

Aspetti idrografici e morfo-sedimentologici nell'ambito del Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero della Regione Liguria

Carlo Cavallo (*), Ilaria Fasce (*), Roberta Ivaldi (**), Ottavio Patulli (**)

(*) Regione Liguria – Dipartimento Ambiente - Settore Ecosistema Costiero, Via D'Annunzio, 111, 16124 Genova

(**) Istituto Idrografico della Marina, Passo Osservatorio, 4, 16134 Genova, tel +39 0102443363
fax +39 0102443364, e-mail roberta.ivaldi@alice.it

Riassunto

Lo sviluppo di strumenti integrati di salvaguardia, prevenzione, intervento e gestione è indispensabile per la tutela dell'ambiente. In particolare quello marino e costiero rivestono un'importanza strategica rappresentando una risorsa rilevante. Il settore litorale è per natura un ambiente particolarmente dinamico, complesso, vulnerabile e fragile. La conoscenza e l'osservazione dei fenomeni, che avvengono in un tempo limitato, necessitano un approccio multidisciplinare richiedendo dati di alta qualità, acquisiti con estrema accuratezza, e metodo standard, seguendo idonee procedure di elaborazione. Si comprende quindi tutta l'attenzione che la Regione Liguria sta dedicando alle strategie di gestione integrata della zona costiera, necessarie per la tutela e valorizzazione della costa. Recente è lo sviluppo di uno strumento pianificatorio che regola le azioni nella salvaguardia ambientale della fascia costiera: il Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero. Questo lavoro si rivolge allo sviluppo specifico di alcuni aspetti inseriti nel Piano e di particolare interesse nel campo dell'idrografia, della morfodinamica, della sedimentologia e degli strumenti informativi territoriali seguendo un approccio integrato applicato ad un caso studio, il paraggio costiero di Sori (Liguria orientale).

Abstract

The development of protection, prevention, intervention and management integrated tools is essential to the environmental conservation. In particular marine and coastal environment occupy a strategic position and are important resources. Littoral is a complex of naturally dynamic, vulnerable and fragile systems. Knowledge and observation of limited time phenomena need a multidisciplinary approach, with high quality data, high accuracy, standard and appropriate data processing. *Regione Liguria* is following a strategy of integrated coastal zone management. Recently it planned a tool which controls the actions in the environmental protection of the coast: *Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero*. The aim of this paper is to present some aspects of this *Piano* in the field of hydrography, morphodynamic, sedimentology and geographic information system following an applied and integrated approach to a case history: Sori coastal sector (eastern Liguria).

Introduzione

La zona costiera per la sua posizione riveste un'importanza strategica in quanto accoglie un'elevata percentuale della popolazione, rappresenta una risorsa rilevante per l'economia e ospita habitat naturali di elevato interesse. Essa, nel contempo, è afflitta da gravi problemi, tra cui la distruzione degli habitat stessi, la contaminazione delle acque, l'erosione costiera e l'impovertimento delle risorse per un uso non sostenibile per i molteplici interessi che vi si concentrano, spesso in conflitto tra loro (Clark, 1996; Nelson, Botteril 2002; Williams, Micallef, 2009).

Da un punto di vista fisico i litorali da alcuni decenni sono soggetti a marcati processi di erosione che hanno determinato una forte riduzione della loro ampiezza e prodotto non solo modifiche ambientali, ma anche danni notevoli alle strutture antropiche costruite in prossimità della linea di riva. Nel fornire una dimensione del problema si vede come il litorale ligure rifletta, nella sua dinamica evolutiva, la tendenza nazionale, dove il 33% delle spiagge italiane risultano in erosione e solo il 18% dimostra una tendenza positiva di avanzamento. Il restante 49% può essere considerato in equilibrio, ma soprattutto grazie agli interventi di difesa (GNRAC, 2006). È sulla costa che si è concentrata e si concentrano le attività e la vita della Liguria; l'economia portuale, le infrastrutture, il turismo, la residenza: tutto insiste su una stretta zona litorale, dove la morfologia della parte emersa è particolarmente acclive e dove lo spartiacque arriva anche a pochi chilometri dal mare. Alcuni settori di costa, di particolarissimo pregio, come i capi, i promontori e tutte le porzioni non urbanizzate, vanno salvaguardati e su queste aree deve essere prevalente l'azione della tutela e della preservazione. Per tutti gli altri tratti di litorale viene contemplata una salvaguardia altrettanto attiva, che ben si coniughi con la forte pressione antropica. La stipula del Protocollo *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM) da parte dell'Italia, con altri paesi del Mediterraneo nonché la Comunità Europea e gli indirizzi internazionali, evidenziano come sia necessario un approccio integrato e multisettoriale nella strategia di gestione integrata della zona costiera secondo un comune quadro di riferimento (Libro Bianco, CE 2009; Progetto Eurosion, 2004; 2008/56/CE). Si comprende dunque tutta l'attenzione che la Regione Liguria sta dedicando alle politiche, agli strumenti, ai progetti e alle normative che consentano di intervenire al meglio sui diversi profili di azione necessari alla tutela e valorizzazione della qualità ambientale della costa ligure e delle sue risorse. Il Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero (PTAMC), previsto dall'art. 41 L.R. 20/2006, è uno strumento di pianificazione coerente che persegue gli obiettivi posti alla base del Protocollo ICZM del Mediterraneo. Con questo strumento la Regione Liguria interviene in maniera integrata su due temi interconnessi: la protezione e tutela dell'ambiente marino e costiero e la programmazione, pianificazione e gestione integrata degli interventi di difesa della costa e degli abitati.

Questo lavoro riporta lo sviluppo specifico di alcuni aspetti inseriti nel PTAMC, la Relazione per Paraggio, facendo riferimento al caso studio del paraggio di Sori (Genova). Particolare attenzione nel flusso di lavoro è stata rivolta all'ambito idrografico, morfodinamico e sedimentologico nell'analisi ed elaborazione dei dati di base per la restituzione di un prodotto che soddisfi standard internazionali, come il recepimento del Disciplina Tecnico per la Realizzazione dei Rilievi Idrografici (IIM, 2009) e che rappresenti uno strumento integrato.

Piano di Tutela dell'Ambiente Marino Costiero

L'approccio nella stesura del PTAMC è innovativo in quanto "integrato" perché si occupa non solo delle problematiche connesse al dissesto della costa a livello fisico, ma anche di altri aspetti ambientali, in particolare la salvaguardia degli habitat marini e costieri. Il PTAMC ha valore di Piano territoriale di settore in quanto è specificatamente finalizzato al riequilibrio sedimentario dei litorali ed alla stabilizzazione della costa alta, al miglioramento della qualità delle acque costiere, alla difesa e valorizzazione degli habitat marini e della biodiversità costiera, nel rispetto degli assetti naturali e della loro tendenza evolutiva, degli usi compatibili e dello sviluppo sostenibile. Rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono fissati gli obiettivi a scala di unità fisiografica e vengono individuati gli strumenti di attuazione, le modalità e priorità d'intervento.

Il PTAMC persegue gli obiettivi riferendosi ad un inquadramento morfodinamico ed ambientale della fascia costiera, secondo la tendenza evolutiva (condizioni di dissesto della costa alta, livello di erosione degli arenili), all'individuazione delle fasce dinamiche costiere interessate dal moto ondoso con differente ricorrenza, focalizzando i settori di costa alta in arretramento, le aree a valenza bionaturalistica soggette ad impatti. Sono pertanto riportate le esigenze di manutenzione, di completamento ed integrazione dei sistemi di difesa costiera, la definizione degli interventi di difesa

costiera e di mitigazione del rischio della costa alta e delle misure e delle azioni volte alla tutela degli habitat costieri e della biodiversità. La redazione del PTAMC presuppone diversi elaborati conseguenti a diverse fasi che vanno da quella conoscitiva di rilievo diretta fino all'implementazione di particolari dati relativi alle caratteristiche di stato ed alle pressioni del territorio in esame in una loro successiva elaborazione integrata (Relazione Generale, Norme di Attuazione, Relazioni Tematiche e Relazioni per Paraggio).

L'applicazione del PTCAM è per ambiti che possono comprendere una o più unità fisiografica (U.F.), unità territoriali di riferimento stabilite per la redazione del Piano stesso. Per U.F. si intende il tratto litorale dove i sedimenti presenti (sia nel settore emerso che sommerso) vedono una dinamica confinata al suo interno o hanno scambi con l'esterno in misura non influenzata da quanto accade alla restante parte di costa. Il litorale ligure risulta suddiviso in diciotto ambiti e trentuno U.F., già individuate dal Piano Territoriale di Coordinamento della Costa della Regione Liguria (1999). All'interno di un'U.F. si possono distinguere settori di costa, definiti paraggi costieri, che possono essere considerati indipendenti per mareggiate ordinarie, con tempi di ritorno annuali. Esiste un'ulteriore sotto unità del paraggio, la cella litorale, che può costituire porzioni di spiaggia indipendenti in condizioni di mare calmo o con agitazioni ondose medie.

La Relazione per Paraggio, la cui sintesi è riportata nella Relazione Generale, è elaborata per paragrafi che integrano le Relazioni Tematiche, sviluppando, argomenti con maggior dettaglio; in particolare questi vengono riportati alla scala locale, discussi interdisciplinariamente, evidenziando soprattutto le connessioni tra dinamica costiera e caratteri ambientali.

Area di studio

Il paraggio di Sori individuato nell'U.F. (limite orientale del Porto di Genova a W e Promontorio di Portofino a E) si estende da Castello Cirla a W e Capo Pino a E (Fig. 1). E' costituito da circa 1 km di costa alta rocciosa e 0.4 km di spiaggia. Il litorale è caratterizzato da un settore di traversia compreso tra 147° N e 255° N, esposto totalmente ai mari di libeccio e meridione e, per effetto del processo di rifrazione che subiscono le onde nell'avvicinarsi a costa, parzialmente ai mari da SE e da W e dove si sviluppano fenomeni idrodinamici complessi.

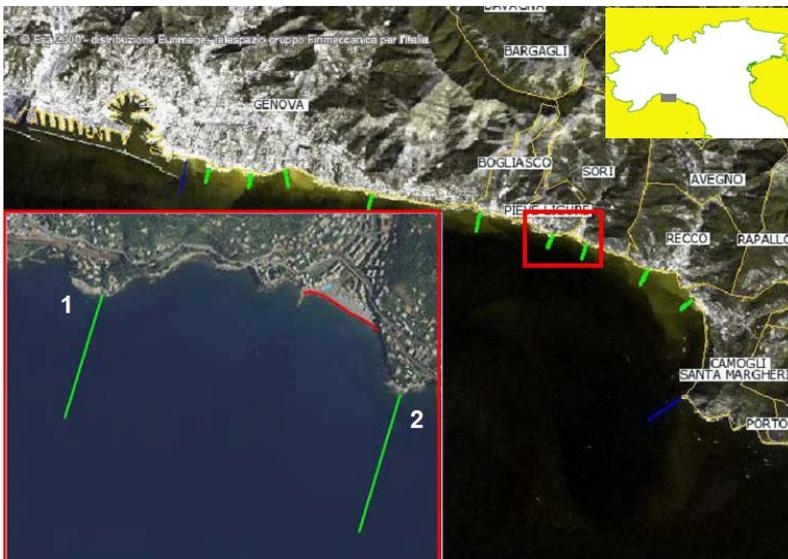


Figura 1 – Area di studio: U.F. Porto di Genova (W) - Portofino (E); limiti di paraggio interno a U.F. Nel riquadro il paraggio di Sori. 1 – Castello Cirla; 2 – Capo Pino.

La costa alta, contraddistinta da falesie sub-verticali con altezza variabile (10-30 m) incise nei Calcari del Monte Antola (alternanza calcari - calcari marnosi intercalati da arenarie ed argilliti), mostra chiari segni di criticità, frequentemente interessata da localizzati, ma ripetuti fenomeni franosi. Il processo dominante (erosione per azione marina, meteorica ed eolica) e lo stato di attività del profilo di falesia da analisi morfostrutturali evidenziano cinematismi prevalenti di crollo e scivolamento ed un medio rischio geomorfologico (Emery, Khun, 1982) per questo tratto litorale, densamente antropizzato e di grande valore paesaggistico.

La porzione di spiaggia si estende tra il promontorio su cui sorge il cimitero di Sori a W e Capo Pino a E ed è caratterizzata da due celle distinte per la presenza di un pennello in massi e cemento, prolungamento del costone roccioso su cui è ubicato parte dell'abitato di Sori, in sponda destra del torrente omonimo. L'arenile è costituito essenzialmente da materiale grossolano (ghiaia e ciottoli) di composizione eterogenea per i diversi interventi di ripascimento; subito a E del pennello il sedimento è misto per la presenza di sabbia grossolana, essenzialmente calcarea e quarzifica che diminuisce da W verso E (assenza sedimento fine presso Capo Pino). Anche l'ampiezza della spiaggia nel settore più orientale si riduce da 40-50 m a 25-30 m.

Risultati

I dati per poter essere confrontati e integrati devono rispettare determinati requisiti che forniscano la qualità della misurazione, la certifichino, garantendone così il corretto impiego in un quadro di applicazione di uno strumento multidisciplinare integrato. La verifica degli standard è fondamentale per la conoscenza ed omogeneità della qualità del dato e poter successivamente essere impiegato nel PTCAM. I rilievi idrografici sono regolamentati dalle modalità standard previste dall'International Hydrographic Organization (IHO) e riportate dal Disciplinare Tecnico per i Rilievi Idrografici (IIM, 2009). Il processo di analisi ed elaborazione dei dati relativi ad aspetti idrografici e morfosedimentologici del settore marino e costiero ha visto questa importante fase di valutazione del dato per la successiva caratterizzazione del paraggio e della restituzione come PTCAM.

L'evoluzione della linea di riva, estratta dalle foto aeree (volo R.A.F. 1944, voli bassi Regione Liguria anni 1973, 1983, 1993 e 2003) debitamente georiferite con un errore massimo stimato pari a circa 3 m e desunta dai dati storici, evidenzia come a fine '800 inizio '900 l'arretramento fosse prevalente e come sia gli apporti naturali che gli ingenti versamenti per la costruzione della linea ferroviaria fossero insufficienti a dissipare l'energia degli eventi di tempesta. Dal 1944 al 1973 (Fig. 2) si registra un marcato avanzamento della linea di riva (massimo 65 m settore emerso orientale) e conseguentemente di tutta la spiaggia, risultato questo soprattutto dei versamenti delle macerie belliche e dei materiali di risulta della ricostruzione e delle infrastrutture autostradali.

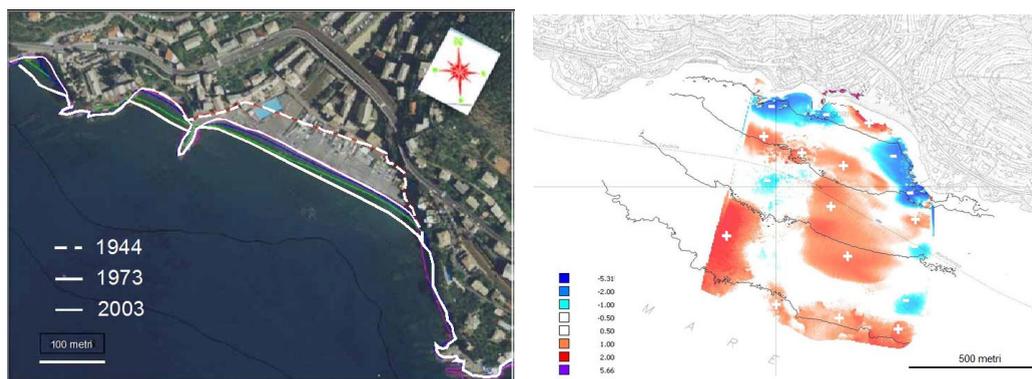


Figura 2 – A sinistra: tendenza evolutiva della linea di riva dal 1944 al 2003. A destra: variazione del fondale (in metri); + accumulo, - erosione, in bianco zona stabile. Isobate ogni 5 m.

Esauritasi la fonte di alimentazione, il periodo 1973-2003 è caratterizzato da un arretramento della linea di riva (massimo 10 m nel settore di levante e poco superiore a 3 m, alla foce del torrente Sori), malgrado i consistenti interventi a difesa del litorale con diversi ripascimenti (1994, 2001-2002) e la realizzazione di opere rigide (pennello prosecuzione del costone roccioso nel 1983 e barriera frangiflutti soffolta nel 2001) che hanno rallentato, ma non risolto il problema erosivo.

La tendenza secolare del fondale (Fig. 2) è stata ottenuta dall'elaborazione e confronto dei recenti dati multibeam (2008) con quelli del rilievo dell'Istituto Idrografico della Marina del 1885 (Grafico degli scandagli n. 33, 1:10.000); in fase di confronto sono stati considerati solo quei valori superiori a 0.5 metri, in modo da escludere quelle differenze che davano come risultato un valore inferiore alla massima incertezza verticale prevista dagli standard IHO (0.3 m per fondali fino a 20 m). Le variazioni più evidenti si riscontrano nell'approfondimento dei settori più prossimi alla costa (differenze anche superiori a 5 m), ad eccezione della foce del torrente Sori, ed una generale stabilità o accrezione per il settore di spiaggia sottomarina con fondo superiore a circa 8 m, fatta eccezione per l'area di Capo Pino. La tendenza evolutiva della spiaggia sottomarina confermerebbe l'evidente erosione registrata nella parte emersa con settori particolarmente critici nella porzione occidentale ed in quella orientale (fino a circa 8 m di profondità).

La caratterizzazione del fondale dai dati di dettaglio *multibeam* e *side scan sonar*, calibrati direttamente da 20 campioni di sedimento (Fig. 3), mostra la presenza prevalente di sabbia fine e sabbia limosa ed, in subordine, sabbia grossolana e ghiaiosa, soprattutto al limite esterno e con prevalenza di ghiaia e roccia entro circa 5 m di profondità.

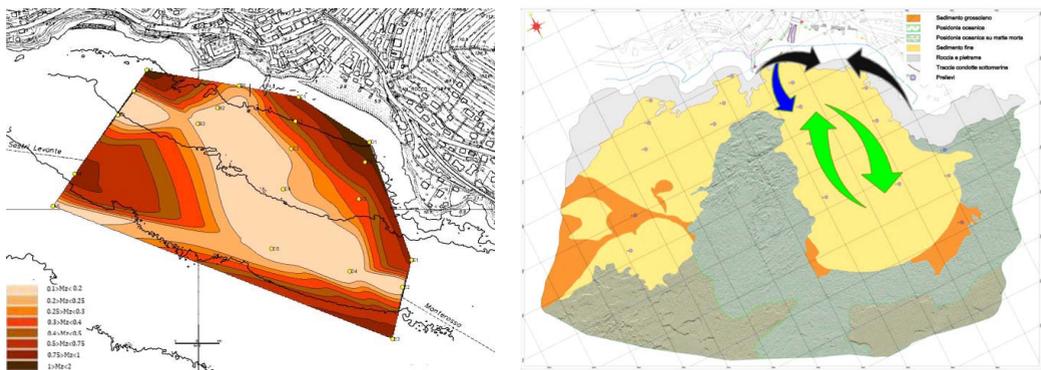


Figura 3 – A sinistra: distribuzione diametro medio (mm); siti di prelievo dei campioni di sedimento (cerchio pieno). A destra: caratterizzazione fondali e dinamica litorale spiaggia di Sori.

L'analisi dei parametri statistici (Patulli, 2010) evidenzia come la distribuzione dei sedimenti più fini e meno classati, che persiste fino a profondità di 18-20 m, si sovrappone molto bene con le zone di accumulo circa parallele alla costa (Fig. 3). I settori adiacenti probabilmente sono quelli di maggior perdita di materiale con direzioni di *rip current* verso SE (Capo Pino) e verso SSW (porzione occidentale). Soprattutto a quest'ultimo flusso verso largo viene attribuita la sottrazione di sabbie medio grossolane all'arenile di ponente che presenta una marcata erosione.

La dinamica litorale prevalente per intensità e frequenza è dominata dal moto ondoso da libeccio; infatti in occasione delle mareggiate da SW si generano due correnti litoranee convergenti da direzioni opposte: la prima proveniente da Capo Pino, molto intensa, asporterebbe i sedimenti fini, movimentando anche materiali grossolani e si incontrerebbe con la corrente proveniente da ovest lungo costa; in conseguenza si formerebbe una *rip-current* di centro baia con un flusso verso il largo che asporterebbe le frazioni fini, giustificando così la zona di accumulo di sedimento fine che ha origine alla testata del pennello e che prosegue verso il largo in direzione SE e la presenza di materiale per lo più medio grossolano nell'area di Capo Pino.

Dal confronto della distribuzione dell'asimmetria con le variazioni batimetriche secolari, viene confermato come soprattutto nei pressi del pennello e della falesia del cimitero sia in atto una forte erosione (approfondimento fondale e asimmetria negativa). Interessante è anche notare come i campioni di sedimento più fine, la cui asimmetria risulta essere positiva, siano all'interno dell'area di accumulo seguendo la dinamica sedimentaria che trasporta e deposita il materiale più fine in un settore a partire dalla testata del pennello e che prosegue verso il largo in direzione SE.

Uno studio su modello risalente a qualche anno fa aveva evidenziato che la tendenza evolutiva del litorale fosse caratterizzata da un progressivo arretramento della linea di riva dell'ordine di 1 m/anno. Il metodo proposto da Jongens et al. (2007) applicato ai dati geomorfologici e strutturali della costa rocciosa di Sori ha fornito invece un potenziale arretramento pari a 30-40 m dall'attuale limite superiore della falesia per i prossimi 100 anni.

Conclusioni

I processi geomorfologici nel paraggio di Sori sono essenzialmente riconducibili alle due principali cause di dissesto che caratterizzano il settore e che sono in genere intimamente connessi: movimenti franosi dovuti all'intrinseca instabilità della costa alta ed erosione di tutto il litorale esercitata dall'azione del moto ondoso.

La tendenza evolutiva dei fondali e la dinamica sedimentaria, rapportata all'applicazione di modelli di propagazione del moto ondoso, seppure possa esserci una sovrastima del valore di energia riflessa che si distribuisce praticamente su tutto il litorale, evidenzia un trasporto effettivo lungo costa modesto a basse profondità, diretto verso SE. In particolare si presenta una situazione abbastanza critica con un incremento della riflettività, pendenza della spiaggia e asporto di sedimento pari a circa 30% del flusso totale, con assenza di deposito sedimentario in prossimità di Capo Pino ed un progressivo arretramento del litorale.

In un contesto così complesso e dinamico è evidente come il PTCAM possa essere uno strumento preventivo di tutela della costa e di corretto governo del territorio.

Bibliografia

- Clark J.R. (1996), *Coastal Zone Management Handbook*, Lewis Publisher, CRC Press LLC, 670 pp.
- CE - Commissione delle Comunità Europee (2009), *Libro Bianco: L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo*, Bruxelles 1.4.2009, COM(2009) 147 def., 21 pp.
- Emery K.O., Kuhn G.G. (1982), "Sea cliffs: their processes, profiles and classification", *Geol. Soc. Am. Bull.*, 93: 644-654.
- GNRAC - Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero (2006), "Lo stato dei litorali italiani", *Studi Costieri*, 10: 9-14.
- IIM - Istituto Idrografico della Marina (2009), *Disciplinare Tecnico per i Rilievi Idrografici*, <http://www.marina.difesa.it/idro/index.asp>.
- Jongens R., Gibb J., Alloway B.V. (2007), "A new hazard zonation methodology applied to residentially developed sea-cliffs with very low erosion rates, East Coast Bays, Auckland, New Zealand", *Natural Hazard*, 40: 223-235.
- Nelson C., Botteril D. (2002), "Evaluating the contribution of beach quality awards to the local tourism industry in Wales – the Green Coast Award", *Ocean and Coastal Management*, 42: 1155-1160.
- Patulli O. (2010), *Il Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero della Regione Liguria: il caso studio di Sori*, Tesi Master II liv. Geomatica Marina, Università di Genova – Istituto Idrografico della Marina, 75 pp.
- Progetto EuroSION (2004), *Rapporto finale*, <http://www.euroSION.org/reports-online/reports.html>.
- Regione Liguria (1999), *Piano Territoriale di Coordinamento della Costa*, www.regione.liguria.it.
- Williams A., Micallef A. (2009), *Beach management: principle and practice*, Earthscan Publisher, 445 pp.