

Azioni di tutela delle dune costiere del Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli (Toscana settentrionale)

Luigi E. Cipriani¹, Antonio Perfetti², Enzo Pranzini³ e Giovanni Vitale³

¹ Regione Toscana D.G. Politiche Territoriali, Ambientali e della Mobilità - Via di Novoli, 26 - 50127 Firenze.

² Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli - Cascine Vecchie di San Rossore - 56122 Pisa.

³ Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze - Borgo Albizi 28 - 50123 Firenze.

Riassunto

L'ambiente delle dune costiere ha, nel Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, una estensione ed una valenza ecologica e paesaggistica di primaria importanza. Nel presente lavoro, vengono illustrate le caratteristiche morfologiche e vegetazionali del sistema dunare, le pressioni che su esso si esercitano e che ne minacciano l'integrità, nonché le azioni intraprese per la sua salvaguardia. I risultati ottenuti dai vari interventi dimostrano l'efficacia di una gestione della fascia costiera basata sulla conoscenza dei processi in atto, su di un approccio olistico anche ai problemi puntuali e sulla comunicazione e il coinvolgimento dei portatori d'interesse locali.

Parole chiave: dune costiere, erosione dei litorali, difesa dei litorali, Direttiva Habitat, pulizia delle spiagge, ricostituzione delle dune, zone umide, comunicazione.

Abstract

Migliarino San Rossore Massaciuccoli Regional Park is characterised by the presence of a coastal dune system which, due to its large area and unique landscape and ecological value, represents a site of prime importance in Tuscany. In this paper, morphological and vegetation characteristics of coastal dunes are described, together with natural and human-induced pressures that threaten their preservation. Examples of coastal dune restoration are also analysed. Field results demonstrate the effectiveness of coastal zone management based on a) detailed knowledge of the coastal processes involved; b) holistic approach even to punctual problems; and c) communication and involvement of local stakeholders.

Keywords: *coastal dunes, coastal erosion, coastal restoration, Habitats Directive, beach cleaning, coastal dune restoration, wetlands, communication.*

Introduzione

I 63 km di costa della Toscana settentrionale, compresi tra la foce del Fiume Magra (Liguria) e Livorno, sono caratterizzati da ambienti sabbiosi per la maggior parte antropizzati. Il settore meridionale di questo tratto, tuttavia, mantiene la porzione più ampia di aree naturali di tutta la costa toscana, con due siti Natura 2000 ed il Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, esteso su circa 23.000 ha. Ciò non toglie tuttavia, che anche in queste aree vi siano fattori che potrebbero pregiudicarne l'integrità ambientale, dovuti principalmente alla pressione antropica conseguente al turismo balneare e alla vicinanza di centri urbani di media grandezza (in

particolare Marina di Pisa e Viareggio), alla forte erosione costiera nella parte centrale del Parco, all'invasione delle specie esotiche, alla subsidenza e all'ingressione del cuneo salino. Nel presente studio vengono analizzati alcuni di questi fattori e illustrate le strategie messe in atto per limitarne l'effetto.

Inquadramento geografico e morfologia

Il Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli si sviluppa lungo la pianura costiera compresa fra Livorno e Viareggio (Fig. 1), costruita dagli apporti sedimentari del F. Arno e, in misura decisamente inferiore, da quelli del F. Serchio. I sedimenti portati dall'Arno alimentano un flusso sedimentario diretto verso sud, dalla foce fino a Livorno, e verso nord dalla foce fino a Marina di Pietrasanta (LU), 8 km a nord di Viareggio, dove vi è una convergenza con un flusso sedimentario opposto proveniente dalla foce del F. Magra (Pranzini, 2004). Buona parte dell'area di studio è costituita dal delta dell'Arno, formatosi negli ultimi 2500 anni grazie agli intensi apporti sedimentari di questo fiume, dovuti alla

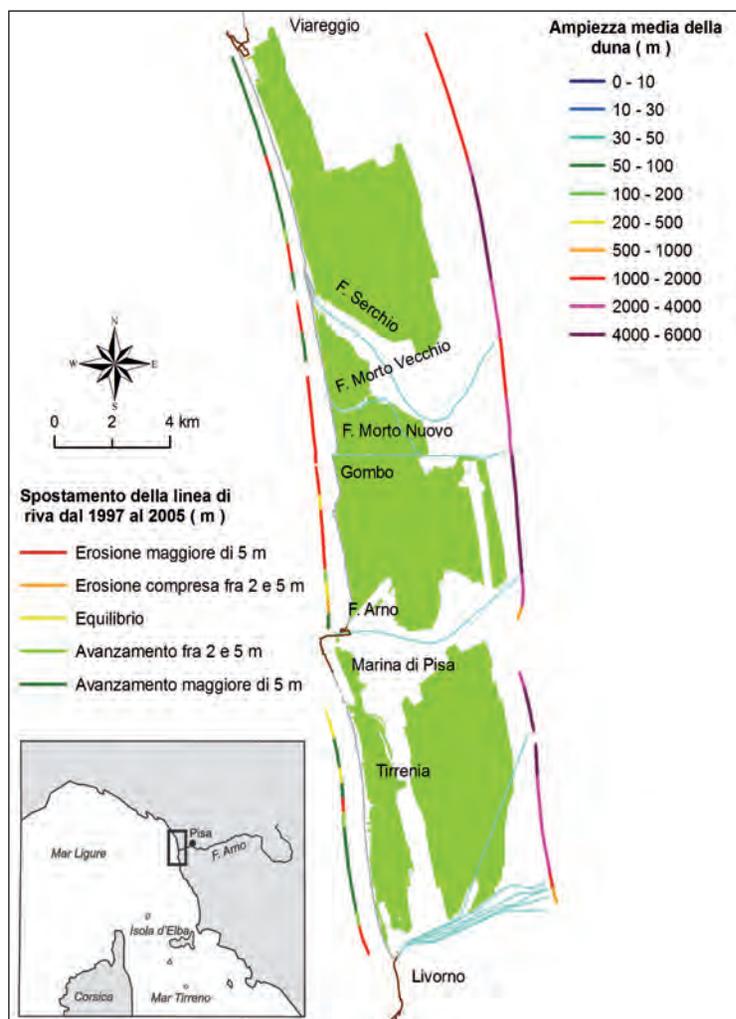


Figura 1 - Larghezza del sistema dunare ed evoluzione recente della spiaggia del Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli.

acqua salata di invadere le cosiddette "lame" (aree umide interdunari) durante le mareggiate.

Alle spalle del sistema dunare è presente una vasta zona depressa, caratterizzata da quote comprese tra -3 m e +1 m s.l.m.m. (Devoti et al., 2003), che ospita, fra l'altro, il Padule e Lago di Massaciuccoli, che fa parte del Parco e costituisce un'area palustre frequentata dall'uomo fin dal Neolitico (Caselli, 1981). Il Lago di Massaciuccoli,

La crescita, e le rare fasi di erosione, di questo apparato deltizio sono state studiate da Kukavicic e Pranzini (2003) sulla base di immagini Landsat e Ikonos e da Pranzini (2007) con dati Lidar, mettendo in evidenza come lo sviluppo e il calo demografico nel bacino dell'Arno abbiano influenzato le fasi di progradazione e di erosione del delta. Durante le fasi di rapido accrescimento si svilupparono numerosi cordoni dunari di quota piuttosto bassa, mentre nelle fasi di lenta progradazione i cordoni, in numero inferiore, poterono svilupparsi in altezza (Fig. 2).

L'ampiezza del sistema dunare raggiunge anche i 5800 m (Fig. 1) e le singole dune, con quota media di circa $2 \div 3$ m, arrivano anche a superare gli 8 m nei tratti in cui la stabilità della costa ha consentito il loro sviluppo verticale, senza che nuovi cordoni andassero ad intercettare il flusso di sabbia proveniente dalla spiaggia, come previsto dal modello concettuale di Psuty (1992). L'erosione della cuspidè deltizia, iniziata nella seconda metà dell'800 (Toniole, 1910), ha fatto sì che il sistema cordoni/bassi interdunari fosse aperto verso mare, consentendo quindi all'

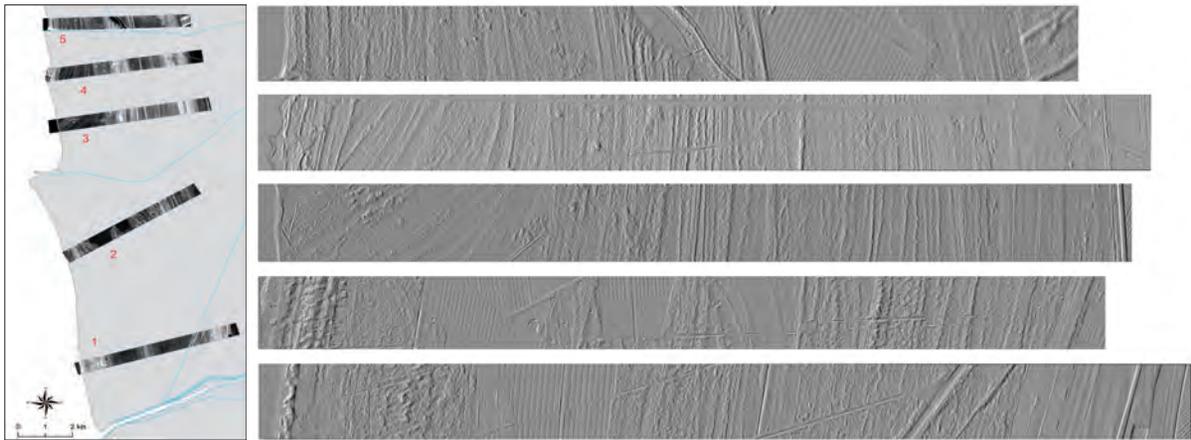


Figura 2 - I cordoni dunari del delta dell'Arno in shaded relief prodotti da dati Lidar (da Pranzini, 2007; modif.)

che si estende per circa 12.100 ha tra il Fosso Camaiole, a nord, e il Fiume Serchio, a Sud, mantiene assieme al Padule di Fucecchio l'unica zona umida interna estesa dei molti stagni e acquitrini che si rinvenivano lungo tutta la pianura fino al XVI secolo d.C. (Azzari, 1993).

Dinamica evolutiva della costa

L'erosione costiera è iniziata all'apice del delta del Fiume Arno ed è andata progressivamente ad interessare tratti di litorale sempre più ampi (Pranzini, 1989). Dai primissimi anni del XX secolo si è provveduto a costruire difese costiere a protezione dell'abitato di Marina di Pisa, fino alla situazione attuale, in cui i due chilometri di costa antistanti il paese sono difesi da 10 scogliere parallele pressoché continue, da una scogliera aderente in massi naturali e da alcuni pennelli che collegano le opere aderenti a quelle distaccate: ogni km di costa è difeso da 2.3 km di scogliere (Aminti et al., 2003). Il lobo settentrionale del delta, lasciato libero di erodersi per l'assenza di insediamenti, è arretrato di circa 1300 m dal 1881 ad oggi in prossimità della foce, cosa che ha determinato una asimmetria rispetto a quest'ultima e ha reso necessaria la costruzione di un pennello sulla sponda destra, per evitare che l'Arno sfociasse in una zona riparata dal "promontorio" di Marina di Pisa, con conseguenti problemi di insabbiamento della foce e difficoltà di smaltimento delle piene (Pranzini, 2008).

Altri interventi di difesa sono stati effettuati al Gombo, dove la forte erosione stava riducendo la spiaggia antistante la Villa Presidenziale. Qui sono state costruite, fra il 1962 ed il 1965, cinque scogliere parallele, poi modificate nel 1985, che hanno portato all'ampliamento dell'arenile ma anche incentivato l'erosione sul tratto di litorale posto sottoflutto (Bowman e Pranzini, 2003).

Più a nord è stata armata la foce di un canale artificiale, detto Fiume Morto Nuovo, con lo scopo di impedirne l'insabbiamento ma con il risultato di interrompere il flusso sedimentario diretto verso nord. La struttura ha favorito la deposizione della sabbia su di un breve tratto di litorale posto sopraflutto, ma ha incentivato l'erosione sottoflutto, dove il tasso di arretramento è ora di circa 5 m/anno (Cipriani et al., 2001).

Sulla spiaggia de Le Lame, dove, come abbiamo visto, le mareggiate favorivano l'ingressione di acqua salata, rendendo salmastri questi specchi di acqua dolce, facendo scomparire l'originaria vegetazione igrofila, sono stati realizzati, tra il 2001 ed il 2003, nove pennelli, i più meridionali lunghi 60 m, gli altri 80 m. Di questi ultimi, quattro sono estesi verso il largo come setti sommersi per altri 80-90 m (Fig. 3). In aggiunta, è stato effettuato un ripascimento con 65.000 m³ di ghiaia nel tratto vicino a Bocca d'Arno, nelle tre celle identificate dai pennelli più meridionali.

Fra il 2003, data in cui è terminato l'intervento, ed il 2007, nella zona si è ottenuta l'inversione del trend erosivo che aveva caratterizzato il periodo precedente. Oltre all'avanzamento dovuto al ripascimento (nelle celle in cui è stato effettuato) si riscontrano dei tassi di spostamento della linea di riva positivi, laddove erano negativi. I trat



Figura 3 - Pennelli emersi, prolungati a mare come setti sommersi, e ripascimento in ghiaia per la difesa della spiaggia de Le Lame.

ti posti sottoflutto ai pennelli sono rimasti in erosione, anche se con tassi decisamente inferiori a quelli mostrati negli anni precedenti (Pranzini, 2008).

L'intervento più recente realizzato sul litorale del Parco consiste nella costruzione di un tombolo artificiale in geotubi per collegare in modo stabile le scogliere del Gombo alla terraferma (Fig. 4), in modo da evitare che il loro distacco possa innescare la formazione di un'ampia insenatura che avrebbe come punti fissi il pennello

di foce dell'Arno e i moli guardiani del Fiume Morto Nuovo, cosa che sarebbe accompagnata da un notevole arretramento della costa nella parte centrale.

Ecosistemi

Gli ecosistemi dunari costieri presenti nel Parco, a prevalente vegetazione erbacea-arbustiva, costituiscono uno dei più estesi esempi in Italia ed il più esteso della Toscana. Essi comprendono 15 habitat di interesse comunitario secondo la definizione prevalentemente vegetazionale della direttiva Habitat (92/43/CEE e succ. mod.; vedi Tab. 1). Tali habitat, in assenza di dinamiche erosive o progressive della costa, formano una successione catenale di ecosistemi i cui determinanti ecologici principali sono la distanza dal mare, la soggiacenza della falda di acqua dolce,



Figura 4 - Schema del progetto di costruzione di un tombolo artificiale in geotubi e dei setti sommersi al Gombo (a sinistra) e radice del geotubo settentrionale (in alto).

Tabella 1 - Habitat d'interesse conservazionistico presenti nelle aree dunari ed interdunari della Toscana settentrionale.

Habitat di interesse comunitario o prioritario* (nome di cui alla Direttiva 92/43/CEE, DM 20 gennaio 1999)	Codice Corine Biotopes	Codice Natura 2000
Vegetazione annua delle linee di deposito marine	17,2	1210
Dune mobili embrionali	16,211	2110
Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> ("dune bianche")	16,212	2120
Dune fisse del litorale del <i>C. maritima</i> e	16,223	2210
Dune con prati dei <i>Malcolmietalia</i>	16,228	2230
Dune con prati dei <i>Brachypodietalia</i> e vegetazione annua	16,229	2240
Dune costiere con <i>Juniperus</i> spp.*	16,27	2250
Dune con formazioni arboree a dominanza di <i>P. pinea</i> e/o <i>P. pinaster</i> *	16,29 x 42,8	2270
Pascoli inondati mediterranei (<i>Juncetalia maritimi</i>)	15,5	1410
Depressioni umide interdunari	16,31	2190
Acque oligo-mesotrofe calcaree con vegetazione bentica di <i>Chara</i> sp.pl.	(22,12 o 22,15) x 22,44	3140
Laghi eutrofici naturali con vegetazione del Magnopotamion o Hydrocharition	22,13 x (22,41 o 22,421)	3150
Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del <i>Molinio-Holoschoenion</i>	37,4	6420
Paludi calcaree con <i>C. mariscus</i> e specie del <i>C. davallianae</i> *	53,3	7210
Foreste alluvionali di <i>Alnus glutinosa</i> e <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno - Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)*	44,3 e 44,2	91E0

l'altezza dei rilievi dunari, le diverse pressioni antropiche (vedi sotto), il regime dei venti e l'apporto sedimentario netto. Quest'ultimo fattore, in particolare, determina l'erosione o l'accrescimento della spiaggia e dei cordoni dunari. A questa diversità ecosistemica sono legati numerosi servizi e funzioni, che le azioni di conservazione qui descritte vogliono tutelare. Queste sono dirette essenzialmente al riequilibrio della dinamica costiera, alla formazione di nuovo suolo, al contrasto dell'avanzamento del cuneo salino e al mantenimento di una specifica diversità biologica che forma ecosistemi a mosaico in stretta associazione con la seguente tendenza generale: dal mare verso l'interno sono presenti formazioni erbacee rade alo-nitrofile dell'arenile e della zona di anteduna con *Cakile maritima*, *Euphorbia peplis*, ecc., passando poi a formazioni di duna mobile con *Agropyron junceum* seguite dagli ammoreti ad *Ammophila arenaria* ed infine, sulle dune stabilizzate, elicriseti ad *Helicrisum stoechas* e l'habitat prioritario costituito dai ginepri costieri a ginepro coccolone *Juniperus oxycedrus* subsp. *Macrocarpa*. In essi vi si trovano numerose specie endemiche o rare di provenienza corologica diversificata: Mediterranea, Centroeuropea, Atlantica e Boreale, a causa delle vicende climatiche storiche passate, della grande disponibilità idrica, della ricchezza microclimatica e per la straordinaria bassa antropizzazione se messa in relazione con le altre coste non rocciose mediterranee europee dove, molto raramente, potremmo incontrare coste sabbiose estese per molti chilometri senza insediamenti ed infrastrutture. Tra le numerose specie, particolarmente significative vi sono la *Periploca graeca* che è un'entità termoigrofila costiera comune nel Mar Nero, *Eleocharis geniculata* specie rarissima per i litorali italiani; le specie endemiche come *Stachys recta* var. *psammofila* (litorale tirrenico), *Solidago litoralis*, *Centaurea subciliata* (litorali versiliesi-pisani) con areale particolarmente ridotto per l'uso balneare delle spiagge.

I valori paesaggistici, associati anche al clima salubre ed in generale alla presenza del mare, rendono poi estremamente apprezzati questi ambienti con uno straordinario riflesso sull'economia dell'area costiera e sulla necessità della loro conservazione. Gli impatti sugli ecosistemi legati alla concentrazione di attività umane sono quindi molto intensi, ed in particolare legati al flusso turistico che, nei mesi primaverili-estivi, porta ad un uso massivo di tali aree. In effetti, come detto sopra, i valori e le funzioni degli ecosistemi sopra sommariamente descritti, a causa dell'antropizzazione del suolo delle aree costiere, si sono di fatto conservati con una certa completezza quasi solo nei 32 km meridionali della Toscana settentrionale tutelati, negli ultimi trentuno anni, dall'istituzione del Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli. Le tendenze evolutive degli ecosistemi dunari ed interdunari costieri ancora presenti, sono determinate da pressioni biologiche, fisiche ed antropiche che, in maniera dinamica, producono specifici processi, molto spesso regolati da feedback positivi e negativi, che rendono difficile la valutazione dei loro effetti sul lungo termine.

Conservazione della Natura

Negli ultimi cinque anni sono stati eseguiti interventi sulle spiagge e sulle dune del Parco per iniziare un percorso di restauro che inverta i fenomeni di degrado sopradescritti. Essi sono riassumibili come segue:

1. *Riduzione del sovracalpestio.* La razionalizzazione degli attraversamenti che è stata realizzata con la chiusura dell'80% dei sentieri spontanei precedentemente presenti e attrezzando 26 sentieri, di cui 20 realizzati direttamente dall'Ente Parco MSRM con finanziamenti propri, della Regione Toscana e della Unione Europea, ha portato ad una consistente riduzione del sovra calpestio. La Figura 5 mostra visivamente la diminuzione della densità di sentieramento.

La sola superficie dei sentieri chiusi è di almeno 4 ha su circa 80 ha di aree dunari, e il monitoraggio messo in atto ha dimostrato la pronta reazione della vegetazione, che tende ad eliminare i numerosi *blowout* e spianamenti dunari, dando così avvio, dove l'apporto sedimentario lo consente, al rimodellamento dunare e alla ripresa della successione vegetale verso cenosi meno resistenti al calpestio. A titolo d'esempio il n° di specie psammofile in queste aree è passato da 0,25 specie/m² prima degli interventi (2006) a 0,52 specie/m² nella seconda stagione vegetativa successiva ai lavori (Fig. 6, Lombardi, 2010).



Figura 5 - Vista aerea di alcune delle aree dunari sottoposte ad intenso sovracalpestio prima degli interventi (a sinistra) e due anni dopo la chiusura dell'80 % dei sentieri (Archivio Parco, sinistra e Foto Luca Puglisi, a destra).

2. *Eliminazione delle cenosi esotiche.* Numerose sono le specie esotiche presenti negli ecosistemi litoranei. Alcune di esse, talora, assumono un carattere invasivo e pongono il problema della conservazione della biodiversità di tali zone. Nelle aree di progetto la diffusione di *Amorpha fruticosa* (leguminosa nordamericana) nelle zone umide retrodunari e della *Yucca gloriosa* (agavacea nordamericana) aveva condotto alla sostituzione delle cenosi locali, con effetti negativi anche nella evoluzione delle comunità verso stadi seriali più maturi.



Figura 6 - Vista a terra degli effetti del sovracalpestio sulla crescita della vegetazione psammofila (a sinistra) e ricolonizzazione della vegetazione dopo dell'intervento di chiusura del medesimo sentiero già nella prima stagione vegetativa post-intervento (Foto Leonardo Lombardi).

In particolare, ma non solo, la loro diffusione avveniva a discapito degli habitat d'interesse conservazionistico prioritario (*sensu* direttiva Habitat) rispettivamente delle Paludi calcaree con *C. mariscus* e specie del *C. davaliana* e di Dune costiere con *Juniperus* spp.

Sono state quindi eliminate 5,5 ha di cenosi in cui era dominante o presente l'*Amorpha fruticosa* (Fig. 7 e 8) nelle aree retrodunari della Riserva Naturale della Lecciona (Viareggio) e 8 ha di cenosi con presenza di *Y. gloriosa* (tra Viareggio e Bocca di Serchio). Tale operazione, avvenuta tramite l'asportazione sia della parte aerea sia di quella ipogea delle piante, ha avuto un buon successo per l'*A. fruticosa* (meno del 2% di copertura nella seconda stagione vegetativa dopo l'intervento), mentre non ha avuto il successo sperato nel caso della *Y. gloriosa* (oltre il 30% di copertura nella seconda stagione vegetativa dopo l'intervento) nelle aree di monitoraggio. Per quest'ultima operazione è previsto nel Piano di conservazione post-LIFE (Progetto LIFE Dunetoscia in www.parcosanrossore.org) una serie di interventi con asportazione più profonda dell'apparato radicale nel terreno (Perfetti, 2010a; Perfetti et al. 2011; Logli, 2010; Lombardi, 2010).



Figura 7 - Cenosi di zona umida retrodunare invasa dall'*Amorpha fruticosa* (Foto Leonardo Lombardi).

3. *Restauro delle zone umide interdunari.* Circa 6 ha di zone umide retrodunari sono stati portati a stadi seriali giovanili (con acque aperte) diminuendo la quota del piano di campagna fino ad intercettare la falda superficiale per la maggioranza dei mesi dell'anno (Fig. 8).

Quest'ultima operazione ha avuto anche un effetto indiretto di recupero a scala ampia delle zone umide dulciacquicole perse per l'erosione sul fronte mare o per le bonifiche e l'eutrofizzazione delle zone umide interne. Di fatto, sono numerose le estinzioni di specie vegetali igrofile, di anfibi, di insetti e di molluschi in queste aree.



Figura 8 - Zona umida ricreata dopo l'intervento di controllo dell'*Amorpha fruticosa* (Foto Leonardo Lombardi).

Qui, invece, le condizioni ristabilite di oligo- o mesotrofia con acque aperte hanno ricreato le condizioni per una loro diffusione massiva (Perfetti, 2010a). A titolo di esempio, durante il monitoraggio intrapreso con il progetto LIFE Dunetosca, sono stati descritti due nuovi habitat per il SIC Dune Litoranee di Torre del Lago: cod. 3140 e 3150 nella Tabella 1 (Lombardi, 2010), mentre 3 specie di anfibi, precedentemente non segnalati, sono state censite con ampie popolazioni riproduttive; inoltre, alcune specie di uccelli acquatici hanno prontamente colonizzato tali nuovi habitat (Colligiani e Puglisi, 2010; Zuffi, 2010).

4. *Ricostituzione di aree dunari.* E' stata ricostituita la continuità dunare con 69 interventi di chiusura dei sentieri e 400 m di microinterventi di ingegneria naturalistica (Figg. 9, 10, 11 e 12). Inoltre, sono stati ricostituiti grandi rilievi dunari in tre diverse aree (uno nella Riserva Naturale della Lecciona, a Viareggio, e due a San Rossore) (Perfetti, 2010a; Porchera, 2010).



Figura 9 - Intervento di ricostituzione della duna in un'area intensamente frequentata (a sinistra). Le viminate impediscono il passaggio e innescano l'accumulo di sabbia come farebbero i tronchi spiaggiati. La stessa zona dopo pochi mesi (a destra).



Figura 10 - Duna erosa per l'effetto del trasporto del vento (*blowout*) innescato in un'incisione provocata dall'uso turistico dell'area; a destra la situazione successiva all'intervento (Foto Oreste Giorgetti).

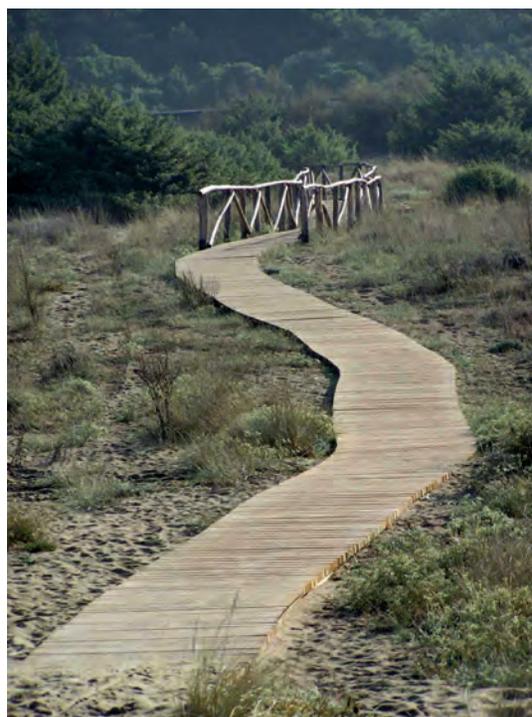


Figura 11 - Sentiero a terra per indirizzare e concentrare il calpestio in area dunare (Foto Andrea Porchera).



Figura 12 - Sentiero sopraelevato per ovviare agli effetti mostrati in Figura 10 (Foto Oreste Giorgetti).

5. *Pulizia delle spiagge.* Approvazione da parte dell'Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli di un documento con valore legale perché collegato agli strumenti pianificatori di governo dell'area protetta, con l'adozione di misure per la pulizia delle spiagge che riducano fortemente la pulizia meccanizzata (Figg. 13 e 14) ed i suoi effetti nelle aree di Riserva Naturale e nelle zone con stabilimenti temporanei del Parco (Perfetti et al. 2010).

6. *Comunicazione.* Sono state organizzate, tra il gennaio 2006 ed il dicembre 2009, decine di incontri pubblici locali e nazionali, sia con finalità divulgative che scientifiche. Inoltre, sono state organizzate attività di volontariato (Fig. 15), costruito un sito internet, posti oltre 130 cartelli sia d'informazione che indicativi su norme e orientamento e consegnati e raccolti quasi 450 questionari per informare e coinvolgere l'opinione pubblica.

Nella parte meridionale del Parco, invece, sono state avviate già prima del progetto LIFE azioni di tutela come quelle che riguardano alcune decine di ettari di dune a Tirrenia da parte del WWF di Pisa e dell'adozione simbolica delle dune di Calambrone da parte delle scuole della zona (Comune di Pisa).



Figura 13 - Effetti di scavo al piede dunare e di eliminazione dell'associazione vegetale pioniera del cakileto dovuti alle operazioni meccanizzate di pulizia e di transito meccanizzato in area dunare e di spiaggia (Foto Leonardo Lombardi).



Figura 14 - Pulizia meccanizzata della spiaggia (Foto Andrea Porchera).



Figura 15 - Costruzione di "fascinate artigianali" da parte di volontari per innescare lo sviluppo di dune incipienti in luogo dell'utilizzo di mezzi meccanici per la "pulizia" che eliminano le dinamiche naturali di evoluzione dunare.

7. Pianificazione. Gli interventi descritti si inseriscono nella grande differenziazione di antropizzazione delle coste del Parco (Tav. 1). La pianificazione vigente di per sé di fatto elimina la possibilità di costruzione di edifici lungo circa 16 km di costa, ed elimina la possibilità di ampliamenti di volume nelle aree dunari residuali in zone parzialmente urbanizzate. Inoltre fa proprie le prescrizioni delle Linee Guida per la Pulizia delle Spiagge all'interno dei singoli Piani di Gestione (Perfetti, 2010a).

Gli effetti di tali operazioni sono monitorati da un sistema di stazioni fisse (oltre 70) e di transetti (circa 10 km) dove, dal 2006, vengono rilevati numerosi parametri, quali la diffusione di specie esotiche, la copertura e la densità di specie (n/m^2) delle specie vegetali ed animali, la produttività di alcune specie animali, la sperimentazione di nuove tecniche di monitoraggio basato su parametri fisiologici (Zuffi, 2010), soggiacenza e conducibilità elettrica delle acque superficiali. Inoltre, è consegnato periodicamente un questionario a un campione casuale di frequentatori delle spiagge per verificarne l'evoluzione della conoscenza delle problematiche ambientali e del senso di responsabilità verso le tematiche ambientali (vedi p.e. Perfetti et al., 2011).

Tale complesso di misure, attuate su circa 8 km di costa e oltre 80 ha di habitat dunari, consente di avere un quadro dinamico dell'evoluzione della vitalità degli ecosistemi e delle specie, così come richiesto dalle normative che discendono dalla direttiva Habitat e costituisce un raro esempio in Italia di restauro ecologico e monitoraggio a lungo termine per fini di gestione e conservazione della biodiversità (Perfetti, 2010a). In altri paesi europei, soprattutto in Francia, Olanda, Gran Bretagna e Spagna esistono esempi simili con tradizioni applicative ben più antiche; si veda ad esempio: AA.VV. 2001, 2006; Esselink et al., 2003; Houston et al., 2001; Rooney, 2010; Skovog Naturstyrelsen, 2003; van Duinen et al., 2006; Vega de Seoane et al., 2007. Ad oggi, tali rilevazioni hanno consentito la stima dei successi e dei limiti delle azioni poste in campo, costituendo al contempo una guida e un valido mezzo di comunicazione delle tematiche ambientali da parte del Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli (Fig. 16).

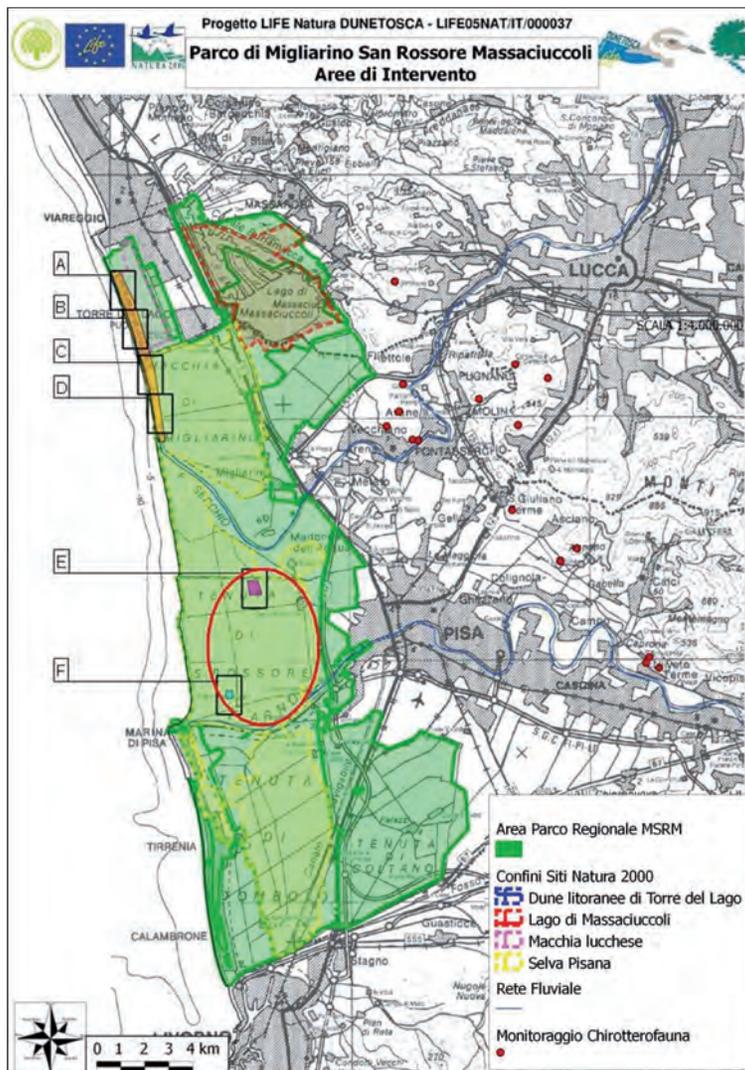


Figura 16 - Tavola con le aree di intervento: A, B, C, D sono le zone con il maggior numero di interventi in ambito dunare descritti nel presente lavoro. In particolare:
 A ÷ D = riduzione del sovracalpestio, eliminazione delle cenosi esotiche, ricostruzione di aree dunari, Linee guida per la pulizia delle spiagge, pianificazione.
 A ÷ B = restauro delle aree interdunari.
 A ÷ F = comunicazione.
 E ÷ F = l'ellisse ed i punti si riferiscono alle aree d'intervento per la conservazione di un'importante popolazione di chiroterro, *Rhinolophus ferrumequinum*, e ad altri interventi non descritti nel presente lavoro (restauro zone umide interne a compensazione della loro perdita per l'erosione della costa di San Rossore).

Zona	Lungh. (km)	N° sent.	N°sent. /km	Utilizzo	Valori naturali
1. Confine Nord del Parco - Marina di Levante	0,73	0*	-	- Stabilimenti balneari fissi, - strada asfaltata con esercizi commerciali che divide longitudinalmente le aree dunari con vegetazione dunare consolidata,	- Spiagge naturali stabili o in avanzamento, artificializzazione delle aree dunari, - presenza significativa di aree retrodunari umide con Habitat d'importanza comunitaria prioritari
2. Marina di Levante - Ris. Nat. della Lecciona (nord)	0,17	2	11,7	- Uno stabilimento temporaneo in concessione - uso abusivo delle aree dunari. - strada asfaltata con esercizi commerciali che divide longitudinalmente le aree dunari con vegetazione dunare consolidata, - danni rilevanti derivanti da pulizia meccanizzata spiagge.	- Spiagge naturali stabili o in avanzamento, artificializzazione parziale delle aree dunari, - presenza significativa di aree dunari e retrodunari con Habitat d'importanza comunitaria prioritari: mancano gli habitat di anteduna
3. Ris. Nat. della Lecciona	2,22	4	1,8	- Spiaggia naturale ad uso libero. - uso abusivo delle aree dunari. - massicciata stradale senza asfalto che divide longitudinalmente le aree dunari con vegetazione dunare consolidata, - danni contenuti, derivanti da pulizia meccanizzata spiagge.	- Spiagge naturali stabili o in avanzamento, serie completa della vegetazione dunare, - presenza significativa di aree dunari e retrodunari con Habitat d'importanza comunitaria prioritari: manca la vegetazione pioniera
4. Ris. Nat. della Lecciona (sud) - Stabilimenti temporanei di Marina di Torre del Lago (sud)	0,9	7	7,8	- Stabilimenti temporanei in concessione in gran parte dell'area, - strada asfaltata con esercizi commerciali che divide longitudinalmente le aree dunari con vegetazione dunare consolidata, - danni importanti, derivanti da pulizia meccanizzata spiagge.	- Spiagge naturali stabili o in avanzamento, artificializzazione parziale delle aree dunari, - presenza significativa di aree dunari e retrodunari con Habitat d'importanza comunitaria prioritari: manca la prima parte delle aree dunari
5. Stabilimenti fissi di Marina di Torre del Lago - Ris. Nat. della Bufalina (nord)	0,48	0*	-	- Stabilimenti balneari fissi, - strada asfaltata con esercizi commerciali che divide longitudinalmente le aree dunari con vegetazione dunare consolidata.	- Spiagge naturali stabili o in avanzamento, artificializzazione delle aree dunari, - presenza significativa di Habitat d'importanza comunitaria prioritari
6. Ris. Nat. della Bufalina	1,57	6	3,8	- Spiaggia naturale ad uso libero. - uso abusivo delle aree dunari. - massicciata stradale senza asfalto che divide longitudinalmente le aree dunari con vegetazione dunare consolidata, - danni importanti, derivanti da pulizia meccanizzata spiagge.	- Spiagge naturali stabili, serie completa della vegetazione dunare, - presenza significativa di aree dunari con Habitat d'importanza comunitaria prioritari: manca la vegetazione pioniera
7. Ris. Nat. Bufalina (sud) - Ris. Nat. Bocca di Serchio	0,97	5	5,2	- Spiaggia naturale ad uso libero, - uso abusivo delle aree dunari, - massicciata stradale asfaltata e parcheggi che dividono longitudinalmente le aree dunari con vegetazione dunare consolidata, - danni importanti, derivanti da pulizia meccanizzata spiagge.	- Spiagge naturali stabili o in avanzamento, serie completa della vegetazione dunare, - presenza significativa di aree dunari con Habitat d'importanza comunitaria prioritari: manca la vegetazione pioniera

8. Ris. Nat. Bocca di Serchio (nord) - Penisola dei Gabbiani (sud)	1,44	1	0,7	- Spiaggia naturale ad uso libero, - uso abusivo delle aree dunari/lagunari, - massicciata stradale senza asfalto che attraversa longitudinalmente e artificializza le aree dunari/umide, - danni importanti, derivanti da pulizia meccanizzata spiagge.	- Spiagge naturali stabili, serie completa della vegetazione dunare, - presenza significativa di aree dunari con Habitat d'importanza comunitaria prioritari: è molto arretrata e ridotta la vegetazione pioniera - barene naturali ad alta dinamicità in area fluviale terminale, - importante sito per l'ornitofauna.
9. Penisola dei Gabbiani (sud) - F. Morto Nuovo	5,27	2	0,4	- Spiaggia naturale senza uso antropico, - presenza saltuaria di imbarcazioni ancorate a riva e uso pervasivo delle spiagge, - presenza di rifiuti spiaggiati.	- Spiagge naturali, serie incompleta della vegetazione dunare con ampie modifiche dovute alla forte erosione, - presenza significativa di aree dunari con Habitat d'importanza comunitaria prioritari: materiale naturale spiaggiato non asportato.
10. F. Morto Nuovo - Bocca d'Ano (nord)	6,52	1	0,2	- Spiaggia in parte artificializzate per la protezione della costa senza uso antropico, - presenza saltuaria di imbarcazioni ancorate a riva e uso abusivo delle spiagge, - presenza di rifiuti spiaggiati.	- Serie incompleta della vegetazione dunare con ampie modifiche dovute alla forte erosione e all'artificializzazione delle coste, - presenza significativa di aree dunari con Habitat d'importanza comunitaria prioritari: materiale naturale spiaggiato non asportato.
11. Bocca d'Ano (sud) - Vione della Bigattiera	4,2	30*	-	- Spiagge artificiali, - stabilimenti fissi, - strada provinciale ed esercizi commerciali nelle "aree retrodunari"	- Spiaggia in erosione protetta da elementi rigidi di difesa, - presenza di habitat naturali a partire dalla vegetazione mediterranea consolidata retrodunare.
12. Vione della Bigattiera - fine zona attrezzature balneari (Tirrenia)	3,4	41*	-	- Stabilimenti balneari fissi, - strada asfaltata con esercizi commerciali che divide longitudinalmente con vegetazione dunare consolidata.	- Spiagge naturali stabili o in erosione, artificializzazione delle aree dunari, - presenza significativa di aree retrodunari umide con Habitat d'importanza comunitaria prioritari.
13. Fine zona attrezzature balneari (Tirrenia) - Scolmatore d'Ano	3,6	25	0,69	- Stabilimenti temporanei in concessione in gran parte dell'area, - artificializzazione parziale delle aree dunari con stabilimenti e le colonie di epoca fascista, - strada asfaltata con esercizi commerciali che divide longitudinalmente le aree dunari con vegetazione dunare consolidata, - danni importanti, derivanti da pulizia meccanizzata spiagge e dall'uso delle aree dunari.	- Spiagge naturali stabili o in erosione, - presenza significativa di aree dunari di grande dimensione con Habitat d'importanza comunitaria prioritari: manca la prima parte delle aree dunari
Intero tratto dal confine nord del Parco - Scolmatore d'Ano	31,527**	53	-	-	-

Tavola 1 - Caratterizzazione gestionale delle aree presenti nelle dune del Parco Regionale MSRM.

* zone dunari urbanizzate con stabilimenti fissi e aree dunari pressoché assenti (Marina di Levante e Marina di Torre del Lago - Viareggio), con scogliere artificiali (Marina di Pisa e 30 stabilimenti - Pisa); o con aree dunari delimitate verso mare dagli stabilimenti (Tirrenia e 41 stabilimenti - Pisa).

** 22,5 km sono le aree dunari attraversate da sentieri.

Conclusioni

Il Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, con i suoi 23.000 ha di estensione ed un fronte mare lungo 32 km (a cui sono da aggiungere i 2,2 km di Marina di Pisa - tecnicamente fuori dal Parco ma di cui parliamo), costituisce una realtà ambientale ed economica di valenza nazionale. Il suo valore è ancora più elevato se si considera che è inserito in un'area intensamente sfruttata da agricoltura, industria, turismo e sede di importanti insediamenti antropici, come Marina di Pisa e Viareggio, elementi tutti che possono minacciarne l'integrità. E' per questo che da tempo sono state adottate misure ed azioni volte al recupero ambientale delle zone che più sono state oggetto di pressione antropica e strategie di gestione idonee alla salvaguardia delle diverse componenti biotiche ed abiotiche e, ancor più importante, alla loro integrazione.

Gli interventi normativi e bioingegneristici sono stati sempre accompagnati da azioni di divulgazione e di partecipazione degli stakeholders, rendendo più facile il recepimento delle direttive e delle restrizioni che è stato necessario attuare.

Un monitoraggio continuo dell'evoluzione fisica e biologica del "sistema" parco, unitamente alla valutazione della risposta e della percezione dei frequentatori, ha consentito di valutare positivamente le azioni intraprese e di implementare quelle che hanno inizialmente dato risultati meno incisivi.

Ad oggi, sono numerose le iniziative che proseguono queste azioni sia per ciò che concerne la difesa costiera, impostata a criteri di sostenibilità che per il monitoraggio, la manutenzione ed il restauro ecologico degli habitat dunari come i progetti strategici COREM e RESMAR del programma transfrontaliero Italia - Francia Marittimo, la costituzione di una rete italiana sulla gestione e conservazione degli ambienti dunari (Perfetti, 2010b) ed il tentativo di allargare il partenariato per i futuri progetti a varie aree dunari toscane con interventi sinergici nell'organizzazione, nell'esperienza e nell'efficacia delle azioni messe in campo per la conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana.

Bibliografia

- AA.VV. (2001) - *La restauración del las dumas litorales de la devesa de l'Albufera de Valencia*. Ajuntament de Valencia, 68 pp.
- AA.VV. (2006) - *Progetto LIFE Natura Azioni concertate per la salvaguardia del litorale veneto* - Gestione degli habitat nei siti natura 2000. Veneto Agricoltura e Regione Veneto, 240 pp.
- Aminti P.L., Cipriani L.E. e Pranzini E. (2003) - *'Back to the beach': converting seawalls into gravel beaches*. In *Soft Shore Protection, Coastal Systems and Continental Margins Volume 1*, C. Goudas et al. (eds), Kluwer Academic Publishers, 2003, pp 261-274.
- Bartolini C. e Pranzini E. (1979) - *Le alterazioni del bilancio sedimentario dei litorali toscani*. Convegno sulla Difesa del suolo. Firenze, maggio 1979, 8 pp.
- Bowman, D., Pranzini, E. (2003) - *Reversed response within a segmented detached breakwater - the Gombo case, Tuscany coast, Italy*. *Coastal Engineering*, 49: 263-274.
- Caselli R. (1981) - *Indagini sulle zone umide della Toscana. XVII. Le industrie neolitiche ed eneolitiche del lago di Massaciuccoli*. In: "Il Bacino del Massaciuccoli II". Consorzio Idraulico II Categoria, Canali Navigabili Burlamacca, Malfante, Venti e Quindici. Pp 33-37.
- Cipriani L.E., Ferri S., Iannotta P., Paolieri F., Pranzini E. (2001) - *Morfologia e dinamica dei sedimenti del litorale della Toscana settentrionale*. *Studi costieri* 15: 119-150.
- Colligiani L e Puglisi L. (2010) - *Uccelli*. In Perfetti A. (a cura di) - *La Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale*. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli pp. 246.
- Devoti S., Fulvio Nisi M., Silenzi S. (2003) - *Caratteri geologici ed evoluzione paleogeografica della pianura versiliese*. *Studi Costieri* 6: 73-89.
- Esselink H., Nijssen M. and Beusink P. (2003) - *Searching for key-factors to restore characteristic flora and fauna communities in coastal dunes*. In Skov-og Naturstyrelsen 2003. Report International Workshop restoration of dune habitats along the Danish west coast.
- Houston J. A., S.E. Edmondson and P.J. Rooney (eds.). (2001) - *Coastal dune management: shared experience of european conservation practice*. Liverpool University Press, 458 pp.

- Kukavicic M. and Pranzini E. (2003) - *Beach ridges and dunes of the Arno River delta*. In: E. Ozhan (Ed.), Proceedings of the Sixth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 03, 7-11 October, 2003, Ravenna, Italia. Volume 3, 1413-1424.
- Logli L. (2010) - *L'eliminazione delle cenosi di Yucca gloriosa*. In Perfetti A. (a cura di) - *La Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale*. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli pp. 246.
- Lombardi L. (2010) - Monitoraggio botanico degli interventi. In Perfetti A. (a cura di) - *La Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale*. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli pp. 246.
- Perfetti A. (a cura di) (2010a) - *La Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale*. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, 246 pp.
- Perfetti A. (2010b, in stampa). *Il Progetto LIFE Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale: dalle azioni locali alla proposta un network per la conservazione delle dune in Italia*. Atti Convegno SOS DUNE, ISPRA-CATAP Nov. 2009 Roma, in corso di pubblicazione su Geologia Ambientale.
- Perfetti A., Lombardi L., Logli F. e Cavalli S. (2011, in press) - *A large-scale control of an alien invasive plant coenosis in a Mediterranean Psammophilic coastal area: one project, two case studies and results*. EPP0 Bulletin.
- Perfetti A, Porchera A. e Lombardi L. (2010) - *Linee Guida per le operazioni di pulizia delle spiagge del Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli - Area Nord (tra Bocca di Serchio e Viareggio)*. In Perfetti A. (a cura di) - *La Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale*. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, 246 pp.
- Porchera A. (2010) - *La riduzione del carico turistico in ambito dunare*. In Perfetti A. (a cura di) - *La Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale*. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli pp. 246.
- Pranzini E. (1989) - *A model for cusped delta erosion*. 6th Symp. on Coastal and Ocean Management/ASCE. Charleston, SC. Coastal Zone '89. Pp. 4345-4357.
- Pranzini E. (2001) - *Updrift river mouth migration on cusped deltas: two examples from the coast of Tuscany (Italy)*. *Geomorphology*, 1-2: 125-132.
- Pranzini E. (2004) - *Caratteristiche morfologiche e sedimentologiche di una zona di convergenza del trasporto litoraneo (Versilia, Toscana)*. *Studi costieri*, 8: 135-149.
- Pranzini E. (2007) - *Airborne LIDAR survey applied to the analysis of the historical evolution of the Arno River delta (Italy)*. *Journal of Coastal Research*, SI 50: 400 -409.
- Pranzini E. (2008) - *L'intervento di stabilizzazione del litorale de Le Lame*. *Studi costieri* 14: 29-42.
- Psuty N.P. (1992) - *Spatial variation in coastal foredune development*. In: Carter, R.W.G., Curtis, T.G.F. and Sheehy-Skeffington, M.J. (ed.) *Coastal dunes: Geomorphology, Ecology and Management*. Rotterdam: Balkema, 3-13.
- Rooney P. Eds. (2010) *Special Issue: Changing Perspectives in Coastal Dune Management*. Vol.14, n°2.
- Skov-og Naturstyrelsen 2003. Report International Workshop restoration of dune habitats along the Danish west coast. <http://www.skovognatur.dk/Emne/Naturbeskyttelse/Naturpleje/LIFE/Afsluttede/Klithede/Restorationdune.htm>
- Toniolo A.R. (1910) - *Sulle variazioni di spiaggia a foce d'Arno dalla fine del secolo XVIII ai nostri giorni*. Studio storico fisiografico. Pisa: Tip. Municipale, 94 pp
- van Duinen Gert-Jan, Emiel Brouwer, Marijn Nijssen & Hans Esselink (Eds.) (2006) - *Dissemination of ecological knowledge and practical experiences for sound planning and management in raised bogs and sea dunes*. Report of the second workshop 22-26 August 2005. Radboud University Nijmegen, Department of Animal Ecology. (www.barger.science.ru.nl/life/)
- Vega de Seoane C. L., J. B. Gallego Fernández, C. V. Pascual. (2007) - *Manual de restauración de dunas costeras*. Ministerio de Medio Ambiente, 254 pp.
- Zuffi M. (2010) - *Anfibi e rettili*. In Perfetti A. (a cura di) - *La Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale*. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli pp. 246.

Ricevuto il 07/10/2010, accettato il 11/01/2011.