

## Le dune costiere dell'Emilia-Romagna

Umberto Simeoni<sup>1</sup>, Edi Valpreda<sup>2</sup>, Cecilia Schiavi<sup>1</sup>, Corinne Corbau<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Ferrara, via G. Saragat, 1 - 44100 Ferrara. E-mail: g23@unife.it

<sup>2</sup> ENEA – Ente Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, Via Martiri di Monte Sole, 2 - 40128 Bologna. E-mail valpreda@bologna.enea.it

### Riassunto

Nell'ambito di un progetto a scala nazionale è stato condotto uno studio sullo stato delle dune costiere analizzando diversi parametri morfo-evolutivi ed ambientali del sistema spiaggia-duna. In questo lavoro sono presentati alcuni risultati delle ricerche svolte nell'ambito della Regione Emilia-Romagna.

Nell'ottocento quasi tutto il litorale regionale era bordato da una serie di cordoni dunari, che presentavano un andamento prevalentemente rettilineo o debolmente arcuato in ampie falcature, appoggiate alle foci fluviali ed ai moli portuali. Oggi, per lo smantellamento perpetrato dall'uomo e per l'acuta crisi regressiva della costa, su circa 130 km di litorale solo 37 km sono bordati da rilievi dunari di cui circa 12 km afferiscono alla provincia di Ferrara, 23 km a quella di Ravenna ed i rimanenti 2 km sono distribuiti nel tratto costiero più meridionale.

Nell'ambito dello studio sono stati individuati 43 tratti costieri in cui ancora sopravvivono dei cordoni dunari. Il 25 % di questi si trovano in corrispondenza di litorali stabili, il 29 % di spiagge in avanzamento ed il 46 % di litorali in arretramento. Molti cordoni dunari presentano uno stato di conservazione assai preoccupante e numerosi scalzamenti alla base e varchi d'esondazione.

Oggi l'"antico paesaggio" si conserva ormai solo in lembi, nella Riserva Naturale della foce Bevano e nell'area naturale delle Vene ed Ancone di Bellocchio, ove ancora si trovano tratti di alcuni chilometri con dune costiere ben sviluppate e vegetate.

I dati raccolti nell'ambito del progetto, oltre a fornire elementi qualitativi e quantitativi dell'estensione e dello stato di conservazione dei cordoni dunari, potranno contribuire, attraverso opportune analisi spaziali, alla definizione del rischio delle spiagge nazionali.

**Parole chiave:** dune costiere, ambiente costiero, GIS, metainformazione, Adriatico settentrionale, Italia.

### Abstract

*A study on coastal dune status was developed within the framework of a national programme, analysing several morpho-evolutionary and environmental parameters of the beach-dune system. In this paper, some results of the research carried out in the Emilia-Romagna region are presented.*

*In the 19th century, almost all the littoral of Region Emilia-Romagna was bordered by a series of coastal dunes with a pattern that was predominantly rectilinear or weakly arcuate in wide crescent at the fluvial mouths and harbour jetties. Presently, due to repeated human interventions and the actual expressive "crisis" of coastal regression, only 37 km of the 130 km long of littoral are bordered by coastal dunes, from which 12 km belong to the Ferrara province, 23 km to the Ravenna one and the 2 remaining kilometers are distributed.*

*This study allowed to identify 43 coastal stretches with coastal dunes: 25% are located on stable littoral, 29% are on beaches in accretion and 46% on beaches in erosion. Most of the coastal dunes present a worrying conservation status, numerous toe scarps and washover.*

*A landscape, almost integral, of some kilometers of active and well-vegetated dunes are preserved in the Public Natural Reserve of the Bevano River mouth and in the natural area of Vene and Ancone di Bellocchio.*

*The data collected during this project, in addition to providing qualitative and quantitative information con-*

*cerning the extension and the conservation status of the coastal dunes, will be helpful for the risk assessment of the national beaches through due spatial analysis.*

*Keywords: coastal dunes, coastal environment, GIS, metadata, northern Adriatic, Italy.*

## Introduzione

Oltre ad una rilevante importanza ecologico-ambientale, il sistema dunare costituisce un elemento essenziale per l'equilibrio dinamico della spiaggia per la quale rappresenta un'insostituibile riserva di sabbia. Nel "sistema costa" le dune si sviluppano, oltre che in funzione della disponibilità di sabbie con caratteristiche tessiturali adatte, in base all'orientazione della spiaggia rispetto ai venti dominanti ed alla loro velocità. Lungo la costa non si possono sviluppare consistenti campi di avandune se, di fronte ad esse, non vi è una spiaggia sufficientemente ampia da costituire un'adeguata area d'alimentazione.

Le dune costiere rappresentano un ambiente dove anche modeste modificazioni, naturali e/o antropiche, possono alterare e, a volte, distruggere l'intero corpo dunare. Se le dune retrostanti, spesso fissate dalla vegetazione, si possono considerare stabili sul medio-lungo periodo, lo sviluppo delle avandune è funzione dell'estensione della spiaggia antistante. Ad ogni cambiamento di quest'ultima corrisponde una variazione morfologica nei depositi eolici.

Queste prime dune sono dunque vive e mobili e, pur essendo strettamente collegate alle variazioni delle geometrie dell'arenile, possono presentare tendenze evolutive contraddittorie con quest'ultimo (Psuty, 1992): bilancio positivo della spiaggia e negativo delle avandune o viceversa.

Una parziale distruzione del primo cordone si ripercuote a catena anche su quelli retrostanti. Si hanno, infatti, vistosi fenomeni di deperimento della vegetazione interna quando essa è direttamente investita dal vento di mare carico di sabbia, salsedine e di sostanze inquinanti.

Nel nostro Paese questi allineamenti dunari sono stati in larga parte distrutti. Lungo le coste adriatiche nell'ultimo secolo vi è stata una progressiva riduzione della loro presenza (Simeoni e Bondesan, 1997) per una dissennata urbanizzazione degli spazi costieri, per un intenso sviluppo dell'agricoltura e per la pesante crisi erosiva che ha interessato la costa ed ha ridotto l'estensione delle aree di deflazione.

Oggi estesi tratti di litorale sono fortemente condizionati dalla presenza di numerose opere di difesa che, a seconda della tipologia, possono più o meno interferire nell'interscambio di materiale tra la spiaggia e la duna.

Sui litorali adriatici restano ben poche aree ove i cordoni dunari non siano stati pesantemente intaccati. Alla fine degli anni '90 ciò fu posto in evidenza dall'Atlante delle spiagge italiane (AA.VV., 1997) dove emergeva come le dune fossero presenti solo sul 9.8 % (123 km) della costa adriatica, di cui più del 50 % nella sola Puglia. La situazione era assai più grave considerando che il 20.3 % dei cordoni dunari aveva subito delle modificazioni antropiche ed il 57.7 % era interessato da fenomeni erosivi della spiaggia.

La scomparsa di vaste aree di dune costiere ha di fatto privato la costa ed il territorio retrostante di una valida difesa naturale, in particolare modo lungo quelle spiagge interessate da intensi abbassamenti subsidenziali. A tal proposito significative indicazioni possono essere tratte da studi condotti sul litorale emiliano-romagnolo, estrapolando le quote dalla Carta Tecnica Regionale e dei successivi rilievi altimetrici condotti dalla Regione e proiettandole all'anno 2050 (Simeoni et al., 2003). Il territorio costiero, che già oggi si trova in buona parte a quote inferiori del livello medio mare, continuerà progressivamente ad abbassarsi determinando, così, conseguenze particolarmente nefaste. Infatti, è ipotizzabile un incremento, per eventi di tempesta ed acqua alta, d'allagamenti delle aree di retrospiaggia non più protette da cordoni dunari.

Quanto sopra evidenzia l'esigenza di un censimento e di un'approfondita conoscenza dello stato delle dune costiere a scala nazionale. Tale bisogno è stato recepito da un Progetto di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN 2002 - I depositi eolici delle coste italiane ed il flusso di sedimenti spiaggia-duna) a cui hanno partecipato 11 unità di ricerca, distribuite in tutto il territorio italiano. Ciò ha consentito di raccogliere, in un comune geodatabase, tutti quegli elementi ritenuti fondamentali per un'analisi delle criticità e dello sviluppo delle dune costiere. Il presente lavoro espone parte degli studi condotti lungo i litorali dell'Alto Adriatico (Friuli, Veneto ed Emilia-Romagna) dall'unità operativa dell'Università di Ferrara, a cui afferivano ricercatori dell'ENEA di Bologna e dell'Università di Trieste.

### Inquadramento geografico

La costa emiliano-romagnola (Fig. 1a) è caratterizzata da spiagge sabbiose interrotte da sviluppate aree lagunari, aggettanti moli portuali e dalla presenza di numerose opere di difesa che hanno reso estremamente articolato il sistema spiaggia. La frammentazione indotta dall'uomo (Figg. 1b, 1c) ha determinato l'insorgere di dinamiche idro-sedimentarie che, talora, sono molto diverse anche tra tratti litorali contigui.

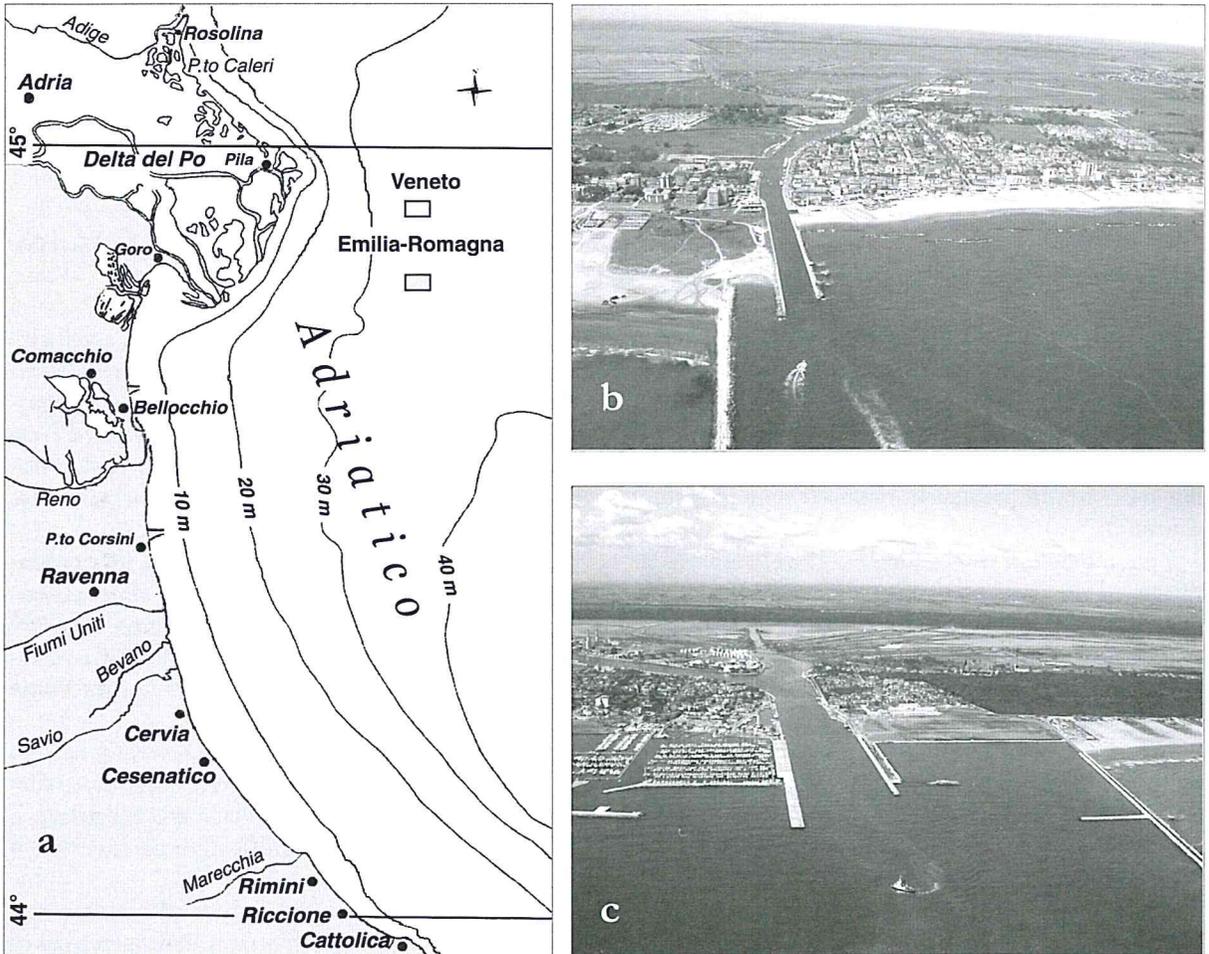


Figura 1 - Ubicazione dell'area di studio (a) ed esempi della frammentazione della costa determinata dalla costruzione dei moli portuali di Porto Garibaldi (b) e di Porto Corsini (c).

La costa emiliano-romagnola si estende per circa 130 km tra l'apparato deltaico del Po (foce del Po di Goro) sino a Cattolica. In generale, secondo la classificazione proposta da Wright et al. (1979), la costa (fondali con debole pendenza ed un'ampia zona di frangimento) può essere considerata di tipo dissipativo.

Su di essa dominano (Idroser, 1981) i venti compresi tra NNE ed E (Bora), tra ESE e SSE (Scirocco) e quelli di NW (Maestrale), anche se durante la stagione estiva raggiungono intensità non trascurabile i venti termici, con massimi in prossimità di Cervia per la presenza delle saline.

Data l'estensione, la diversa orientazione e morfologia della costa vi è una notevole variabilità del regime anemologico. A tal riguardo risulta interessante confrontare le velocità medie del vento registrate dall'Arpa regionale da Dicembre 2002 a Dicembre 2003 (Arpa, 2004) in tre stazioni (Fig. 2) poste in prossimità del mare ed ubicate la prima nel settore settentrionale del litorale (Lido di Volano - FE), la seconda in quello centrale (Punta Marina - RA) e l'ultima in quello meridionale (Rimini).

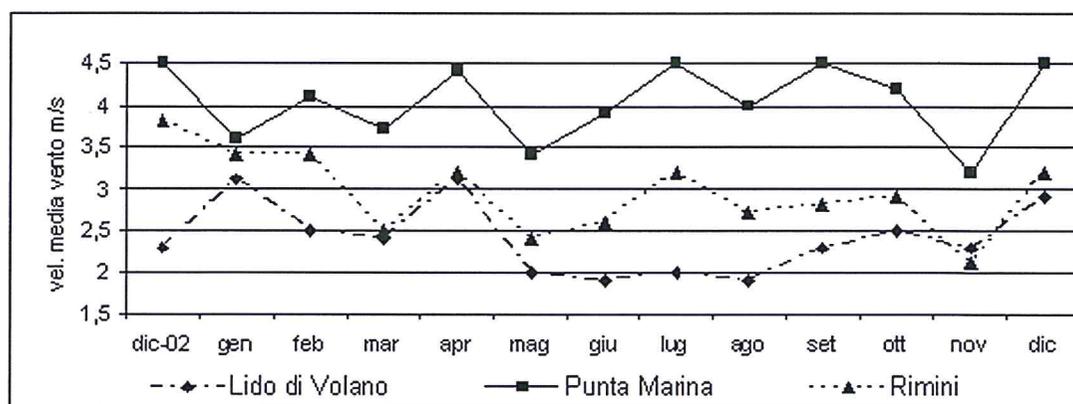


Figura 2 - Velocità media mensile del vento rilevata dal servizio meteorologico regionale dell'Emilia-Romagna dal Dicembre 2002 al Dicembre 2003 a Lido di Volano, Punta Marina e Rimini.

Anche se il periodo considerato risulta limitato per essere significativo, è evidente che nel 2003 le velocità dei venti sono state molto più intense nell'area ravennate (media annuale 4.0 m/s) seguite da quella riminese (2.9 m/s) e ferrarese (2.4 m/s). Per quanto concerne le velocità medie stagionali risulta che le maggiori velocità sono state misurate in inverno a Lido di Volano e Rimini (2.6 e 3.5 m/s), ed in inverno ed estate a Punta Marina (4.1 m/s). Dall'analisi dei dati risulta inoltre che la media stagionale più bassa delle velocità si è avuta in primavera nel ravennate (3.8 m/s), estate nel ferrarese (1.9 m/s) ed autunno nel riminese (2.6 m/s).

Il clima medio del mare (Idroser, 1981), che investe la costa emiliano-romagnola, è definito da una predominanza delle onde provenienti WNW ed in minor misura da ESE, tuttavia i valori massimi d'altezza d'onda sono riferibili al settore ENE ed E. Le tempeste più frequenti provengono dai settori compresi tra i 60° ed i 120° N, mentre le più violente interessano i settori di Bora. Nel tratto più settentrionale della costa, presso la Sacca di Goro, il mare proveniente dal primo quadrante è fortemente ridotto per la protezione offerta dalla prominente del delta del Po e la maggioranza degli eventi provengono da ESE.

La necessità di contrastare i fenomeni erosivi della costa, innescatesi nella prima metà del XX secolo, ha reso necessaria la costruzione di numerose opere di difesa, che hanno irrigidito il sistema litorale e snaturato fortemente la sua dinamica evolutiva. Gli interventi, sebbene abbiano in parte controllato e/o rallentato il fenomeno erosivo, non hanno né risolto il problema né contribuito in modo significativo ad invertire il trend negativo che ancor oggi domina tutta la costa regionale.

Con la diminuzione della superficie di spiaggia si riduce anche l'area di deflazione e ciò va ad incidere nell'alimentazione delle dune. Questa sottrazione di sedimento è ulteriormente accentuata dalla presenza di opere difensive aderenti (circa 8 km di sviluppo), dalle strutture balneari che intercettano le sabbie trasportate dal vento, dal continuo rimodellamento antropico della spiaggia per favorire la balneazione e per proteggere, con argini sabbiosi, le infrastrutture dalle più intense mareggiate invernali (Fig. 3).

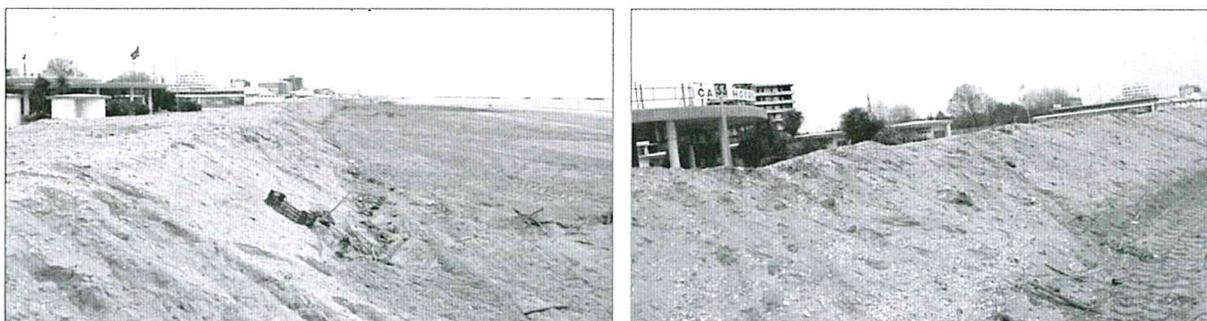


Figura 3 - Argini, alti circa 1.5 m e larghi 12 m, costruiti nell'inverno 2004, a difesa degli stabilimenti balneari del litorale del Lido delle Nazioni (FE), prelevando sabbia dalla spiaggia antistante.

### Evoluzione storica delle dune costiere

Nell'ottocento quasi tutto il litorale emiliano-romagnolo era bordato da una serie di cordoni dunari, con andamento prevalentemente rettilineo o debolmente arcuato in ampie falcature appoggiate sia alle foci fluviali del Reno, Fiumi Uniti e Savio sia ai moli portuali di Porto Corsini e Rimini (Cencini, 1980). Questi cordoni, lunghi anche qualche chilometro, si estendevano in ampiezza dai 100 m nel riminese ad oltre 700-800 m nel ravennate. Lo sviluppo del sistema dunare è ben documentato dalle carte storiche del XIX secolo. Le immagini della Figura 4 mostrano come i cordoni dunari, che bordavano la foce fluviale del Primaro allora ancora ben pronunciata, erano ben sviluppati, estesi ed allineati lungo fasce sub parallele.

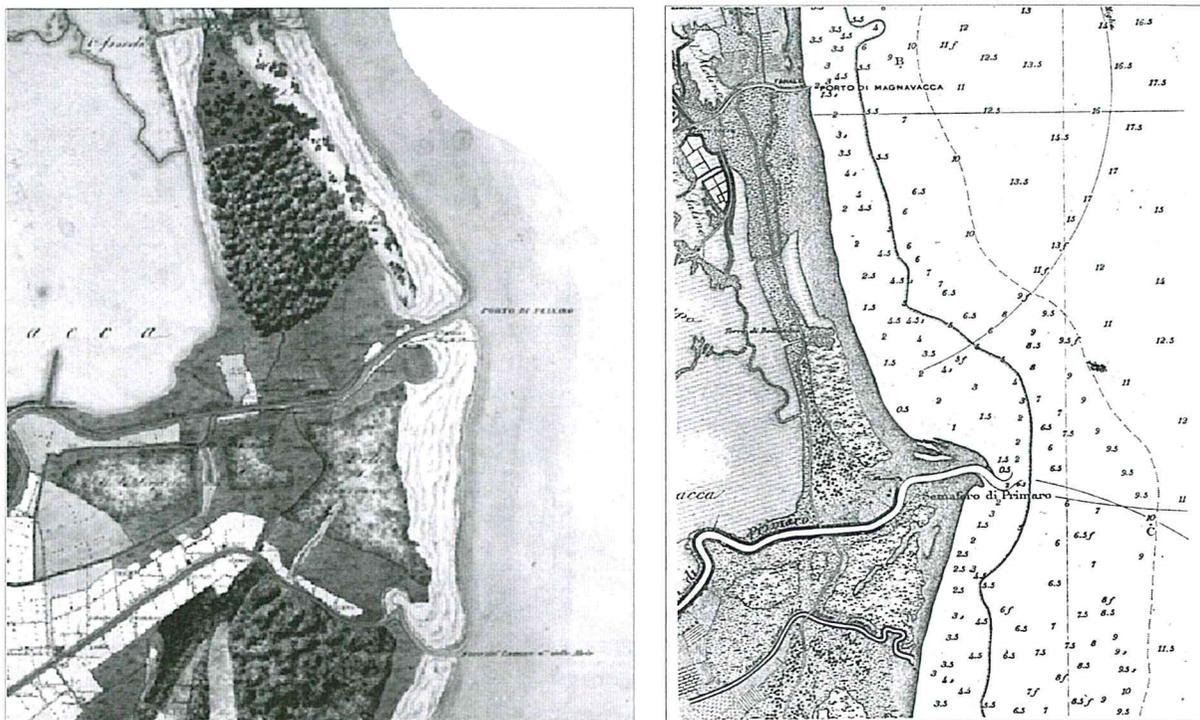


Figura 4 - Stralci della carta napoleonica del 1814 (a sinistra) e della "Carta costiera dal Faro di Goro a Fiumi Uniti", edita dall'Ufficio Idrografico della Marina nel 1869, che evidenziano il notevole sviluppo dei cordoni dunari lungo le coste ferraresi.

Altre indicazioni sullo sviluppo delle aree dunari provengono da ricerche storiche (Borghini, 1938) che riportano come, alla fine del XIX secolo, sul litorale di Misano vi fossero dune alte 3-5 m, ampie 10-15 m e lunghe 20-30 m.

Proprio sul finire di questo secolo e l'inizio del successivo furono effettuati i primi interventi che apportarono grandi modificazioni alla loro evoluzione naturale. In Emilia-Romagna, come in molti altri tratti del litorale italiano, per salvaguardare il valore agricolo del territorio costiero furono forestate estese aree dunari. Nel 1935 la piantumazione era giunta quasi al termine e rimanevano scoperti solo piccoli tratti della costa in corrispondenza d'aree edificate (Porto Corsini, Casal Borsetti, ecc.) e del litorale compreso tra Lido Adriano e la foce del Bevano. Questi interventi se da un lato stabilizzarono le paleodune, alterandone le sezioni naturali e degradando le comunità vegetali retrodunari, hanno concorso alla loro conservazione anche perchè i rilievi dunari non forestati furono, in pochi decenni, spianati per apprestare nuove colture od edificati.

Nel litorale emiliano-romagnolo la maggior contrazione dei cordoni dunari costieri fu però determinata dalla crescita dell'edificato turistico-balneare, sviluppatosi con tempi e modi differenti lungo i litorali provinciali. Negli anni '30, ad esempio, lo sviluppo urbano distrusse i cordoni dunari forlivesi e, negli anni cinquanta, determinò la scomparsa delle sporadiche dune costiere rimaste tra Cattolica e Cesenatico (Fig. 5). Nei litorali di Ravenna e Ferrara, invece, lo sviluppo più discontinuo di nuovi lidi e marine, iniziato negli anni '50, consentì una maggiore conservazione di questi depositi eolici (Fig. 6).



Figura 5 - Scorcio dell'attuale sviluppo urbano del litorale di Cesenatico.

Ciò pone in evidenza come l'uso intensivo degli arenili a scopo turistico-balneare sia stato la causa principale della scomparsa di queste morfologie eoliche, anche se i prelievi di sabbia a scopo edilizio e l'espansione delle colture hanno determinato alcune riduzioni localizzate.

Tra il 1955 ed il 1980 sul litorale emiliano-romagnolo, con l'esclusione del tratto afferente alla Sacca di Goro, vi è stato quasi un dimezzamento delle superfici dunari (Idroser, 1981) che sono passate da 940 ettari, considerando anche quelle stabilizzate della pineta, a 420 ha. In particolare, negli anni '50 le aree dunari si estendevano per circa 35 ettari sulla costa forlivese, 560 ha su quella ravennate e 345 ha sul litorale ferrarese. Dopo poco più di due decenni nel forlivese queste aree dunari furono quasi completamente distrutte, mentre nel ravennate si ridussero a 260 ha ed a 160 ha nel ferrarese.

Ancora più evidente risulta questa distruzione ricordando come dei 60 km di spiaggia bordati da apparati dunari presenti nel 1955 ne rimanevano solo 21 km nel 1980. Nello stesso studio (Idroser, 1981) s'ipotizza che questa riduzione abbia comportato una perdita approssimata di circa 9.5 milioni di m<sup>3</sup> di sabbia, corrispondenti all'incirca al volume di un argine largo 40 m ed alto 2 m e lungo 110 km.

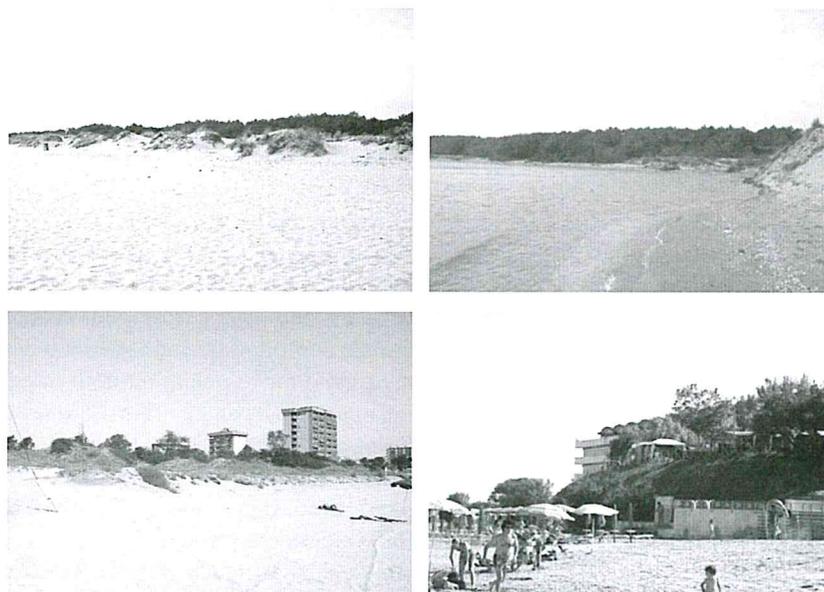


Figura 6 - In alto immagini delle dune di Lido di Dante ben conservate (a sinistra) ed incise dall'erosione marina (a destra); in basso la loro difficile convivenza con l'urbanizzazione di Lido degli Scacchi.

Assai esemplificativa è l'evoluzione del sistema delle dune litorali del Comune di Ravenna (Fabbri, 2001) che nel 1982 si estendeva per circa 38.2 km e, nel 2001, si era ridotto a soli 11.2 km, di cui 9.2 km in buono stato di conservazione e 2 km in situazione precaria. Dallo studio è inoltre emerso che 12.3 km scomparvero a seguito della regressione della costa (ad esempio per l'erosione degli apparati di foce del Reno, Lamone e Fiumi Uniti), 9.5 km a causa dell'edificazione (Casal Borsetti, Lido Adriano, Lidi di Dante, Classe e di Savio) e circa 7 km erano fittamente intaccati e frammentati dagli stabilimenti balneari.

Oggi le dune rimaste sono ben poca cosa rispetto agli apparati dunari del secolo scorso, distrutti da attacchi che, con tempi ed intensità differenti, sono giunti da mare (erosione della costa), da terra (estensione delle aree agricole, spianamento delle dune) ma soprattutto dall'uomo (sviluppo urbanistico, uso della spiaggia a scopo balneare).

### Analisi dello stato di conservazione delle dune costiere attraverso l'uso della banca dati

La scala nazionale del progetto PRIN 2002, nell'ambito del quale è stata svolta questa ricerca, ha reso necessaria la creazione di una banca dati geografica rispondente alle direttive emerse a livello europeo e contenente dati geografici omogenei, aggiornati e con dettaglio adeguato alla programmazione integrata dell'area costiera. A tal fine è stata progettata una base di dati geografico-vettoriali in grado di raccogliere le parametrizzazioni necessarie alla descrizione dello stato morfo-ambientale delle dune costiere (Simeoni et al., 2005; Valpreda, 2005). In accordo con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio è stato possibile utilizzare, come riferimento unico per l'intero progetto, i contenuti cartografici del Portale Cartografico Nazionale attraverso connessione remota.

La banca dati si compone di tre ambiti interconnessi: la componente geometrica, la componente alfanumerica informativa e la metainformazione. Le tipologie delle informazioni raccolte consentono di descrivere le caratteristiche principali delle dune, della spiaggia antistante e d'alcuni parametri fisici che concorrono alla loro evoluzione (il vento, la tendenza evolutiva della linea di riva, ecc.). La struttura dei dati e delle informazioni codificate sono state suddivise in ambiti principali, riassunti schematicamente nella Tabella 1.

La banca dati presenta un'enorme potenzialità per rappresentazioni semplici dei temi inseriti, consente operazioni d'interrogazione complesse e rende possibile lo sviluppo d'analisi integrate tra i diversi contenuti informativi. Utilizzando queste possibilità di seguito sarà sviluppata un'analisi dell'attuale sviluppo e stato ambientale del sistema dunare del litorale emiliano romagnolo.

I risultati dei reiterati attacchi portati dall'uomo all'integrità dell'apparato dunare sono particolarmente evidenti nel litorale emiliano-romagnolo dove, su circa 130 km di costa, solo 37 km sono oggi bordati da rilievi dunari; di questi circa 12 km afferiscono alla provincia di Ferrara, 23 km a quella di Ravenna e i rimanenti 2 km sono distribuiti nel tratto costiero più meridionale.

Limitati cordoni dunari, generalmente mal conservati e frammentati da edifici e strutture turistico-balneari, sono rimasti al Lido degli Scacchi, a nord del Lamone, tra Marina di Ravenna e Punta Marina, tra i lidi di Dante e di Classe (Fig. 7a), a nord della foce del Reno. Singole dune sono invece presenti al Lido di Volano (Fig. 7b), a sud del Lido di Spina, tra Lido Adriano (Fig. 7c) e la foce Fiumi Uniti.



Figura 7 - Frammentazione e smantellamento dei cordoni dunari operati per l'inserimento di strutture turistico-balneari lungo le spiagge del Lido di Classe (a) e del Lido di Volano (b); isolato lembo del cordone dunare che bordava il litorale del Lido Adriano (c).

Complessivamente le aree dunari analizzate si estendono su una superficie di 19 km<sup>2</sup>, ma solo il 3 % di questa è occupata da dune attive, quelle più prossime a riva ed alimentate dai sedimenti della spiaggia antistante; sul rimanente territorio si sviluppano dune inattive, ubicate in posizioni retrostanti alle precedenti, spesso piantumate o fissate dalla vegetazione spontanea.

Tratti di dune attive presentano uno stato di conservazione assai preoccupante per la presenza d'evidenti scalzamenti alla base e varchi d'esondazione. Ciò è particolarmente evidente lungo alcuni tratti della costa ferrarese, come in prossimità dei lidi di Volano e di Spina e del Canale Bellocchio (Fig. 8), dove vi è una limitata estensione degli arenili (inferiori a 20 m) e le dimensioni delle dune sono particolarmente ridotte (2.9 m di quota media).

Nell'ambito dello studio sono stati individuati 43 tratti costieri in cui ancora sopravvivono cordoni dunari; di questi il 25 % si trovano in corrispondenza di litorali stabili, il 29 % in avanzamento ed il 46 % in arretramento. Considerando le sole dune attive, risulta che il 25 % sono prospicienti ad arenili con un'ampiezza minore di 20 m e, dunque, costantemente sottoposte all'azione demolitrice delle onde; il 35 % di queste dune è, invece, protetto da una spiaggia ampia 20-60 m e solo durante gli eventi di tempesta sono raggiunte dalle onde. Il rimanente 40 % è ubicato in litorali con spiagge ampie più di 60 m, solo sporadicamente e durante le mareggiate più intense sono intaccate dal moto ondoso. La situazione risulta maggiormente critica se si considera la tendenza evolutiva della spiaggia perché, dei 43 tratti, il 46 % è interessato da evidenti fenomeni erosivi.



Figura 8 - Varchi d'esondazione sulle dune costiere dell'Ancona di Bellocchio (FE).

Lo stato di conservazione delle dune è fortemente correlato anche con lo sviluppo delle aree urbane. L'interrogazione della banca dati consente di evidenziare come le aree dunari presentino per il 91% uno sviluppo naturale, mentre il 4 % è in parte condizionato dalla pressione antropica. Le aree del rimanente 5 % sono ormai inserite in un tessuto d'urbanizzato sparso (3 %) o in vere e proprie aree urbane (2 %). È inoltre interessante evidenziare come l'alimentazione di circa l'11 % dei cordoni dunari rilevati sia limitata dalla presenza d'opere di difesa aderenti.

E' altresì evidente che la frammentazione dei cordoni dunari rimasti è anche dovuta alla presenza di numerosi varchi antropici operati per facilitare l'accesso al mare ai bagnanti. Tali incisioni (Fig. 9) rappresentano, specialmente quando sono di grandi dimensioni, un punto di fragilità del sistema e d'attacco alla stabilità delle eventuali retrodune. Lungo tali solchi, infatti, sono trasferite grandi quantità di sabbia nell'entroterra, si accentua l'erosione eolica e sono destabilizzati i profili morfologici delle dune dal calpestio e dalla frequentazione dei bagnanti. A ciò va aggiunto che in territori costieri altimetricamente depressi, come quelli emiliano-romagnoli, questi varchi rappresentano vie preferenziali per l'ingressione del mare durante le mareggiate o gli eventi d'acqua alta.

Il rilevamento della copertura vegetale delle dune, anche se condotto con metodi speditivi, ha consentito una mappatura della vegetazione che è stata suddivisa in sei categorie (Tab.1). L'intensa frequentazione a cui sono sottoposte le spiagge con spiccata valenza turistica non favorisce la colonizzazione della vegetazione o, dove presente, la sua conservazione. Con l'assenza della copertura vegetale vengono meno le azioni d'intrappolamento e di stabilizzazione che essa esercita nei confronti dei depositi di sabbie eoliche. Ciò determina una minore alimentazione di queste morfologie dei sedimenti provenienti dalla spiaggia e favorisce l'azione erosiva del vento. In ambito regionale il 3 % delle dune attive è privo di una significativa copertura vegetale, il 58 % ha una copertura erbacea, il 12 % è coperto da arbusti, il 2 % ha vegetazione arbustiva rada ed infine il 25 % è ricoperto da alberi.

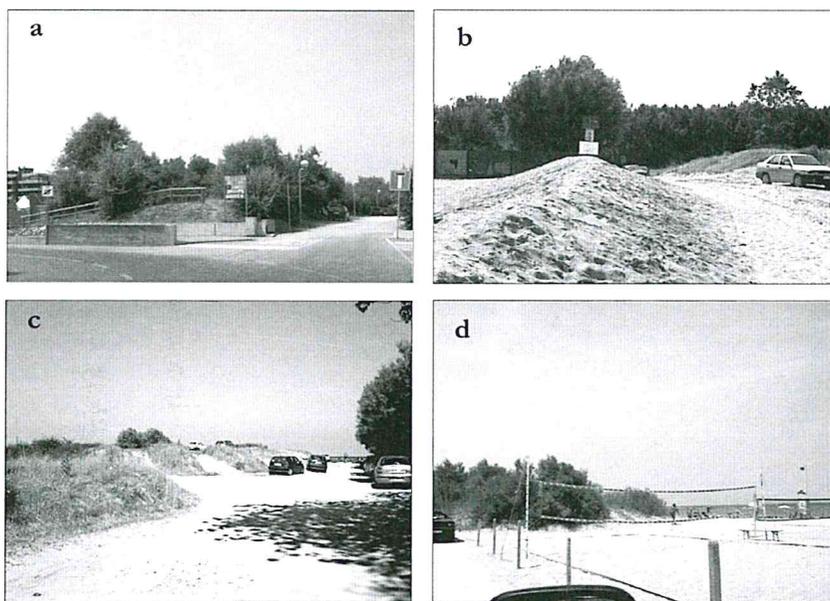


Figura 9 - Esempi di varchi antropici operati lungo i litorali emiliano-romagnoli per facilitare l'accesso al mare ai veicoli a Lido Adriano (a) ed al Lido degli Scacchi (b,c) o per ricavare aree dedicate ad attività ludiche al Lido Adriano (d).

Quest'ultima categoria, se confrontata con l'ampiezza della spiaggia, può essere un elemento indicativo dell'evoluzione della costa. Infatti, la presenza di vegetazione retrodunare in una posizione così avanzata denota una pesante crisi erosiva della costa che ha raggiunto e riattivato retrodune stabilizzate, come nel caso del tratto di litorale di Bellocchio e dello Scanno di Goro.

Le potenzialità della banca dati possono essere maggiormente apprezzate analizzando in dettaglio i 6.6 km del litorale della riserva naturale di Bellocchio (Fig. 10a), che si sviluppa a settentrione della foce del Reno. Qui le dune, ridottesi notevolmente nell'ultimo decennio, si estendono per circa 4.6 km di costa, presentano una quota compresa tra 1-7 m ed una larghezza dei cordoni che varia tra 100 e 650 m circa.

Tabella 1 - Sintesi della parametrizzazione utilizzata per la Banca dati dune del progetto PRIN 2002.

<b>DUNA</b>	GRADO D'ATTIVITÀ (2 classi): attive, inattive COPERTURA VEGETALE (6 classi): assente, erbaceo, arbustivo, arboreo, arboreo rado, arbustivo rado ALTEZZA DIREZIONE CRESTA VARCHI (3 classi): sentieri, strade con sbocco al mare, sentieri e strade lungo cresta ANTROPIZZAZIONE (3 classi): urbanizzato, case sparse, antropizzato
<b>SPIAGGIA</b>	AMPIEZZA (3 classi): 0-20/20-60/>60 m TENDENZA EVOLUTIVA (3 classi): avanzamento, arretramento, stabile OPERE DI DIFESA (3 classi): ripascimenti, opere radenti, ripascimenti ed opere radenti USO (2 classi): balneazione temporanea, balneazione permanente
<b>VENTO</b>	UBICAZIONE E CARATTERISTICHE STAZIONI ANEMOLOGICHE

E' possibile, ancor oggi, ammirare un paesaggio pressoché integro d'alcuni chilometri di dune vive e ben vegetate, poste a ridosso di un'estesa pineta, nel litorale compreso tra Ravenna e Cervia. La loro conservazione è, in parte, garantita dall'appartenenza alla Riserva Naturale Statale della foce Bevano.

Nella Figura 10b è riportata, come esempio, una mappa con numerosi tematismi dell'area di foce Bevano dove si evidenzia come le dune attive, di dimensioni contenute (larghezze tra 10 e 90 m e quote della cresta comprese tra 1.2 e 4.8 m), si estendono su circa 21 ettari, di cui 1 ha è occupato da dune attive distribuito su un tratto costiero di circa 6.2 km. Circa il 26 % di esse presenta un'elevata possibilità di essere, in breve tempo, smantellate dal mare perché protette da spiagge con ampiezze molto ridotte (<20 m).

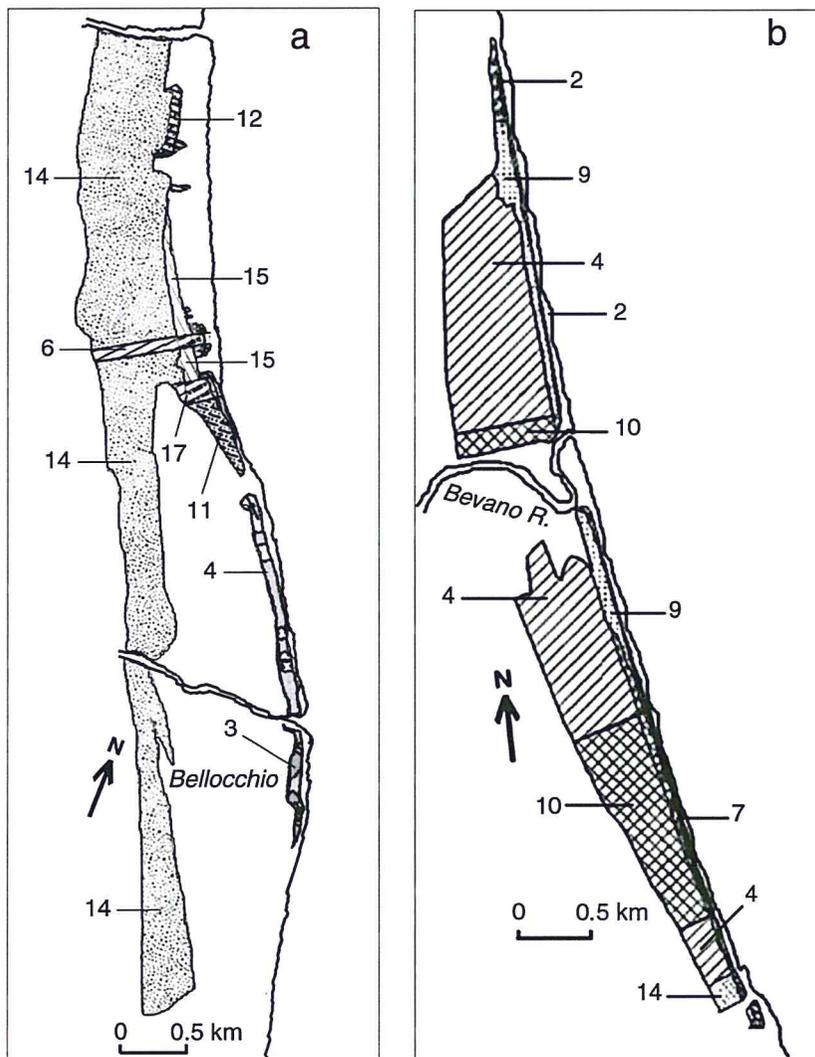


Figura 10 - Rappresentazioni d'analisi spaziali complesse delle aree dunari di Bellocchio (a) e di foce Bevano (b). I simboli utilizzati si riferiscono alle seguenti codifiche: dune attiva (A) ed inattiva (I); copertura vegetale con alberi (al), arbusti (ar), erbaceo (er) oppure assente (as); ampiezza spiaggia < 20 m (S1), tra 20-60 m (S2), >60m (S3). I numeri nelle figure rappresentano le seguenti situazioni:

- 2= A(er)/S2;
- 3= A(ar)/S1;
- 4= A(er)/S1;
- 6= I(al)/S3;
- 9= I(er)/S2;
- 10= I(al)/S1;
- 12= I(as)/S1;
- 13= I(er)/S1;
- 14= I(al)/S3;
- 15= I(ar)/S3;
- 16= I(as)/S3;
- 17= I(er)/S3.

### Considerazioni conclusive

Nel nostro Paese l'assenza di una percezione del valore ecologico, paesaggistico e difensivo delle dune costiere ha favorito la loro distruzione soprattutto, come nel caso dell'Emilia-Romagna, per fini turistico-balneari. In questa Regione poco più del 28 %, dei sui 130 km di costa, è oggi bordato da cordoni dunari non particolarmente rilevati (altezza media di 2.5 m) che si sviluppano, considerando anche quelli stabilizzati dalla pineta, su una superficie di circa 19 km<sup>2</sup>. Di quest'area solo 0.6 km<sup>2</sup> (3 %) è occupata da dune attive la cui evoluzione è stata ed è in buona parte (circa 59 %) compromessa dalle attività antropiche sviluppatesi lungo la costa. Se a ciò si aggiunge che il 60 % delle dune attive si sviluppano su litorali interessati da fenomeni erosivi, risulta evidente come la conservazione di queste morfologie sia fortemente a rischio.

La situazione altimetrica del territorio costiero emiliano-romagnolo, interessato da intensi abbassamenti subsidenza, pone ancor più in rilievo la necessità di proteggere e conservare i cordoni dunari rimasti. Essi, infatti, rappresentano uno degli elementi naturali più importanti per la difesa dei territori retrostanti la spiaggia dalla sommersione per eventi di tempesta ed acqua alta.

Già nel "Piano di Azione" del 2001 la Regione Emilia-Romagna individuava tra i problemi ambientali quello relativo alla stabilità della costa quale ambito caratterizzato da elevata fragilità e forti problematiche per la presenza d'intensi fenomeni erosivi e per il rischio di ingressione marina. Fissava, inoltre, criteri e linee d'indirizzo per un approccio integrato alla gestione delle zone costiere, individuando diverse linee d'intervento tra cui quello mantenere e ripristinare la continuità delle dune costiere. Con la predisposizione nel 2003 del progetto di "Piano di Gestione Integrata delle Zone Costiere" e l'approvazione nel 2005 delle "Linee guida per la Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC)" tale concetto è stato ribadito e rinforzato. Ciò, unitamente alla maggiore e più diffusa conoscenza della popolazione sull'importanza della duna nel naturale equilibrio della costa, fa ben sperare per la conservazione dei pochi cordoni rimasti, sempre che non prevalga l'azione demolitrice del mare.

La gestione futura della costa, anche in termini d'erosione, dovrà tenere nella giusta considerazione che la conservazione delle aree dunari non è conflittuale con l'uso e lo sfruttamento economico del territorio costiero. La loro presenza non rappresenta, infatti, una sottrazione d'aree potenzialmente utilizzabili per l'industria turistico-balneare, ma un valore aggiunto per queste attività. Come tale deve essere salvaguardato e, dove possibile, ripristinato utilizzando metodologie e tecniche che favoriscano l'attivazione del naturale rapporto spiaggia-duna.

E' indubbio che la creazione di una banca dati nazionale delle dune (progetto PRIN 2002), oltre a fornire elementi qualitativi e quantitativi della loro estensione e stato di conservazione, potrà dare avvio ad iniziative di studio e monitoraggio rivolte ad una maggiore comprensione della loro evoluzione futura. Inoltre, i dati raccolti e le molte complesse analisi spaziali con essa eseguibili presentano una gran potenzialità per una migliore definizione del rischio costiero per le spiagge nazionali.

### Ringraziamenti

Si ringraziano il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ed il Prof. G. Fierro, coordinatore nazionale del progetto PRIN 2002, per il supporto fornito. Un particolare ringraziamento è rivolto alla Dott.ssa A. Minardi per il contributo dato all'informatizzazione ed elaborazione dei dati, ed ai Dott. A. Zamariolo e N. Bonora per la partecipazione ai rilievi di campagna.

A tutti i ricercatori delle Unità Operative del progetto PRIN 2002 un sentito grazie per le proficue discussioni. Parte dello studio è stato condotto nell'ambito del progetto Beachmed-e (misura 3-4 POSIDONE).

### Bibliografia

- AA.VV. (1997) - *Atlante delle spiagge italiane*. MURST e CNR, Selca, Firenze.
- Arpa (2004) - *Riepilogo meteorologico 2003*. ArpaRivista, Supplemento al n° 5, Anno VII, Settembre-Ottobre 2004, Bologna. 32 pp.
- Borghi G. (1938) - *Le spiagge romagnole da Cervia a Punta Gabicce*. In: *Le spiagge Padane*, a cura di Vicentini M., C.N.R., Roma. 73 pp.
- Cencini C. (1980) - *L'evoluzione delle dune del litorale romagnolo nell'ultimo secolo*. Rassegna Economica, Camera di Commercio, Forlì: pp. 6-7.
- Fabbri P. (2001) - *Studio sul sistema costiero del Comune di Ravenna*. Comune di Ravenna, Rapporto interno. 146 pp.
- Idroser (1981) - *Piano progettuale per la difesa della costa emiliano-romagnola. Relazione Generale*. Regione Emilia-Romagna, Bologna. 388 pp.
- Psuty N.P. (1992) - *Spatial variation in coastal foredune development*. In: Carter R.W.G., Curtis T.G.F e Sheely-Skeffington M.J. (eds), *Coastal dunes: Geomorphology, Ecology and Management*. A. Balkema, Rotterdam, pp. 3-13.
- Simeoni U. e Bondesan M. (1997) - *The role and responsibility of man in the evolution of the Adriatic alluvial coasts of Italy*. In: Briand F. e Maldonado A. (eds), *Transformations and evolution of the Mediterranean coastline*. Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée (CIESM), Science Series, 18: 111-132.

- Simeoni U., Del Grande C. e Gabbianelli G. (2003) – *Variazioni ed ipotesi evolutive dell'assetto altimetrico del litorale emiliano-romagnolo*. Studi Costieri, 7: 81-93.
- Simeoni U., Valpreda E., Schiavi C. e Corbau C. (2005) - *A national database on coastal dunes: Emilia-Romagna and southern Veneto littorals (Italy)*. Proceedings 6th Int. Symp. on GIS and Computer Cartography for Coastal Zone Management, July 2005, Aberdeen, Scotland (UK). In press.
- Valpreda E. (2005) – *Una banca dati geografica per la classificazione delle dune costiere a scala nazionale*. Atti del workshop “I depositi eolici delle coste italiane ed il flusso di sedimenti spiaggia-duna”. Aprile 2005, Piscinas (CA). Pp 7-11.
- Wright L.D., Chappell J., Thom B.G., Bradshaw M.P. e Cowell P. (1979) - *Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia*. Mar. Geol., 32: 105-140.

Manoscritto ricevuto il 16/09/2006; accettato il 25/06/2006.