summit della Terra di Rio de Janeiro del 1992 precisava, nel suo programma di Agenda 21, il bisogno di misure ambientali per gli oceani e le coste ed affidava alle nazioni litoranee lo sviluppo sostenibile delle loro zone costiere attraverso l'attuazione di una gestione integrata. La gestione della costa deve quindi basarsi sul concetto di sviluppo sostenibile, inteso come processo sociale volto fondamentalmente ad un uso dell'ambiente costiero compatibile non solo con la soddisfazione dei bisogni ed esigenze della generazione presente ma anche di quella futura. Questa definizione comprende due elementi fondamentali: lo sviluppo, che deve rispondere ai bisogni umani intra ed inter-generazionali, e la sempre maggiore scarsità delle risorse.

Dall'esperienza del *Mediterranean Action Plan* (MAP), dall'*United Nations Conference on Environment and Development* (Rio di Janeiro, 1992), dall'*Eight Meeting of Contracting Parties to the Barcelona Convention* (Antalta, 1993) e dalla Conferenza "MED21" (Tunis, 1994) sullo sviluppo sostenibile in Mediterraneo è emersa la necessità di assicurare uno sviluppo sostenibile delle risorse marine. Ciò è stato affrontato attraverso l'attivazione della MAP Phase II, ovvero della *Action Plan for the Protection of the Marine Environment and Sustainable Development of the Coastal Areas of the Mediterranean*.

In esso la voce *Sustainable Development in the Mediterranean*, e più specificatamente quella denominata *Integrating Environment and Development*, punta l'attenzione sull'impatto delle attività produttive sull'ambiente (agricoltura, industria, energia, turismo e trasporti), sulla gestione delle aree urbane e su quella integrata delle zone costiere (Pavasovic e Arsen, 1996). L'UNEP (1995) ribadisce che per uno sviluppo ambientale sostenibile è necessario un attento uso delle risorse e l'attivazione di un processo di gestione continuo, proattivo ed adattivo.

Più recentemente, l'Unione Europea nel suo programma di dimostrazione sull'*Integrated Coastal Zone Management* (ICZM) ha ribadito questi concetti necessari anche per la conservazione della loro diversità dei tratti litorali. A tale fine esso tende, attraverso una più attiva gestione, a perseguire e mantenere ottimi livelli sostenibili di sviluppo degli usi e delle attività nelle aree costiere ed eventualmente a migliorare lo stato dell'ambiente costiero.

Una pianificazione razionale della costa va effettuata nella consapevolezza che esistono due aspetti fondamentali della gestione del territorio costiero:

- gli effetti che la continua evoluzione della costa ha sulle attività umane;
- gli effetti che le attività umane hanno sull'ambiente costiero.

Sostanzialmente, il primo aspetto riguarda gli effetti sulle attività produttive dei maggiori fattori ambientali-naturali che minacciano la costa. Tali fattori possono andare dalle inondazioni alle tempeste, dalla subsidenza all'erosione e all'innalzamento del livello del mare. Il secondo aspetto riguarda, invece, gli effetti che le attività agricole e industriali, le vie di comunicazione, il turismo di massa, l'agricoltura e, più in generale, tutte le modificazioni perpetrate dall'uomo hanno sull'ambiente e sul territorio costiero.

Negli ultimi anni diversi fattori, tra cui l'aumento del reddito medio pro capite e del livello culturale, nonché una maggiore disponibilità di tempo libero hanno contribuito, nelle preferenze sociali, ad una crescita dell'importanza dei beni e servizi ambientali. Lo sfruttamento da parte dell'attività umana ha reso sempre più necessari progetti di conservazione e tutela delle risorse naturali, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Questo è tra l'altro ben sottolineato nel protocollo ICZM della Convenzione di Barcellona.

La vulnerabilità del litorale e delle acque marine dipende fortemente da fattori locali che sono influenzati, oltre che dalla morfologia e da altre caratteristiche della fascia costiera, dalla pressione antropica presente. Studi condotti (Kundzewicz and Parry, 2001) evidenziano come le aree costiere con una scarsa escursione di marea (qual è il caso italiano) siano quelle più vulnerabili. Inoltre, non va dimenticato che ricerche attendibili ipotizzano, per i prossimi decenni, un incremento della *storminess,* nelle aree dell'Adriatico, dell'Egeo e del Mare Nero (Guedes *et al*., 2002) ed una conseguente perdita di territorio dovuta all'incremento dell'attività erosiva del mare.

La marginalità delle pocket beach, spesso inserite in tratti costieri difficilmente raggiungibili od ubicate in piccole isole, le ha parzialmente salvate dallo sviluppo turistico del dopoguerra, ma le loro caratteristiche ambientali

le hanno rese obiettivo privilegiato di un successivo assalto tutt'ora in corso. I dati disponibili mostrano che la gran parte delle coste continentali ed insulari italiane è in erosione (AA.VV., 2005) e come questo fenomeno ha raggiunto una gravità che minaccia l'economia di molte aree costiere o i delicati equilibri d'ambienti ad elevato pregio naturalistico (AA.VV., 2006). Questa situazione risulta ancor più critica in previsione degli effetti che avranno nel Mediterraneo i cambiamenti climatici globali, dato che le pocket beach risultano estremamente sensibili a modeste variazioni di input sedimentario e al regime meteomarino, fenomeni che iniziano già a manifestarsi.

Infatti la modesta estensione della maggior parte di queste spiagge ed i loro limiti netti impediscono la migrazione delle *rip-current* lungo costa (Huntley *et al*., 1988), che si stabilizzano portando ad una concentrazione dei processi di erosione e di deposizione in punti identificabili in funzione delle caratteristiche delle onde incidenti. Questi processi possono essere innescati anche dalle onde riflesse dai promontori, che possono generare risonanze delle *edge waves* all'interno della baia, con un ulteriore incremento ed una stabilizzazione delle correnti in uscita.

Tutto ciò rende queste spiagge estremamente vulnerabili all'inserimento di manufatti in prossimità della battigia dato che essi, quando raggiunti da oscillazioni negative, possono indurre la riflessione del moto ondoso ed il formarsi in *hot spot* erosivi permanenti (Campbell e Jenkins, 2002).

Inoltre, la costruzione di strutture portuali alle estremità delle pocket beach, sebbene non determini una riduzione dell'input sedimentario, induce una rotazione della spiaggia con l'insabbiamento della zona protetta e l'erosione del settore più lontano, come avvenuto nel Golfo di Campo (Pranzini, 1986), a Cala Galera (Bartolini *et al*., 1979) e nel Golfo di Castellammare di Stabia (Cammelli *et al*., 2004).

In considerazione delle modeste perdite sedimentarie lungo riva e dovendo prevenire principalmente quelle on-offshore, anche le tecniche di difesa rigida da applicare alle pocket beach devono essere pensate in modo diverso da attuate su gli estesi tratti di litorale. Gli studi e la casistica di difese in questi ambienti è ancor oggi assai limitata (Cipriani *et al*., 1993) e ciò complica l'applicazione di modelli concettuali, numerici e fisici per la definizione dell'evoluzione delle pocket beach, sia in condizioni naturali sia a seguito di interventi di difesa (Mutagami *et al*., 2001) e di ripascimento (Gonzalez e Medina, 2001). La conoscenza dei parametri geometrici delle pocket beach potrebbe contribuire all'implementazione di schemi protettivi specifici per ambienti a bassa e media energia e con un clima meteomarino caratterizzato da onde aventi una dispersione direzionale assai maggiore di quella che hanno le onde di *swell*. Nell'ultimo secolo le strutture rigi-

de sono state solitamente le soluzioni preferite per risolvere i problemi d'erosione e di deriva *longshore* delle spiagge. A tal proposito è interessante ricordare come sia entrato in uso nella letteratura internazionale il termine *newjerseyisation* per individuare tratti costieri pesantemente difese da opere in massi come nel caso dei litorali del New Jersey (Pilkey e Dixon, 1996) e di parte della costa adriatica (Simeoni e Bondesan, 1997).

Le grandi strutture costruite in una zona di surf fungono da promontori artificiali e possono avere degli impatti simili a quelli dei promontori naturali che condizionano l'evoluzione delle pocket beach, soprattutto quando le spiagge racchiuse presentano ampiezze ridotte e profondità significative. Nel contempo osservare gli effetti dell'inserimento di grandi strutture su una spiaggia, ben descritti nel lavoro di Horikawa (1988), fornisce importanti elementi per una migliore comprensione dei processi e delle dinamiche evolutive delle pocket beach.

Sulla similitudine fra le pocket beach ed i tratti di spiaggia delimitati da strutture (Benedet *et al*., 2004) sono stati sviluppati schemi di difesa dei litorali con *headland* artificiali che dividono la costa in numerose *embayed beach* (Silvester e Hsu, 1993).

La conoscenza delle dinamiche morfologiche ed evolutive delle pocket beach, dunque, non solo ha una diretta ricaduta sulla progettazione di opere per la loro difesa ma anche per estese spiagge rettilinee. Inoltre, una maggior comprensione dell'idrodinamica delle pocket beach potrà fornire nuovi elementi per l'impostazione di servizi di sicurezza per la balneazione: i casi di annegamento, legati soprattutto alla presenza in queste baie di intense correnti di ritorno risultano, infatti, direttamente correlabili con i processi in atto nella *nearshore* (Hartmann, 2004; Huntley *et al*., 1988).

1. Le pocket beach

di Umberto Simeoni, Corinne Corbau e Enzo Pranzini

Pocket beach è un termine da tempo entrato nella letteratura internazionale e può trovare un equivalente italiano in "spiaggia di baia", andando ad identificare una piccola spiaggia delimitata da promontori la cui origine e forma sono ereditate e completamente svincolate dai processi che hanno dato origine alla spiaggia. La forma dei promontori condiziona in modo significativo l'idrodinamica della pocket beach e se sono sufficientemente aggettanti in mare impediscono o limitano lo scambio di sedimenti con i tratti di litorale adiacenti.

Queste spiagge sono tipiche delle coste alte; la loro lunghezza ed ampiezza dipendono dalla topografia del *bedrock* preesistente che è stato parzialmente sommerso durante l'ultima trasgressione del mare ed in parte ricoperto da sedimenti. La loro importanza e diffusione è ben evidente se si considera che il 51% delle coste mondiali orlano territori collinari o montuosi (Inman e Short, 1971).

I termini *crenulate shaped bays, spiral beaches, curved beaches, hooked beaches, crescent beach, embayed beach, headland bay beach, bayhead beach, zeta beaches* ed altri (Inman e Short, 1971; Schwartz, 1982; Short, 1991 e 1996; Finkl, 2004; Pranzini, 2004) vengono talvolta utilizzati come sinonimi, anche se alcuni di essi descrivono spiagge con uno specifico andamento geometrico della linea di riva ed una particolare conformazione morfologica (Carter, 1988; Hsu *et al.*, 1989; Woodroffe, 2002).

La forma di queste spiagge è legata alla direzione di provenienza del moto ondoso e all'assetto morfologico dei promontori che la delimitano, oltre che all'input sedimentario dei corsi d'acqua (fig. 1) ed ai materiali provenienti dall'erosione delle falesie.

Quando la direzione di provenienza delle onde è costante e non vi sono apporti sedimentari consistenti, una spiaggia si modella in modo da ricevere le

onde ortogonali a riva tanto da non subire un significativo trasporto longitudinale dei sedimenti ed acquisire così una configurazione stabile.

Nelle pocket beach le onde lineari presenti al largo vengono diffratte dai promontori e giungono a riva con fronti arcuati: ecco il motivo per cui le spiagge presenti all'interno delle baie tendono ad avere forme tondeggianti.

L'analisi di queste forme ha messo in evidenza che lo sviluppo planimetrico di queste spiagge è assimilabile ad una spirale logaritmica (Yasso, 1965) ed è per questo che furono originariamente definite zeta bay per la somiglianza della forma con la lettera greca zeta ζ (Halligna, 1906). In merito a ciò si ricorda che Silvester e Hsu (1993) hanno sviluppato uno schema di difesa costiera con dei promontori ai quali si collegano le varie zeta bay.

Fig. 1 - Pocket beach della Maddalena (Sardegna) su cui sfocia un piccolo corso d'acqua.

Le pocket beach sono spesso incassate in profonde baie e costituiscono i settori fra i più attraenti delle coste rocciose. L'economia delle piccole isole e delle coste alte è spesso legata alla loro presenza e su di esse si concentra il flusso turistico stagionale, mentre nell'immediato retroterra si sviluppano i centri abitati e le infrastrutture ricettive. Molto spesso è proprio qui che sono ubicati i porti che per secoli hanno consentito il collegamento delle isole con il continente e, in tempi recenti, si sono sviluppati approdi turistici di notevole richiamo.

I processi erosivi in atto sulle pocket beach, seppure meno intensi di quelli che colpiscono i grandi litorali che orlano le pianure alluvionali, sono

comunque rilevanti in relazione all'ampiezza limitata di queste spiagge e alla forte pressione turistica cui sono soggette; inoltre, diventano un fattore di rischio notevole nel momento in cui gli insediamenti turistici ne invadono l'immediato retroterra. Infatti, le pocket beach, non essendo alimentate da fiumi con estesi bacini idrografici, non hanno risentito di quella forte riduzione dell'input sedimentario, fenomeno riguardante prevalentemente i lunghi tratti di litorali rettilinei dalla metà dell'800 ad oggi (Pranzini, 1994 e 1995) e che ha indotto erosioni di tale entità da attrarre l'attenzione degli amministratori e dei ricercatori.

1. Alimentazione

In molti casi l'erosione dei promontori, che avviene con tassi estremamente ridotti (Sunamura, 1992), non è sufficiente all'alimentazione di queste spiagge. Queste, durante eventi significativi ed in presenza di una forte pendenza dei fondali antistanti, sono esposte ad un'elevata energia del moto ondoso causa di consistenti flussi in uscita (Sayo, 1991; Dail *et al.*, 2000).

Questi flussi, nelle pocket beach, vengono incentivati anche da un maggiore set-up, perché, durante le mareggiate più intense, l'acqua si accumula all'interno dell'insenatura (Sallenger *et al*., 2002). Essi non si distribuiscono in modo uniforme su tutto il fronte della spiaggia, ma tendono a concentrarsi lungo linee preferenziali, in base alle irregolarità del substrato roccioso che spesso affiora sul fondale.

Le foci dei piccoli corsi d'acqua che le possono alimentare si posizionano, in genere, alle estremità delle baie, per l'instabilità della posizione centrale della spiaggia come evidenziato da simulazioni condotte con modelli matematici (Izumi *et al*., 1999). Non solo ma le interazioni fra corrente fluviale e moto ondoso impone spesso alla foce una posizione in cui il fondale antistante è roccioso (più stabile) e con una morfologia irregolare.

L'alimentazione fornita dai piccoli bacini idrografici è fondamentale per l'equilibrio delle pocket beach. Ad esempio negli ultimi decenni lo sviluppo turistico, che ha interessato le piccole isole, ha determinato l'abbandono dell'agricoltura e l'estensione delle superfici residenziali, causando una contrazione delle aree erodibili ed una riduzione dell'input sedimentario alle spiagge.

In letteratura (Pranzini e Mannori, 2004) l'erosione di alcune pocket beach è stata correlata con queste trasformazioni socioeconomiche in atto dagli anni '60.