

Il paesaggio vegetale dell'ambiente dunale di Calambrone nel litorale pisano (Toscana settentrionale)

A. BERTACCHI, T. LOMBARDI e G. BOCCI

ABSTRACT - *Vegetation landscape of dune habitat of the Calambrone area in the pisan coast (Northern Tuscany)* - The investigation covers the stretch of Calambrone coastline (Pisa) where is a partially survived dune system by marine erosion and anthropogenic pressure. The study initially involved the relief and restitution of mapping of the entire system and then the floristic and vegetational survey of the dune; in addition were made orthogonal transects to coastline. This has enabled, on GIS platform, the realization of an experimental orthophotomap of dune environments, with the plant associations identified and the level of alteration and / or processing of the dune system. The results showed 12 diversified phytocoenosis, with a flora of over 80 species. Among these many (*Medicago marina* L., *Othanthus maritimus* (L.) Hoffm. et Link, *Pseudorlaya pumila* (L.) Grande, *Solidago litoralis* Savi etc.) are included in lists of attention of the Tuscany region. The intersection of the data collected has shown a substantially altered the dune system and associated vegetation types, much higher in the granted areas for the exploitation beach that in the areas overlooking the sea colonies. The measurement of the degree of alteration dune highlights the permanence of the main association of the northern Tyrrhenian coastline.

Key words: dune, flora, psammophytic plants, Tuscany, vegetation

*Ricevuto il 7 Maggio 2009
Accettato il 29 Luglio 2009*

INTRODUZIONE

L'antropizzazione dei litorali sabbiosi e l'alterazione dei sistemi dunali ad essi collegati costituisce un problema ambientale importante e di non facile risoluzione. Lo sviluppo urbanistico lungo le coste della penisola, in costante aumento nell'ultimo mezzo secolo, ha trovato negli ambienti planiziali litorali un'espansione naturalmente più rilevante che lungo le coste rocciose. Questo sviluppo non si è tradotto nel solo aumento di volumetria abitativa, ma anche nell'occupazione sistematica degli arenili con strutture balneari permanenti (PIETROBELLI, BARDI, 1996). Tutto ciò ha determinato e determina una compromissione sempre più evidente, e talvolta irreversibile, dei sistemi dunali e degli habitats ad essi connessi, la cui importanza ambientale/naturalistica è riconosciuta a livello internazionale (AA. VV., 1991, 2007).

La conoscenza delle componenti naturali di questi sistemi, quali la flora e la vegetazione, nonché il loro costante monitoraggio risultano pertanto indispensabili ai fini della salvaguardia dei medesimi e dello svi-

luppo di strumenti atti alla mitigazione o alla compensazione della pressione antropica esercitata.

Nell'ambito di indagini relative ai possibili impatti ambientali determinati da nuovi interventi urbanistici nella frazione di Calambrone nel Comune di Pisa, è stato indagato e monitorato il tratto di litorale sabbioso corrispondente. In questa area, il sistema dunale risulta parzialmente sopravvissuto, a differenza del rimanente tratto costiero comunale ampiamente alterato sia per fenomeni legati all'erosione marina, sia per l'estesa occupazione antropica dell'arenile.

Se si escludono alcune indagini datate e genericamente indirizzate all'intero litorale pisano (SAVI, 1798; CARUEL, 1860; CORTI, 1955) o, anche se recenti, riguardanti altri settori costieri (ARRIGONI, 1990; VAGGE, BIONDI, 1999; GARBARI, 2000; TOMEI *et. al.*, 2004; SANI, TOMEI, 2006), non sono disponibili in letteratura lavori di approfondimento sugli aspetti floristici e vegetazionali di questo settore specifico.

Scopo del presente lavoro è stato conseguentemente

quello di aggiornare e completare in primis i dati floristico-vegetazionali dell'area, individuarne e cartografarne la fitotopografia allo stato attuale e fornire strumenti di controllo e gestione applicabili in ambiente GIS. A questo scopo, allo studio puramente scientifico-naturalistico, si è affiancata la ricerca di un indice sintetico utilizzabile nella valutazione del grado di alterazione del sistema dunale.

AREA DI STUDIO

La fascia di litorale oggetto di studio è compresa tra la località Tirrenia e la foce dello Scolmatore d'Arno, nella frazione balneare di Calambrone, nel Comune di Pisa (Fig. 1). L'area rientra nel territorio denominato *AREA CONTIGUA*, limitrofo al Parco Migliarino-S. Rossore- Massaciuccoli, ed è soggetta a vincoli normativi volti alla tutela delle superfici naturali del Parco stesso e delle fasce litoranee. L'area investe un tratto di litorale lungo circa 3,5 km dove, dopo secoli di progradazione, da circa 20 anni il dinamismo costiero marino appare statico ad eccezione del tratto terminale prossimo allo Scolmatore, dove il fenomeno erosivo è invece evidente e ha determinato la

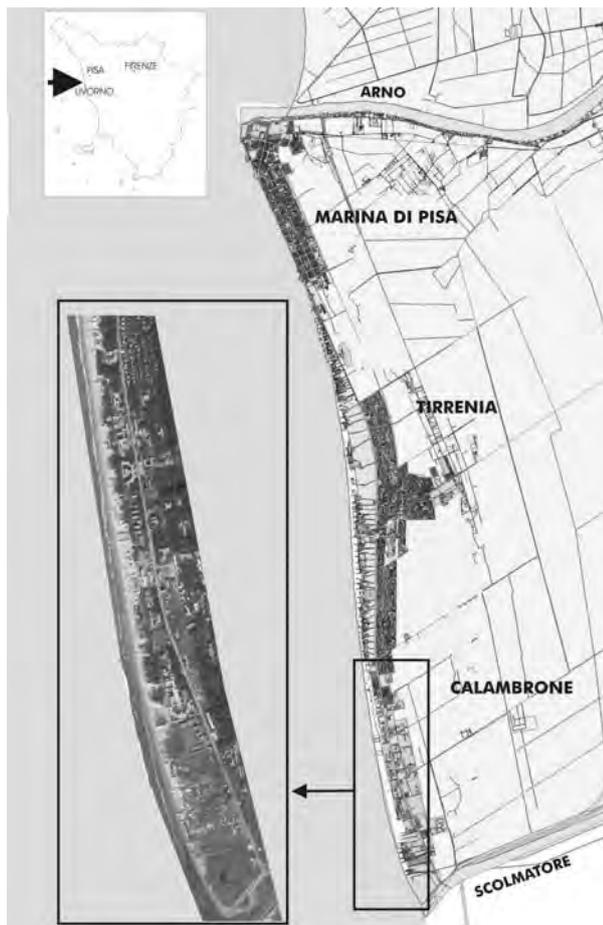


Fig. 1

Localizzazione geografica dell'area di studio.
Geographical localization of study area.

scomparsa dell'intero sistema dunale (GENTILINI, 2001). La porzione indagata ha una profondità media di 100 m, interrompendosi in coincidenza delle superfici di pertinenza architettonica delle colonie, delimitate in buona parte da mura perimetrali. La superficie complessiva, escluso il tratto prossimo alla foce dello Scolmatore non più propriamente interessato dal sistema dunale, è pari a ca 38 ha. Storicamente l'area ha avuto un notevole impulso urbanistico negli anni '30 e '40 del secolo scorso, con la realizzazione di numerose colonie estive e relative infrastrutture, seguito da una lunga stasi urbanistica dall'immediato secondo dopoguerra. Tuttavia, mentre l'entità numerica dei residenti in forma stabile nell'area non è sostanzialmente mutata negli anni, con valori compresi tra le 250 e le 300 persone, con afflussi stagionali contenuti, da qualche decennio si è assistito a una crescita costante della pressione antropica stagionale che ha portato a presenze superiori alle 12.000 unità nel momento di massima estiva (AA. VV., 2006).

In questo contesto, il sistema naturale maggiormente alterato e trasformato dalla edificazione delle colonie marine e dalle attività antropiche fu rappresentato dalle dune antiche interne. Le dune recenti, invece, sino all'immediato dopoguerra, non avevano subito almeno dal punto di vista morfologico, un'alterazione rilevante. Successivamente, il forte sfruttamento turistico ha portato ad un lento, progressivo ed inesorabile processo di alterazione e soppressione del margine dunale esterno che, attualmente in molti tratti, è stato sostituito da stabilimenti balneari.

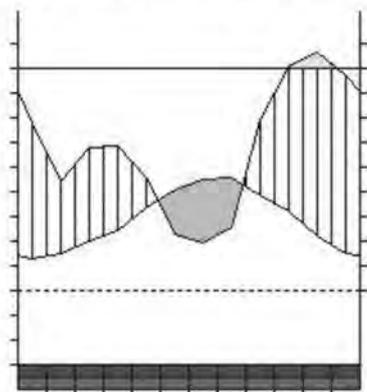
CLIMA

Per la caratterizzazione climatica sono stati utilizzati i dati termo-pluviometrici della stazione meteorologica di San Piero a Grado, distante ca 5 Km dal sito di studio. Il valore medio annuo delle precipitazioni, riferito al decennio 1997-2007, si attesta su 773 mm, con un massimo di piogge in autunno, a fronte di una temperatura media annuale di 14,4 °C, con valori massimi vicini ai 30 °C. Il diagramma ombrotermico che si ricava dai dati, evidenzia un periodo di aridità estiva con deficit idrico da giugno a settembre. Secondo la classificazione bioclimatica di RIVAS-MARTINEZ (2004), l'area rientra nel macrobioclima mediterraneo, termotipo mesomediterraneo superiore e ombrotipo subumido inferiore (Fig. 2).

METODOLOGIA ADOTTATA

Lo studio ha comportato, in un primo tempo, l'uso combinato dei rilevamenti a terra con la fotointerpretazione e la restituzione dei dati rilevati in ambiente GIS MapInfo™. Al rilievo dell'assetto morfologico dell'intero sistema dunale sono seguiti il censimento floristico e i rilevamenti fitosociologici della copertura vegetazionale secondo il metodo BRAUN-BLANQUET (1979) nonché la loro restituzione fotocartografica. Tale approccio si rivela di grande utilità ai fini di una lettura integrata tra il siste-

SAN PIERO A GRADO (PI) 3 m.s.m.
 P= 774 43°40'N 010°20'E 10/10 y.
 T= 14 Ic= 16.4 Tp= 1727 Tn= 0
 m= 1.6 M= 11.6 Itc= 276 Io= 4.5



MEDITERRANEAN PLUVISEASONAL-OCEANIC
 UPPER MESOMEDITERRANEAN LOW SUBHUMID

Fig. 2

Diagramma ombrotermico della stazione di San Piero a Grado (calcolato secondo RIVAS-MARTINEZ, 2004).
 Ombrothermic diagram of the San Piero a Grado station (calculated by RIVAS-MARTINEZ, 2004).

ma morfologico dunale e le fitocenosi presenti (ACOSTA *et al.*, 2005; VAGGE *et al.*, 2007). Per la determinazione delle specie è stata utilizzata la Flora d'Italia (PIGNATTI, 1982), integrata, per quanto riguarda gli aggiornamenti nomenclaturali, da "An Annotated Checklist of the Italian vascular Flora" (CONTI *et al.*, 2005).

ELABORAZIONE DEI DATI

I dati vegetazionali rilevati sono stati sottoposti a procedura di analisi multivariata utilizzando il software Syntax (PODANI, 2001). La matrice di 75 specie x 54 rilievi è stata analizzata secondo la cluster analyses applicando l'algoritmo UPGMA e utilizzando il coefficiente di similarità di Bray/Curtis; successivamente sui dati della matrice è stata applicata l'Analisi delle Coordinate principali (PcoA), utilizzando anche in questo caso il coefficiente di Bray/Curtis.

Sulla elaborazione fotocartografica delle tipologie rilevate in campo attraverso GIS MapInfo, è stato applicato un indice sintetico, sviluppato ai fini della valutazione dello stato di alterazione del sistema dunale non solo dal punto di vista morfologico ma anche in relazione alla presenza/assenza delle principali fitocenosi vegetali.

In base a tale indice, denominato Indice Ponderato di Alterazione Dunale (IPAD) ad ognuno dei 30 transesti eseguiti ad intervalli regolari e costanti, per una profondità media di 100 metri (Fig. 3), si associa un valore compreso tra 0 e 1 (0-0,2= alterazione nulla o

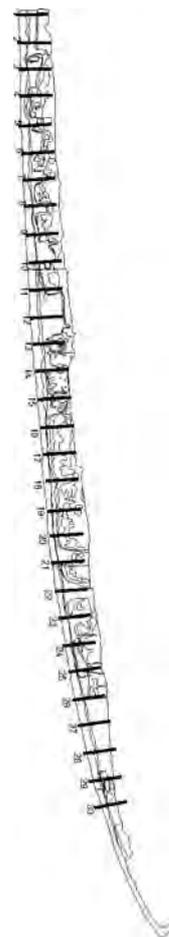


Fig. 3

Disegno in pianta dei transesti realizzati.
 Plan of the transects made.

minima; 0,21-0,5= alterazione media; 0,51-1= alterazione elevata o massima).

Questo valore è dipendente dalla estensione lineare in metri delle superfici completamente alterate dalle attività antropiche (fascia afitoica antropica) in rapporto alla lunghezza totale del transect e il numero di tipologie vegetazionali presenti.

L'indice assume la forma:

$$i = L/n$$

dove:

L = rapporto tra la lunghezza in metri della fascia afitoica antropica e la lunghezza in metri dell'intero transecto (esclusa la fascia afitoica naturale)

n= numero delle tipologie vegetazionali

Nel caso in cui la fascia afitoica antropica occupi tutto il transecto (e quindi L e n sono = 0), si pone i=1.

Per come formulato, l'indice tende a crescere per transesti dove aumenta l'estensione lineare della fascia afitoica antropica.

La presenza tuttavia di una o più fitocenosi, anche quando di ridottissima estensione, lungo l'asse del transecto, ne attenua il valore assoluto.

CENSIMENTO FLORISTICO

L'indagine floristica ha portato complessivamente al censimento di 88 specie, 26 delle quali sono state rinvenute al di fuori delle aree di rilevamento fitosociologico (Tab. 1).

Tra le entità presenti, risultano degne di particolare attenzione *Ammophila littoralis* (Gouan) Parl., *Aster tripolium* L., *Euphorbia paralias* L., *Helichrysum stoechas* Moench., *Inula crithmoides* L., *Medicago marina*

L., *Nerium oleander* L., *Othanthus maritimus* (L.) Hoffm. et Link, *Periploca graeca* L., *Polygonum maritimum* L., *Pseudorlaya pumila* (L.) Grande, *Solidago litoralis* Savi, in quanto inserite nelle liste di attenzione della Regione Toscana (L.R. 56/00) (AA. VV., 2005).

INDAGINE VEGETAZIONALE

Le caratteristiche vegetazionali dell'area si possono

TABELLA 1

Elenco delle specie, in ordine alfabetico, rinvenute nell'area di studio (* al di fuori dei rilevamenti fitosociologici).
List of species, in alphabetical order, found in the study area (* outside of phytosociological releves).

<i>Ammophila littoralis</i> (Beauv.) Rothm	<i>Lagurus ovatus</i> L.
<i>Anthemis maritima</i> L.	<i>Medicago litoralis</i> Rohde
<i>Aster tripolium</i> L.*	<i>Medicago marina</i> L.
<i>Atriplex latifolia</i> Wahlenb.	<i>Nerium oleander</i> L.
<i>Avena sterilis</i> L.	<i>Ononis spinosa</i> L.
<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Hudson	<i>Orobanche</i> spp.
<i>Bolboschoenus maritimum</i> (L.) Palla	<i>Othanthus maritimus</i> (L.) Hoffm. et Link
<i>Briza maxima</i> L.	<i>Pancratium maritimum</i> L.
<i>Bromus madritensis</i> L.	<i>Parapholis strigosa</i> (Dumort) Hubbard
<i>Cakile maritima</i> Scop.	<i>Parietaria officinalis</i> L.
<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br. *	<i>Paspalum paspaloides</i> (Michx.) Scribner*
<i>Calystegia soldanella</i> (L.) R. Br.	<i>Periploca graeca</i> L.
<i>Catapodium rigidum</i> (L.) C.E.Hubb *	<i>Phillyrea angustifolia</i> L.
<i>Cenchrus incertus</i> Curtis*	<i>Phleum arenarium</i> L.
<i>Chrysanthemum segetum</i> L.*	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin*
<i>Coleostephus myconis</i> (L.) Cass.*	<i>Pinus pinaster</i> Aiton
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	<i>Pittosporum tobira</i> (Thunb.) Aiton*
<i>Crepis vesicaria</i> L.	<i>Plantago coronopus</i> L.
<i>Crithmum maritimum</i> L.	<i>Polygonum maritimum</i> L.*
<i>Cuscuta cesatiana</i> Bertol.*	<i>Populus nigra</i> L.
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Pseudorlaya pumila</i> (L.) Grande
<i>Dorychnium hirsutum</i> (L.) Ser.	<i>Quercus ilex</i> L.*
<i>Echinophora spinosa</i> L.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	<i>Rubia peregrina</i> L.*
<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Runemark ex Melderis	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott
<i>Erianthus ravennae</i> (L.) Beauv.	<i>Salsola kali</i> L.
<i>Eryngium maritimum</i> L.	<i>Schoenus nigricans</i> L.
<i>Euphorbia paralias</i> L.	<i>Silene colorata</i> Poir.
<i>Euphorbia peplis</i> L.*	<i>Silene otites</i> (L.) Wibel*
<i>Fumaria officinalis</i> L.*	<i>Smilax aspera</i> L.
<i>Geranium dissectum</i> L.	<i>Solanum nigrum</i> L.
<i>Glaucium flavum</i> Crantz*	<i>Solidago litoralis</i> Savi
<i>Hedera helix</i> L.	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill
<i>Helichrysum stoechas</i> (L.) Moench	<i>Spartina versicolor</i> Fabre
<i>Holoschoenus romanus</i> (L.) Fritsch*	<i>Spartium junceum</i> L.*
<i>Hordeum murinum</i> L.	<i>Sporobolus virginicus</i> Kunth
<i>Hypochaeris radicata</i> L.	<i>Tamarix africana</i> Poirret
<i>Inula crithmoides</i> L.	<i>Tamus communis</i> L.*
<i>Juncus acutus</i> L.	<i>Tribulus terrestris</i> L.*
<i>Juncus conglomeratus</i> L.*	<i>Trifolium arvense</i> L.*
<i>Juncus hybridus</i> Brot.	<i>Urospermum dalechampii</i> (L.) Schmidt
<i>Juncus litoralis</i> C.A.Meyer*	<i>Vulpia membranacea</i> (L.) Link.
<i>Juncus maritimus</i> L.	<i>Xanthium italicum</i> Moretti
<i>Juniperus oxycedrus</i> L. subsp. <i>macrocarpa</i> (Sib. et Smith) Ball	<i>Yucca gloriosa</i> L.*

evincere in maniera più dettagliata integrando i dati dei rilievi fitosociologici (Tabb. 2, 3, 4, 5, 6, 7) con le elaborazioni statistiche riassunte nel dendrogramma ottenuto dalla cluster analysis e nel grafico dell'Analisi delle Coordinate Principali.

Nel complesso è possibile individuare 6 gruppi principali di rilievi, entro cui possono essere successivamente distinte alcune varianti o subassociazioni (Fig. 4 A, B). Lo sviluppo del grappolo di cladidogrammi della cluster analysis (Fig. 4A) separa con sufficiente significatività le fitocenosi appartenenti rispettivamente

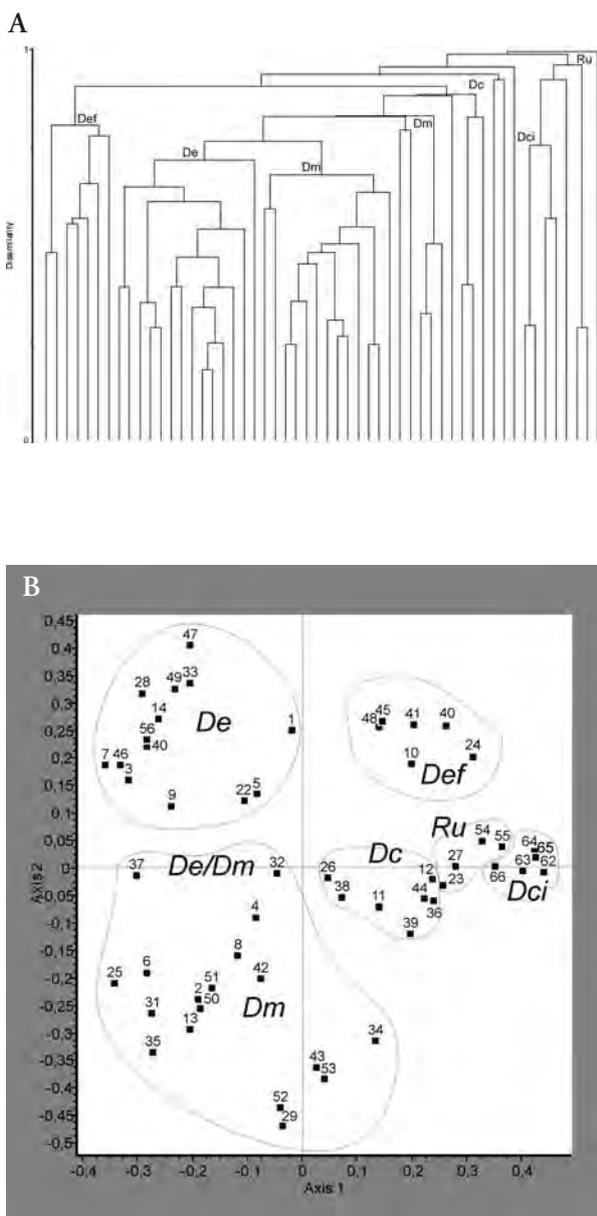


Fig. 4

Dendrogramma ottenuto dalla cluster analysis (A) e grafico dell'Analisi delle Coordinate Principali (B).

Cluster analysis (A) and graphic of Principal Coordinates Analysis (B).

alla duna effimera (Def), alla duna embrionale (De), alla duna consolidata interna (Dci) e alla retroduna (Ru), evidenziando invece una parziale disaggregazione dei dati relativi alla duna mobile (Dm) e alla duna consolidata (Dc). Tuttavia, dal grafico dell'analisi delle coordinate principali, emerge con maggiore chiarezza l'individuazione delle associazioni principali appartenenti ai diversi contesti dunali esaminati. L'aggregazione del gruppo di rilevamenti a sinistra del grafico, rilevati nelle tre tipologie dunali Dc, Dci, Ru, evidenzia con tutta probabilità una parziale commistione floristica derivata dallo stato di alterazione antropica delle stazioni rilevate. Dal punto di vista fitosociologico le tipologie vegetazionali, individuate e diversificate per localizzazione topografica, sono le seguenti:

DUNA EFFIMERA (DEF)

1 - *Salsolo kali-Cakiletum maritimae* Costa & Manz 1981 corr. Riv.-Mart. et al. 1992
1b - subass. *xanthetosum italicum*

DUNA EMBRIONALE (DE)

2 - *Echinophoro spinosae-Elymetum farcti* Gehu 1988
2b - var. a *Solidago litoralis*
2c - var. a *Sporobolus virginicus*

DUNA MOBILE (DM)

3 - *Echinophoro spinosae - Ammophiletum arundinaceae* Gehu, Rivas-Martinez, R.Tx 1992
3b - subass. *solidaginetosum litoralis*
3c - var. a *Sporobolus virginicus*

DUNA CONSOLIDATA (DC)

4 - *Asparago acutifolii-Juniperetum macrocarpa* (R. et R. Molinier 1955) De Bolos 1962

DEPRESSIONI RETRODUNALI (RU)

5 - *Schoeno nigricantis-Erianthetum ravennae* Pignatti 1953
5b - subass. *periplocetosum graecae* Vagge e Biondi 1999

DUNA CONSOLIDATA INTERNA (DCI)

6 - boscaglie a *Pinus pinaster*, *Eleagnus angustifolia*, *Phyllirea angustifolia* (*Quercetalia ilicis*)

Salsolo kali-Cakiletum maritimae (Tab. 2)

La fascia di arenile immediatamente successiva a quella afitoica, quando non disturbata, è prevalentemente colonizzata da comunità di terofite nitrofile e alotolleranti. Queste sono quasi esclusivamente rappresentate dall'associazione *Salsolo-Cakiletum*, con coperture rade, discontinue e spesso puntiformi, principalmente a causa delle operazioni stagionali di pulizia della spiaggia. Individuabile, seppure estremamente puntiforme, la subassociazione *xanthetosum italicum*. Limitate coperture monospecifiche di *Sporobolus virginicus*, determinano sopradicatamente un contatto con le comunità delle dune embrionali limitrofe.

TABELLA 2

Salsolo Kali-Cakiletum maritimae Costa et Manz. 1981, corr. Riv-Mart. *et al.*, 1992

Rilevamento	24	10	40	41	48	45
Superficie (m ²)	50	20	10	10	25	50
Copertura totale (%)	20	10	30	20	30	10
Numero di specie habitat	5	6	4	5	5	6
	Def	Def	Def	Def	Def	Def
Salsolo-Cakiletum						
<i>Cakile maritima</i> Scop.	1	+	2	+	+	+
<i>Salsola kali</i> L.	r	+	+	+	r	+
diff.subass. <i>xanthetosum italicum</i>						
<i>Xanthium italicum</i> Moretti	+	.	1	.	.	r
diff. variante a <i>Sporobolus virginicus</i> Kunth						
<i>Sporobolus virginicus</i> Kunth	.	.	.	.	2	.
trasgr. da <i>Ammophiletea</i>						
<i>Euphorbia paralias</i> L.	.	r	.	1	.	.
<i>Calystegia soldanella</i> (L.) R. Br.	.	1	.	.	.	r
<i>Echinophora spinosa</i> L.	.	.	.	.	+	.
<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Runemark ex Melderis	.	+	+	+	+	+
<i>Eryngium maritimum</i> L.	.	.	.	.	.	+
altre						
<i>Hordeum murinum</i> L.	r	.	.	.	.	.
<i>Lagurus ovatus</i> L.	+	.	.	.	.	.
<i>Atriplex latifolia</i> Wahlenb.	.	r	.	+	.	.

Echinophoro spinosae-Elytrigetum junceae (Tab. 3)

Sulle dune embrionali è rinvenibile l'associazione *Echinophoro spinosae-Elytrigetum junceae*. Questa comunità popola fasce prevalentemente assai limitate nello spessore anche se sempre presenti ove non sia intervenuto lo spianamento o lo scalzamento del sistema dunale per azione antropica. Ha coperture oscillanti dal 30 all'80 % e rileva l'abbondante presenza di *Eryngium maritimum*. Questa caratteristica, assieme alla presenza della variante a *Sporobolus vir-*

ginicus, specie che in questo contesto spesso penetra all'interno della duna embrionale sebbene con coperture di gran lunga inferiori a *Eryngium* e meno diffusa, sembra evidenziare come in altre aree litoranee tirreniche (VAGGE, BIONDI, 1999) una forte azione di disturbo e rimodellamento di questa porzione dunale, determinata in parte dal calpestio e, in misura maggiore, dalle periodiche ma costanti azioni di pulitura meccanica.

Echinophoro spinosae-Ammophiletum arundinaceae (Tab. 4)

L'associazione, pur con numerosi aspetti di variazione, è quella maggiormente rappresentata nel paesaggio dunale del Calambrone e va ad occupare prevalentemente la sommità della duna mobile e semi-stabile. Fisionomicamente caratterizzata da *Ammophila littoralis*, quando indisturbata raggiunge coperture ragguardevoli e quasi monospecifiche; tuttavia, appare spesso destrutturata dal calpestio e dall'attraversamento con una forte compenetrazione di *Eryngium maritimum* che, in qualche caso, assieme a *Echinophora spinosa*, mostra livelli di copertura assai elevati (Ril. 37). La costante presenza di *Solidago littoralis*, specie endemica delle spiagge pisane e versiliesi, permette l'individuazione della sub associazione *solidagetosum littoralis*. Sulla duna mobile è possibile rinvenire *Spartina versicolor* che in questo tratto costiero, differentemente dal litorale della Tenuta di San Rossore poco più a nord dove si rinviene abbondante (SANI, TOMEI, 2006), non è molto diffusa. Qui,

TABELLA 3

Echinophoro spinosae-Elytrigetum junceae Gehu 1988 corr. Gehu 1996

Rilevamento	1	5	22	47	28	49	33	30	14	56	46	7	9	3
Superficie (m ²)	25	30	40	50	50	50	25	25	50	100	100	30	30	25
Copertura totale (%)	80	80	30	20	70	50	50	50	70	70	50	80	80	50
Numero di specie habitat	7	13	7	6	6	5	7	7	9	9	9	7	9	10
	De	De	De	De	De	De	De	De	De	De	De	De	De	De
Echinophoro Elytrigetum														
<i>Echinophora spinosa</i> L.	.	.	.	.	+	+	+	1	+	1	3	2	+	2
<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Runemark ex Melderis	3	2	.	1	2	3	1	2	1	1	2	1	+	1
<i>Anthemis maritima</i> L.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
diff. variante a <i>Sporobolus virginicus</i> Kunth														
<i>Sporobolus virginicus</i> Kunth	.	.	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.
diff. variante a <i>Solidago littoralis</i> Savi														
<i>Solidago littoralis</i> Savi	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	+	+
trasgr. da <i>Cakiletea maritimae</i>														
<i>Cakile maritima</i> Scop.	+	.	+	1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+
<i>Xanthium italicum</i> Moretti	.	.	.	r	.	.	+	r	.	.	+	.	.	.
<i>Salsola kali</i> L.	+	.	.	.	.	.	r	.	r	.	.	.	.	.
Ammophilion, Ammophiletalia, Ammophiletea														
<i>Ammophila littoralis</i> (Beauv.) Roth.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	+
<i>Calystegia soldanella</i> (L.) R. Br.	1	+	+	.	.	.	.	.	.	1	+	.	+	+
<i>Eryngium maritimum</i> L.	.	+	1	2	3	1	1	1	3	2	3	3	3	1
<i>Euphorbia paralias</i> L.	1	+	.	.	+	.	.	+	.	1	.	.	.	+
<i>Medicago littoralis</i> Rohde	.	1	.	.	.	.	.	1	+	r	.	.	.	.
<i>Pancratium maritimum</i> L.	.	+	+	+	.	+	.	.	2	r	.	.	1	.
altre														
<i>Phleum arenarium</i> L.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	+	+	2
<i>Lagurus ovatus</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Inula chritmoides</i> L.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bromus madritensis</i> L.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Orobancha</i> spp.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.
<i>Silene colorata</i> Poir.	.	+	+	.	.	.	.	r	.	+	+	+	1	.
<i>Spartina versicolor</i> Fabre	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dorychnium hirsutum</i> (L.) Ser.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hypochaeris radicata</i> L.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+

TABELLA 4

Echinophoro spinosae- Ammophiletum arundinaceae Gehu, Rivas-Martinez et R. Tuxen 1972, in Gehu et al. 1984

Rilevamento	32	37	25	2	4	6	8	42	51	50	13	31	35	53	43	52	29	34
Superficie (m ²)	25	60	50	30	30	30	40	50	50	80	20	50	25	10	20	50	50	50
Copertura totale (%)	70	60	80	100	60	60	80	10	90	90	80	50	60	100	30	90	100	50
Numero di specie habitat	7	6	11	10	7	9	12	5	10	8	8	9	10	5	4	10	7	10
	De	De	Dm	Dm	Dm	Dm	Dm	Dm	Dm	Dm	Dm	Dm	Dm	Dm	Dm	Dm	Dm	Dm
<i>Echinophoro- Ammophiletum</i>																		
<i>Ammophila littoralis</i> (Beauv.) Roth.	+	1	1	4	2	3	1	1	3	4	2	3	3	2	2	2	4	1
<i>Anthemis maritima</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.
<i>Echinophora spinosa</i> L.	1	3	1	.	2	.	+	+	+	.	.	2	1	+	.	+	+	+
diff. subass. <i>solidaginetosum littoralis</i>																		
<i>Solidago littoralis</i> Savi	.	.	1	+	.	.	.	.	+	+	+	+	+	.	.	+	.	.
<i>Helichrysum stoechas</i> (L.) Moench	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
<i>Lagurus ovatus</i> L.	.	+	.	.	.	+	+	.	1	+	.	.	+	+	.	+	.	1
diff. variante a <i>Sporobolus virginicus</i> Kunth																		
<i>Sporobolus virginicus</i> Kunth	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
trasgr. da <i>Cakiletea maritima</i>																		
<i>Cakile maritima</i> Scop.	.	.	+	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Xanthium italicum</i> Moretti	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ammophilion, Ammophiletalia, Ammophiletea</i>																		
<i>Pancreatium maritimum</i> L.	4	.	.	.	.	.	1	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calystegia soldanella</i> (L.) R. Br.	+	r	+	+	+	+	+	+	+	r	+	+	+	.	3	+	+	+
<i>Euphorbia paralias</i> L.	.	+	2	1	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Crithmum maritimum</i> L.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	2	.	.	.	.	3	1	r
<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Runemark ex Melderis	+	.	r	1	.	1	+	+	1	.	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Eryngium maritimum</i> L.	.	3	r	+	2	1	1	+	+	1	1	1	1	.	.	+	.	.
<i>Medicago littoralis</i> Rohde	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.	.
altre																		
<i>Hypochaeris radicata</i> L.	.	.	.	+	+	+	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.	+	r
<i>Orobanche</i> spp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Bromus madritensis</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	.
<i>Crepis vesicaria</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phleum arenarium</i> L.	.	.	.	+	1	+	1	.	.	.	+	.	1	.	.	.	.	1
<i>Plantago coronopus</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	1	.
<i>Silene colorata</i> Poir.	+	.	.	.	+	+	+	.	+	+	.	1	+	.	+	+	+	+
<i>Spartina versicolor</i> Fabre	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Urospermum dalechampii</i> (L.) Schmidt	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Vulpia membranacea</i> (L.) Link.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

con coperture rade o puntiformi, si rinviene sporadicamente tra la duna embrionale e quella mobile, non evidenziando tuttavia caratteristiche dell'*Elymo farcti-spartinetum junceae* descritto per altri tratti del litorale tirrenico (VAGGE, BIONDI, 1999), o a cerniera tra le associazioni della duna mobile e quelle del retroduna umido. A contatto catenale con l'associazione *Echinophoro spinosae-Elytrigetum junceae*, ma sempre inseriti sulla sommità cacuminale della duna mobile, sono presenti popolamenti di *Anthemis maritima*, spesso compenetrati da *Ammophila*. Il rilevamento 32 evidenzia una possibile variante a *Pancreatium maritimum* L. Il rilevamento 34, caratterizzato da una elevata copertura a *Helichrysum stoechas*, risulta a contatto catenale con la vegetazione della duna consolidata e potrebbe indicare la presenza del *Crucianelletum maritima* Br.-Bl. (1921) 1933. La totale assenza di *Crucianella maritima* L., probabilmente dovuta alla latitudine eccessivamente settentrionale (VAGGE, BIONDI, 1999), e di altre specie caratteristiche dell'associazione o di altre associazioni ecologicamente comparabili, quali *Pycnomono-Crucianelletum* o *Pycnomono-Seseletum*, non ci consente di individuare l'associazione.

Asparago acutifolii-Juniperetum macrocarpae (Tab. 5) Nelle porzioni dunali consolidate più interne è individuabile l'associazione *Asparago acutifolii-Juniperetum macrocarpae*. Questa comunità, prevalentemente

collocata nelle porzioni maggiormente rilevate della duna, da luogo in questo contesto a popolamenti

TABELLA 5

Asparago acutifolii-Juniperetum macrocarpae (R.et. R. Molinier 1955) O. de Boldòs 1962 (in fase di evoluzione*)

Rilevamento	12	36	26*	38*	11*	39*	44*
Superficie (m ²)	100	10	50	25	15	50	15
Copertura totale (%)	90	50	70	60	50	70	50
Numero di specie habitat	6	8	9	6	8	7	7
	Dc	Dc	Dc	Dc	Dc	Dc	Dc
<i>Asparago acutifolii-Juniperetum macrocarpae</i>							
<i>Juniperus oxycedrus</i> L. subsp. <i>macrocarpa</i> (Sibth. et Smith) Ball	4	2	+	+	r	+	+
trasgr. da <i>Cakiletea maritima</i>							
<i>Cakile maritima</i> Scop.	.	.	.	.	+	.	.
trasgr. da <i>Ammophilion, Ammophiletalia, Ammophiletea</i>							
<i>Ammophila littoralis</i> (Beauv.) Roth.	.	.	.	.	+	.	+
<i>Anthemis maritima</i> L.	.	.	.	3	.	.	.
<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Runemark ex Melderis	.	.	.	.	.	+	.
<i>Medicago littoralis</i> Rohde	.	r	4	.	.	.	.
<i>Medicago marina</i> L.	.	2	.	.	.	.	.
<i>Oranthis maritimum</i> (L.) Hoffm. et Link	.	.	.	.	.	2	.
<i>Calystegia soldanella</i> (L.) R. Br.	.	.	r	.	.	1	.
<i>Crithmum maritimum</i> L.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Echinophora spinosa</i> L.	.	.	.	1	2	.	+
<i>Solidago littoralis</i> Savi	.	.	.	1	.	.	.
<i>Eryngium maritimum</i> L.	+	.	.	.	.	.	+
<i>Helichrysum stoechas</i> (L.) Moench	.	+	.	.	.	3	.
altre							
<i>Lagurus ovatus</i> L.	+	+	.	+	.	.	3
<i>Hypochaeris radicata</i> L.	+	.	.	.	.	+	.
<i>Phleum arenarium</i> L.	+	.	.	.	.	+	+
<i>Plantago coronopus</i> L.	.	+	r	.	.	.	.
<i>Pseudorhiza pumila</i> (L.) Grande	.	2	.	.	.	.	.
<i>Silene colorata</i> Poir.	.	1	1	.	.	+	1
<i>Spartina versicolor</i> Fabre	.	.	r	.	.	.	.
<i>Vulpia membranacea</i> (L.) Link.	+	.	.	.	.	.	3

assai frammentati, costituendo una copertura maggiormente uniforme solo nella fascia più interna a contatto e sovente compenetrata dalle boscaglie miste a *Pinus pinaster*.

A contatto catenale con *Echinophoro spinosae-Ammophiletum arundinaceae* è costituita prevalentemente da individui isolati o strettamente associati e separati da ampie radure, eminentemente ricoperte da comunità di *Helichrysum stoechas* (Ril. 39) o praterelli terofitici a *Vulpia membranacea* e *Lagurus ovatus* (Ril. 44). Questi potrebbero essere riferiti al *Sileno coloratae-Vulpietum membranaceae* Pignatti 1953, tipico delle dune di transizione; in questo contesto tuttavia, tali tipologie sembrano rappresentare più una serie dinamica del *Juniperetum* qui degradato dall'azione di un marcato disturbo antropico. Allo stesso modo in questa fascia è possibile rinvenire comunità puntiformi di *Otanthus maritimus* (Ril. 11) e *Medicago maritima* (Ril. 36) assai rarefatti lungo tutto il litorale di Calambrone.

Schoeno nigricantis-Erianthetum ravennae (Tab. 6)
Localizzata in un unico breve tratto discontinuo nella fascia dunale interna, l'associazione caratterizza episodiche depressioni che separano la duna consolidata dalla aree retrostanti. Le specie principali e caratteristiche dell'associazione sono *Erianthus ravennae* e *Shoenus nigricans* oltre ad una importante presenza di altre specie dell'*Holoschoenitalia* quale *Juncus acutus*; la frequente presenza di *Periploca graeca*,

TABELLA 6

Schoeno nigricantis-Erianthetum ravennae Pignatti 1953

Rilevamento	23	54	55	27
Superficie (m ²)	50	100	100	20
Copertura totale (%)	100	100	100	50
Numero di specie habitat	6	13	7	5
	Ru	Ru	Ru	Ru
<i>Schoeno nigricantis-Erianthetum ravennae</i>				
<i>Schoenus nigricans</i> L.	+	2	2	.
<i>Erianthus ravennae</i> (L.) Beauv.	.	2	3	r
diff. subass. <i>periplocetosum graecae</i>				
<i>Periploca graeca</i> L.	.	+	1	.
trasgr. da <i>Juncetalia</i>				
<i>Bolboschoenus maritimum</i> (L.) Palla	.	2	.	.
<i>Juncus acutus</i> L.	.	.	.	1
<i>Juncus hybridus</i> Brot.	.	.	.	1
<i>Juncus maritimus</i> L.	.	2	2	.
<i>Parapholis strigosa</i> (Dumort) Hubbard	.	.	.	2
<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Hudson	.	.	r	.
<i>Spartina versicolor</i> Fabre	5	+	.	.
<i>Inula chritmoides</i> L.	.	.	.	+
trasgr. da <i>Ammophiletea</i>				
<i>Medicago litoralis</i> Rohde	.	1	+	.
altre				
<i>Bromus madritensis</i> L.	+	.	.	.
<i>Calystegia soldanella</i> (L.) R. Br.	+	r	.	.
<i>Crepis vesicaria</i> L.	+	.	.	.
<i>Urospermum dalechampii</i> (L.) Schmidt	.	.	r	.
<i>Vulpia membranacea</i> (L.) Link.	.	+	.	.
<i>Silene colorata</i> Poir.	+	.	.	.
<i>Nerium oleander</i> L.	.	+	.	.
<i>Pinus pinaster</i> Aiton	.	r	.	.
<i>Populus nigra</i> L.	.	r	.	.
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	.	+	.	.

molto diffusa nelle aree forestali interne della Selva Pisana e qui elemento igrofilo residuale sopravvissuto alle trasformazioni antropiche, rivela la presenza della sub associazione *periplocetosum graecae*. Oltre a questo, è possibile rinvenire *Spartina versicolor* che da luogo ad un unico denso popolamento monospecifico (Ril. 23). Le caratteristiche di copertura e monospecificità lo fanno collocare, nel grafico PcoA, in una posizione distaccata dagli altri tre rilevamenti retrodunali e più a contatto con le associazioni della duna consolidata. Un'ulteriore particolarità, in questo contesto retrodunale, è data dalla presenza rilevante di *Parapholis strigosa* associata a *Juncus acutus* e *Juncus hybridus* che sembra suggerire una facies maggiormente alofila. A questo quadro descrittivo si aggiungono talvolta entità arboree, quali *Pinus pinaster*, *Populus nigra* e *Nerium oleander*, che evidenziano il carattere instabile dell'habitat ed elementi di una elevata degradazione.

Quercetalia ilicis (Tab. 7)

A contatto catenale con i popolamenti vegetali della duna consolidata si rinvengono, verso l'interno e ove le trasformazioni urbanistiche non siano intervenute in misura elevata, comunità arboree ed arbustive a *Pinus pinaster*, *Eleagnus angustifolia* e *Phyllirea angustifolia*. Queste vanno a formare prevalentemente una copertura assai densa, quasi priva di sottobosco e profondamente artificializzata.

TABELLA 7

Boscaglie antropizzate della duna interna (Quercetalia ilicis)

Rilevamento	62	63	64	65	66
Superficie (m ²)	50	100	50	100	25
Copertura totale (%)	100	100	80	80	100
Numero di specie habitat	7	10	12	7	4
	Dei	Dei	Dei	Dei	Dei
<i>Pinus pinaster</i> Aiton.	4	1	2	4	.
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	.	+	1	.	.
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	.	+	+	.	.
<i>Tamarix africana</i> Poir.	.	3	+	.	.
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	.	2	2	.	.
<i>Juniperus oxycedrus</i> L. subsp. <i>macrocarpa</i> (Sibth. et Smith) Ball	.	.	+	.	+
<i>Hordeum murinum</i> L.	.	.	.	1	.
<i>Hypochoeris radicata</i> L.	+	.	.	.	.
<i>Lagurus ovatus</i> L.	1	1	.	+	+
<i>Periploca graeca</i> L.	1	.	.	+	5
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	+	.	2	.	.
<i>Hedera helix</i> L.	1	+	.	.	.
<i>Smilax aspera</i> L.	3	+	.	2	.
<i>Parietaria officinalis</i> L.	.	+	.	+	.
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	.	.	r	.	.
<i>Rubia peregrina</i> L.	.	.	+	.	.
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	.	.	+	.	.
<i>Solanum nigrum</i> L.	.	.	.	r	.
<i>Geranium dissectum</i> L.	.	.	r	.	.
<i>Briza maxima</i> L.	.	+	.	.	r

FITOTOPOGRAFIA E ALTERAZIONE DEL SISTEMA DUNALE

La restituzione fotocartografica ha permesso la realizzazione di una ortofotocarta sperimentale degli ambienti dunali 1:5000, in cui viene riportata in pianta la fitotopografia dell'area in base alla morfologia dunale e alle fitocenosi caratteristiche (Fig. 5).

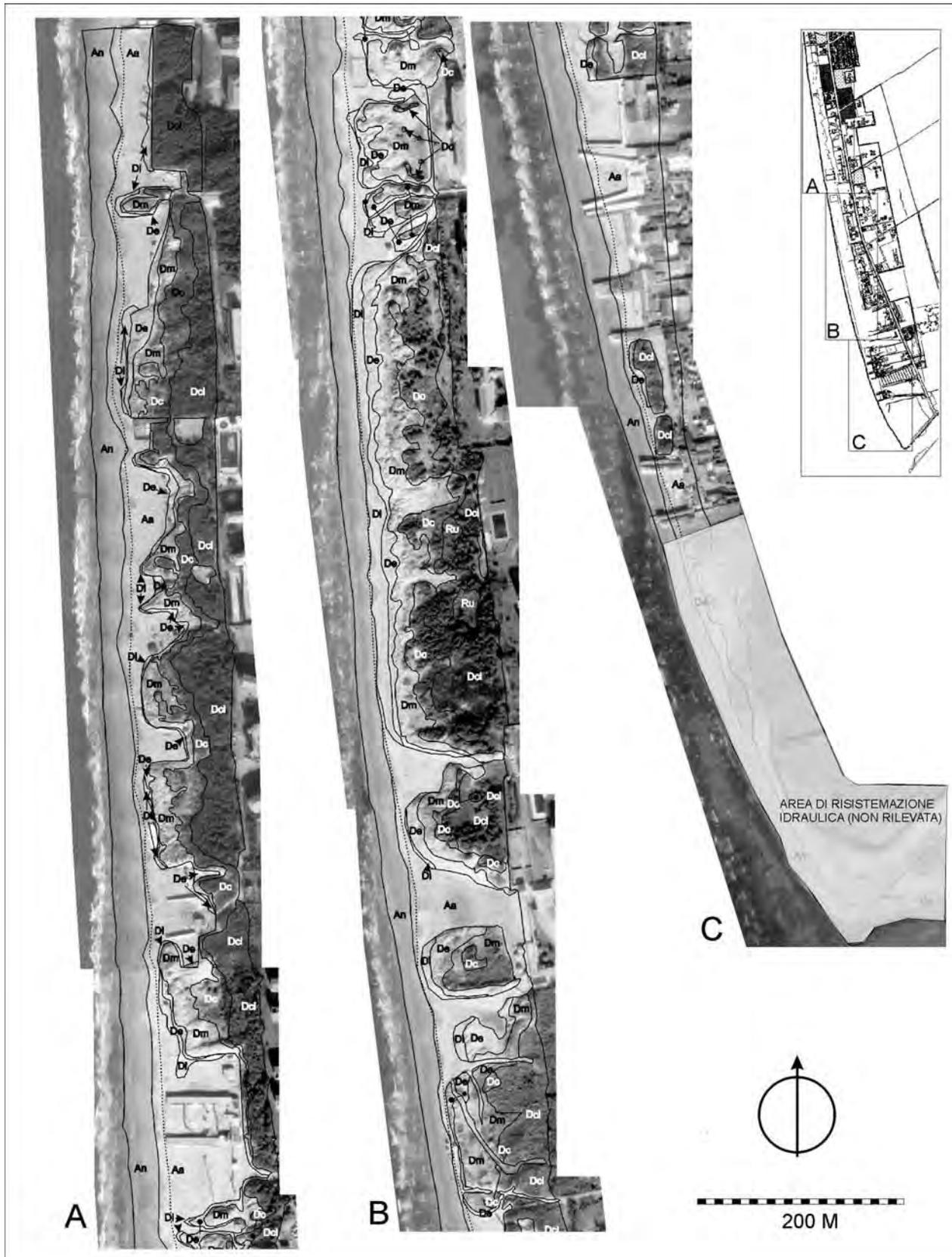


Fig. 5

Ortofotomappa delle tipologie dunali del litorale di Calambrone (An : fascia afitoica naturale; Aa: fascia afitoica antropica; Di: duna effimera; De: duna embrionale; Dm: duna mobile; Dc: duna consolidata; Dci: duna consolidata interna; Ru: retroduna umida. Orthophotomap of the coastal dune types of Calambrone (An: aphitoic natural belt; Aa: aphitoic antropic belt ; Di: inconsistent dune; De: embryonal dune; Dm: mobile dune, Dc: consolidated dune; Dci: internal consolidated dune; Ru: wet backdune.

Dalla sua lettura si evince l'elevata frammentazione e assottigliamento delle fitocenosi relative alla duna effimera e mobile, oltre ad ampi tratti completamente soppiantati dagli impianti di balneazione. Dalle analisi delle aerofoto, incrociate con i rilevamenti in campo, la copertura vegetale effettiva della fascia dunale, seppure nella sua naturale discontinuità, a fronte di un potenziale ricoprimento di ca. 27 ha non supera ca. 17 ha. Questo in quanto le superfici della restante porzione risultano completamente alterate o spianate dalle attività antropiche legate agli impianti di balneazione e, conseguentemente, afitoiche (Figg. 5, 6).

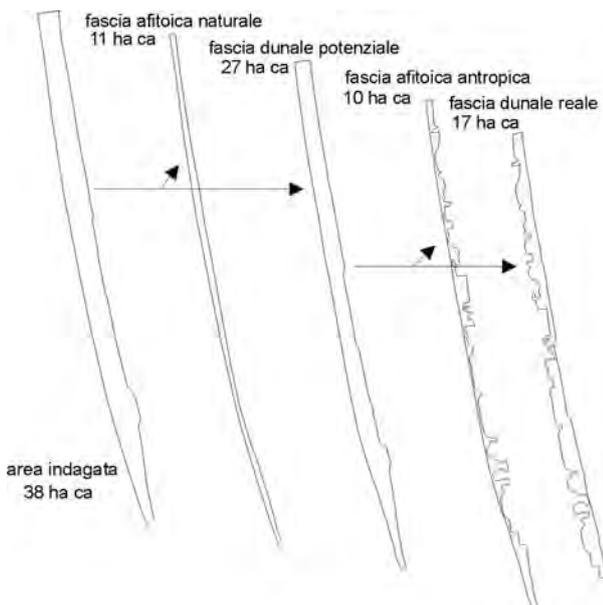


Fig. 6

Scomposizione del sistema dunale in superfici ad habitat diversificato.

Areas breakdown of dune system.

I valori di IPAD rivelano che, sebbene si assista alla scomparsa di circa un terzo della morfologia dunale naturale (cfr. Fig. 6), la presenza e il numero di associazioni vegetali, seppure in larga misura ridotte a superfici esigue o a sottili fasce contigue, attenuano il medesimo livello di alterazione (Fig. 7).

CONSIDERAZIONI FINALI

Lo studio del sistema dunale del litorale di Calambrone e dei popolamenti vegetali, oltre alla individuazione delle numerose entità floristiche presenti, forniscono un quadro aggiornato se non inedito degli habitat dunali del litorale pisano. Sebbene in alcuni tratti fortemente eroso dall'utilizzo turistico/ricreativo, il sistema dunale, dal punto di vista morfologico, sopravvive quasi interamente lungo tutto l'arenile dell'area indagata. Ad oggi le dune di Calambrone sembrano rappresentare, ad esclusione di pochi brevi tratti, l'unica porzione del litorale pisano in cui sopravvive la naturale zonazio-

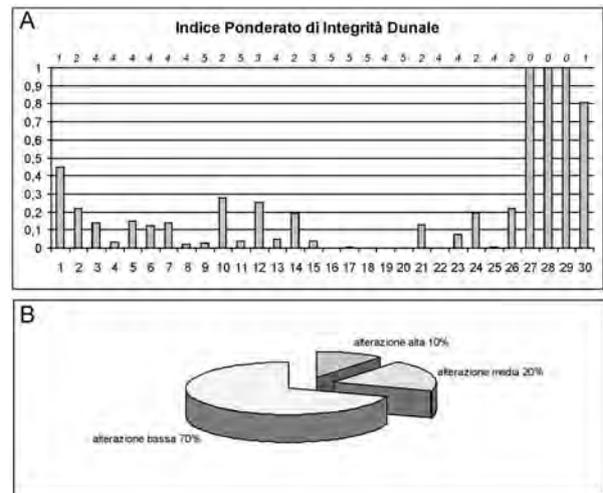


Fig. 7

IPAD del sistema dunale. (A) Valori dell'IPAD suddivisi per i trenta transect rilevati; in alto n° delle fitocenosi individuate per transect. (B) Scomposizione del grado di alterazione in percentuale per l'intero tratto di litorale considerato.

IPAD of dune system. (A) Values dell'IPAD by thirty transect recorded. In the top of the figure the n° of phytoceonosis identified per transect. (B) Breakdown of the degree of alteration in percentage for the entire stretch of studied coast.

ne morfologica delle spiagge tirreniche. Infatti, se si esaminano i dati presenti in letteratura relativi ad altri settori del litorale pisano, si rileva che, per motivi legati alle operazioni di smianamento postbelliche, per altri legati all'erosione marina, per altri ancora legati all'occupazione stabile di stabilimenti balneari e di edificazioni passate, non è più individuabile un sistema dunale conservato che mantenga ancora la sua naturale morfologia (ARRIGONI, 1990; AA. V.V., 1994, 2006; SANI, TOMEI, 2006; VECCHI, 2008).

Appare evidente come a questo quadro fisionomico sia correlato un contesto floristico-vegetazionale di grande interesse naturalistico. L'individuazione di numerose specie rare o localizzate di interesse regionale, altrove scomparse o rarefatte, assieme alla presenza delle associazioni fondamentali delle comunità psammofile in questo settore fitogeografico, ne determina la peculiarità e l'importanza.

Nel tratto studiato, nonostante siano presenti solo alcune delle associazioni riscontrate in settori tirrenici limitrofi (VAGGE, BIONDI, 1999; ACOSTA *et al.*, 2000; FILESI, ERCOLE, 2000) laddove permane la naturale morfologia dunale, si rileva quasi costantemente la zonazione del *Cakiletum-Eryngietum-Ammophiletum-Juniperetum*. Questa successione catenale di comunità è caratteristica delle aree dunali ancora conservate di quasi tutti i litorali sabbiosi della penisola e delle isole (BIONDI, 1999). Sebbene con estensioni discontinue e con innumerevoli forme più o meno pronunciate di alterazione antropica, questo tratto costiero rappresenta conseguentemente

un'area cui rivolgere la massima attenzione conservativa e gestionale.

Troppo evidente è infatti la relazione che lega l'alterazione del sistema dunale e la sopravvivenza delle comunità vegetali presenti alla fruizione balneare dell'area e alle differenti modalità in cui questa viene espletata, come evidenziato anche in altri contesti litorali tirrenici (ERCOLE *et al.*, 2007).

La misurazione del grado di alterazione dunale, a questo proposito, ci consente di evidenziare quanto siano gravemente compromissorie tutte quelle attività che hanno determinato, o che determinino ancora oggi, la persistenza o l'espansione della fascia afitoica antropica, soprattutto quando questa arrivi a contatto con la fascia oramai edificata interna.

In questo caso, la naturale capacità di resilienza degli habitat presenti, che si evidenzia nella permanenza seppure contratta e puntiforme di specie e comunità vegetali, non riesce più a consentire alcuna naturalità e capacità di ripresa morfologico/vegetazionale del sistema dunale.

SCHEMA SINTASSONOMICO

CAKILETEA MARITIMAE R. Tuxen et Preising 1950

Euphorbietalia peplis R. Tuxen 1950

Euphorbion peplis R. Tuxen 1950

Salsolo kali-Cakiletum maritimae Costa et Manz. corr. Rivas-Martinez et alii 1992 subass. *xanthiotosum italicum* Géhu et alii 1984

EUPHORBIO PARALIAE-AMMOPHILETEA AUSTRALIS J.M. e J.Géhu 1988

Ammophiletalia australis Br.-Bl.(1931) 1943 em. J.M. e J.Géhu 1988

Ammophilion australis Br.-Bl. (1931) 1932 em. J.M. e J.Géhu 1988

Echinophoro spinosae-Elytrigetum junceae Géhu 1988 corr. Géhu 1996

Echinophoro spinosae-Ammophiletum australis (Br.-Bl. 1921) Géhu, Rivas-Martinez e R.Tx. in Géhu 1975

subass. *solidaginetosum litoralis* Vagge e Biondi 1999

MOLINIO CAERULEAE-ARRHENATHERETA ELATIORIS Tuxen 1937

Holoschoenetalia Br.-Bl. ex Tchou 1948

Molinio-Holoschoenion Br.-Bl. Ex Tchou 1948

Schoeno nigricantis-Erianthetum ravennae Pignatti 1953 subass. *periplocetosum graecae* Vagge e Biondi 1999

QUERCETEA ILICIS Br.-Bl. ex A. e O.Bolos 1950

Quercetalia ilicis Br.-Bl. ex Molinier 1934 em. Rivas-Martinez 1975

Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni Rivas-Martinez 1975

Juniperon turbinatae Rivas-Martinez 1975 corr. 1987

Asparago acutifolii-Juniperetum macrocarpa (R. et R.Molinier 1955) ex O. de Bolos 1962 corr. Géhu et alii 1990

LETTERATURA CITATA

AA.VV., 1991 – *CORINE Biotopes Manual*. Commission European Communities, Luxembourg.

—, 1994 – *L'evoluzione e la dinamica del litorale prospiciente i bacini dell'Arno e del Serchio e i problemi di ero-*

sione della costa. Autorità Bacino Fiumi Arno e Serchio. Quaderni: 3. Felici Ed., Pisa.

—, 2005 – *La biodiversità in Toscana, specie ed habitat in pericolo* (Re.Na.To.) Regione Toscana, Firenze.

—, 2006 – *Comune di Pisa, Servizio Informativo Territoriale*. www.comune.pisa.it/doc/sit-pisa/

—, 2007 – *Interpretation Manual of European Union Habitats*. Eur 27; European Commission DG Environment. Nature and Biodiversity.

ACOSTA A., BLASI C., ESPOSITO S., STANISCI A., 2000 – *Analisi della vegetazione delle dune costiere del Lazio centro meridionale*. Inform. Bot. Ital., 32 (suppl. 1): 5-10.

ACOSTA A., CARRANZA M.L., IZZI C.F., 2005 – *Combining land cover mapping of coastal dunes with vegetation analysis*. Appl. Veg. Sci., 8(2): 133-138.

ARRIGONI P.V., 1990 – *Flora e vegetazione della Macchia Lucchese di Viareggio (Toscana)*. Webbia, 44(1): 1-62.

BIONDI E., 1999 – *Diversità fitocenotica degli ambienti umidi costieri italiani*. Atti XIII Conv. Gruppo Ecologia di Base "G. Gadio". Boll. Museo Civ. St. Nat. Venezia, 49 (suppl. 1): 39-105.

BRAUN-BLANQUET J., 1979 – *Fitosociologia. Base para el estudio de los comunidades vegetales*. Blume Ed., Madrid.

CARUEL T., 1860 – *Prodromo della Flora Toscana*. Le Monnier, Firenze.

CONTI F., ABBATE G., ALESSANDRINI A., BLASI C., 2005 – *An annotated Checklist of the Italian Vascular Flora*. Palombi Ed., Roma

CORTI R., 1955 – *Ricerche sulla vegetazione dell'Etruria. X. Aspetti geobotanici della selva costiera. La selva pisana a S. Rossore e l'importanza di questa formazione relitta per la storia della vegetazione mediterranea*. Nuovo Giorn. Bot. Ital., 62: 75-262.

ERCOLE C., ACOSTA A., BLASI C., 2007 – *Stato delle conoscenze e alterazioni indotte dal disturbo sulle fitocenosi delle coste sabbiose*. Fitosociologia, 44(1): 105-110.

FILESI L., ERCOLE S., 2000 – *Vegetazione e qualità ambientale del litorale di Montalto di Castro (Lazio settentrionale)*. Inform. Bot. Ital., 32 (suppl. 1): 63-69.

GARBARI F., 2000 – *La flora di San Rossore (Pisa) aggiornata al 1999*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem. Serie B, 107: 11-42.

GENTILINI G., 2001 – *Litoralis*. Ed. Offset grafica, Pisa.

PIETROBELLI M., BARDI S., 1996 – *Le aree libere costiere. Risultati del progetto WWF Italia "OLOFERNE", crociera 1996*. Vol. I. Doc. 48. WWF Italia, Roma.

PIGNATTI S., 1982 – *Flora d'Italia*. 3 voll. Edagricole, Bologna.

PODANI J., 2001 – *Syntax 2000 computer program for data analysis in ecology and systematrix*. Budapest.

RIVAS-MARTINEZ S., 2004 – *Global Bioclimatics*. <http://www.bioclimatics.org>

SANI A., TOMEI P.E., 2006 – *La vegetazione psammofila del litorale di San Rossore (Toscana settentrionale) e la sua importanza conservazionistica*. Parlatorea, VIII: 99-119.

SAVI G., 1798 – *Flora Pisana*. P. Giacomelli ed.

TOMEI P.E., BERTACCHI A., SANI A., CONSIGLIO M.O., 2004 – *La vegetazione della Tenuta di San Rossore. Note esplicative alla Carta della vegetazione di San Rossore 1:10.000*. Pacini Ed., Pisa.

VAGGE I., BIONDI I., 1999 – *La vegetazione delle coste sabbiose del Tirreno settentrionale italiano*. Fitosociologia, 36(2): 61-95.

VAGGE I., CORRADI N., FERRARI M., BALDUZZI I., MARIOTTI L.M., 2007 – *Aspetti vegetazionali e morfosedimentologici dei campi dunari di Platamona-Marrizta con particolare riguardo all'area di Marina di Sorso*

(*Sardegna settentrionale*). Fitosociologia, 44(1): 33-48.
VECCI L., 2008 – *Indagine geobotanica del litorale di Tirrenia (PI), ai fini della gestione del sistema dunale e retrodunale*. Tesi laurea. C.d.L. Sci. Agr., Curriculum “Gestione del territorio agro-forestale”. Fac. Agraria, Univ. Pisa.

RIASSUNTO - L'indagine riguarda il tratto di litorale pisano ricadente nella località Calambrone (Pisa) dove insiste un sistema dunale parzialmente sopravvissuto a fenomeni di erosione marina e alla pressione antropica. Lo studio ha comportato inizialmente il rilievo e la restituzione cartografica dell'assetto morfologico dell'intero sistema dunale e successivamente il censimento floristico su tutto il tratto del litorale sabbioso; a questo si sono sommati i rilievi fitosociologici e i rilievi lineari (*transect*), ortogonali alla linea di costa. Tutto ciò ha portato all'elaborazione, in ambiente GIS, di una ortofotocarta sperimentale degli ambienti dunali in cui sono riportate in pianta le associa-

zioni vegetali individuate e il livello di alterazione e/o di trasformazione del sistema dunale. I risultati hanno evidenziato un totale di 12 tra associazioni, subassociazioni, varianti e aggruppamenti vegetali, con un corteggio floristico complessivo di oltre 80 specie. Tra queste numerose [*Medicago marina* L., *Othanthus maritimus* (L.) Hoffm. et Link, *Pseudorhiza pumila* (L.) Grande, *Solidago litoralis* Savi etc.] sono inserite nelle liste di attenzione della Regione Toscana. L'incrocio dei dati rilevati ha sostanzialmente evidenziato una alterazione del sistema dunale e delle tipologie vegetazionali correlate, molto più elevata in coincidenza delle aree date in concessione per lo sfruttamento balneare che nelle superfici prospicienti le colonie marine siano esse già attive da tempo che in via di riattivazione. La misurazione del grado di alterazione dunale, attraverso l'elaborazione di un indice, ha evidenziato comunque la permanenza delle principali associazioni del litorale tirrenico settentrionale.

AUTORI

Andrea Bertacchi, Tiziana Lombardi, Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema, Laboratorio di Botanica e Geobotanica applicate, Università di Pisa, Via S. Michele degli Scalzi 2, 56124 Pisa; aber@agr.unipi.it
Gionata Bocci, LandLab, Scuola Superiore Sant'Anna, Piazza Martiri della Libertà 33, 56127 Pisa