



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



IL SISTEMA SPIAGGIA-DUNA DELLA PELOSA (STINTINO)

RICERCA MARINA



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

IL SISTEMA SPIAGGIA-DUNA DELLA PELOSA (STINTINO)

A cura di Saverio Devoti e Sergio Silenzi

Quaderni - Ricerca Marina 1/2010

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo Quaderno.

La Legge 133/2008 di conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 195 del 21 agosto 2008, ha istituito l'ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. L'ISPRA svolge le funzioni che erano proprie dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (ex APAT), dell'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (ex INFS) e dell'Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare (ex ICRAM).

La presente pubblicazione fa riferimento ad attività svolte in un periodo antecedente l'accorpamento delle tre Istituzioni e quindi riporta ancora, al suo interno, richiami e denominazioni relativi ai tre Enti soppressi.

ISPRA - Istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma
www.isprambiente.it

ISPRA, Quaderni - Ricerca Marina n. 1/2010

ISBN 978-88-448-0458-9

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto Copertina: Saverio Devoti

Coordinamento tipografico:

Daria Mazzella

ISPRA - Settore Editoria

Amministrazione:

Olimpia Girolamo

ISPRA - Settore Editoria

Distribuzione:

Michelina Porcarelli

ISPRA - Settore Editoria

Impaginazione e Stampa

Tipolitografia CSR - Via di Pietralata, 157 - 00158 Roma

Tel. 064182113 (r.a.) - Fax 064506671

Finito di stampare nel mese di Ottobre 2010

Questo Volume è stato realizzato nell'ambito dell'attività tecnoco-scientifica di una convenzione di ricerca stipulata tra l'ISPRA (ex ICRAM, CRA 15, Unità Cambiamenti Climatici Globali e Studi Costieri) ed il Comune di Stintino (SS).

La ricerca è stata affidata alla direzione scientifica di Sergio Silenzi¹ e Saverio Devoti¹. Attraverso specifiche convenzioni, hanno preso parte agli studi: Chiocchini O.¹, Parlagreco L.¹, Tomassetti P.¹, Amici I.², Amodio M.², Bovina G.², Callori Vignale C.², Di Gregorio F.³, Serreli A.³, Aminti P.⁴, Cappietti L.⁴, Mori E.⁴, Vannucchi V.⁴, Pranzini E.⁵, Simonetti D.⁵, Mazzoli C.⁶, Sassi R.⁶, Ginesu S.⁷, Rossi L.⁸

Come citare questo Volume:

Devoti S., Silenzi S., Amici I., Aminti P., Amodio M., Bovina G., Callori Vignale C., Cappietti L., Chiocchini O., Di Gregorio F., Ginesu S., Mazzoli C., Mori E., Parlagreco L., Pranzini E., Rossi L., Sassi R., Serreli A., Simonetti D., Tomassetti P., Vannucchi V., [2010] - Il sistema spiaggia-duna della Pelosa (Stintino). ISPRA, Quaderno X/2010, Ed. S. Devoti e S. Silenzi, pp. 288.

Gli Autori desiderano ringraziare:

Il Comune di Stintino: A. Diana (Sindaco), D. Foddai, G. Galleri, A. Mariani (Assessore all'Ambiente), G. Spanedda (Responsabile del Servizio Tecnico Comunale), i Funzionari e gli Operai del Comune.

ISPRA: E. Caruso, P. Giordano, G. La Mesa, M. Matiddi, D. Vani.

¹ ISPRA, Unità Cambiamenti Climatici Globali e Studi Costieri

² S.A. Geosphera

³ Università degli Studi di Cagliari, CINSIA - Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali

⁴ Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

⁵ Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra

⁶ Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Geoscienze

⁷ Università degli Studi di Sassari, Dipartimento di Botanica ed Ecologia Vegetale

⁸ Geocoste s.n.c.



In un periodo fortemente condizionato dalla televisione, la pubblicazione di un libro è un momento straordinario, nel caso di questo, pubblicato a cura dell'ISPRA, per Stintino e i suoi abitanti l'occasione è ancora più importante.

Il tema trattato riguarda la spiaggia della Pelosa, luogo rappresentativo di Stintino, e fonte di bellissimi ricordi che riportano a quando da piccolo con i compagni si correva lungo la spiaggia deserta e in lontananza si scorgeva un ombrellone.

Luogo diventato ormai biglietto da visita per la Sardegna e per l'Italia nel mondo.

L'occasione è buona per far conoscere in poche righe quella che è stata la storia straordinaria di Stintino, storia di sacrifici ma anche di grandi soddisfazioni, era il 1885 quando le famiglie che popolavano l'Isola Asinara dovettero abbandonarla perchè il Governo Italiano aveva deciso di insediare sull'isola un lazzaretto di quarantena internazionale marittima ed una colonia penale agricola.

45 Famiglie non si vollero allontanare dalla terra ove avevano lasciato le proprie case e i propri defunti, si fermarono sulle coste della Sardegna in vista dell'Asinara, qui costruirono il loro futuro, proseguendo nella attività di pesca e imparando grazie alla presenza attiva di una tonnara, l'arte della caccia al tonno, si adattarono ai vari mestieri legati alla tonnara ed alla lavorazione del tonno e impararono a costruire imbarcazioni.

Questa Amministrazione consapevole della necessità di provvedere alla salvaguardia della spiaggia, da alcuni anni ha stretto con l'ISPRA una importante collaborazione per la elaborazione di un Progetto per lo studio, la salvaguardia ed il recupero ambientale delle risorse paesaggistiche e lo sviluppo del turismo sostenibile del tratto di mare comprendente la spiaggia della Pelosa.

Sono state così realizzate basilari opere di protezione, modificando l'accesso alla spiaggia, con un sistema di passerelle in legno e con la installazione di barriere atte a consentire il deposito della sabbia.

Il Sindaco
Antonio DIANA

INDICE

1. Introduzione	p. 11
1.1 Obiettivi dello studio	p. 13
1.2 Struttura del rapporto	p. 15
1.3 Gruppo di Lavoro	p. 16
2. Evoluzione del tratto costiero della Sardegna Nord Occidentale	p. 19
2.1 Breve inquadramento fisiografico	p. 19
2.2 Metodologia di studio	p. 23
2.3 Inquadramento dell'area	p. 23
2.3.1 Caratteristiche geolitologiche	p. 23
2.3.2 Lineamenti geomorfologici	p. 25
2.4 Campionamenti ed analisi di laboratorio	p. 30
2.5 Evoluzione geomorfologica	p. 33
2.6 Conclusioni	p. 34
2.7 Bibliografia	p. 35
3. Studio della dinamica morfologica e sedimentaria ai fini dell'impostazione di interventi di riequilibrio	p. 37
3.1 Introduzione	p. 37
3.2 Evoluzione della linea di riva	p. 37
3.2.1 Materiali e metodi	p. 37
3.3 Caratterizzazione dei sedimenti	p. 41
3.3.1 Materiali e metodi	p. 41
3.3.2 Dimensioni medie dei sedimenti	p. 43
3.3.3 Classazione dei sedimenti	p. 45
3.3.4 Dimensioni del primo percentile	p. 45
3.3.5 Flussi sedimentari	p. 47
3.3.6 Cluster analysis	p. 49
3.4 Analisi della compatibilità cromatica delle sabbie per la ricostituzione della duna e della spiaggia	p. 51
3.4.1 Premessa	p. 51
3.4.2 Metodologia	p. 53
3.4.3 Risultati	p. 55
3.5 Bibliografia	p. 59
4. Determinazione della composizione mineralogico-petrografica dei depositi attuali	p. 61
4.1 Premessa	p. 61
4.2 Risultati e discussione	p. 61
5. Interventi di ripristino e conservazione della duna	p. 65
5.1 Analisi dell'evoluzione morfo-topografica del sistema duna-spiaggia	p. 66

5.1.1 Osservazioni relative al bilancio di sabbia	p. 67
5.1.2 Stato degli interventi di protezione dunale	p. 72
5.2 Osservazioni sulla funzionalità delle opere frangivento	p. 74
6. Caratteri vegetazionali del sistema spiaggia - duna	p. 77
6.1 Materiali e metodi	p. 77
6.2 Caratteristiche climatiche	p. 77
6.3 Descrizione della vegetazione	p. 80
6.4 Aspetti floristici	p. 92
6.5 Schema sintassonomico	p. 92
6.6 Transetti vegetazionali	p. 93
6.7 Conclusioni	p. 93
6.8 Bibliografia	p. 94
7. Attività sperimentale di eliminazione controllata di <i>Carpobrotus acinaciformis</i>	p. 97
7.1 Introduzione	p. 97
7.2 Presenza di <i>Carpobrotus acinaciformis</i> sulla duna della Pelosa	p. 98
7.2.1 Consistenza e problematiche	p. 98
7.2.2 Sperimentazione di estirpazione controllata su parcelle campione	p. 99
7.3 Bibliografia	p. 104
8. Valutazione della <i>carrying capacity</i>	p. 105
8.1 Obiettivi e metodo	p. 105
8.2 I dati di riferimento per l'analisi spaziale e la rappresentazione	p. 106
8.3 Tourism Carrying Capacity Assessment (TCCA)	p. 106
8.3.1 Analisi degli aspetti geoambientali	p. 109
8.3.1.1 Analisi fisica e morfometrica dell'ambiente emerso	p. 111
8.3.1.2 La dinamica geomorfologica della linea di riva	p. 113
8.3.1.3 Analisi fisica e morfometrica dell'ambiente sommerso	p. 114
8.3.2 Analisi degli aspetti ecologici ambientali	p. 115
8.3.2.1 Valenze naturalistiche e paesaggistiche dell'area vasta	p. 115
8.3.2.2 La copertura vegetale e dell'uso del suolo	p. 117
8.3.2.3 Il degrado morfologico e vegetazionale della duna	p. 118
8.4 Analisi degli aspetti socio demografici	p. 119
8.4.1 Metodologie di indagine	p. 119
8.4.2 Analisi dei dati conseguiti dall'elaborazione delle schede intervista	p. 124
8.5 Metodologia di valutazione del carico effettivo sulla spiaggia	p. 135
8.5.1 Analisi aerofotointerpretativa	p. 137
8.5.2 Interpretazione e valutazione delle risposte al questionario	p. 137
8.5.3 Valutazione del carico effettivo sulla spiaggia e delle superfici utili	p. 138
8.5.4 Stima dello spazio minimo indispensabile per bagnante	p. 139
8.6 Risultati della valutazione della <i>carrying capacity</i> della spiaggia della Pelosa	p. 140

8.7 Considerazioni conclusive	p. 142
8.8 Bibliografia	p. 144
9. Analisi dei dati meteomarini	p. 145
9.1 Premessa	p. 145
9.2 Dati utilizzati	p. 145
9.3 Analisi dei dati nei periodi di monitoraggio	p. 147
9.4 Conclusioni dell'analisi dei dati	p. 159
9.5 Studio preliminare su modello numerico	p. 160
9.6 Impostazione metodologica dello studio	p. 161
9.6.1 Onda di prova	p. 161
9.7 Analisi dei risultati delle simulazioni	p. 162
9.8 Conclusioni	p. 166
10. Sintesi dei risultati	p. 169
10.1 Introduzione	p. 169
10.2 Dinamica morfologica e sedimentaria della spiaggia	p. 169
10.2.1 Analisi delle linee di riva	p. 169
10.2.2 Analisi tessiturale	p. 172
10.2.3 Flussi sedimentari	p. 172
10.2.4 Analisi dei dati meteo marini	p. 173
10.2.5 Analisi petrografica e verifica della compatibilità cromatica	p. 174
10.3 Sistema dunale	p. 175
10.3.1 Analisi dello stato vegetazionale	p. 178
10.3.2 Tutela della biodiversità vegetale	p. 179
10.4 Valutazione della <i>carrying capacity</i>	p. 180
10.5 Considerazioni sul futuro della Pelosa	p. 182
Allegato 1 - Analisi granulometriche	p. 183
Allegato 2 - Atlante fotografico	p. 215
Allegato 3 - Elenco floristico	p. 227
Allegato 4 - Carta Vegetazionale	p. 231
Appendice 1 - Quadro normativo di riferimento per la tutela ambientale del tratto costiero comprendente la spiaggia della Pelosa, Stintino	p. 235
Appendice 2 - Vademecum per la manutenzione, la fruizione ed il mantenimento del decoro della spiaggia e dell'apparato dunale della Pelosa	p. 279

1. INTRODUZIONE

Il notevole pregio paesistico del litorale di Stintino è noto in tutto il mondo grazie all'alternanza di paesaggi ed ambienti diversi ed unici.

Spiagge basse e sabbiose, falesie e promontori, rias, isole ed isolotti, campi di dune e laghi costieri, praterie di *Posidonia oceanica* e fondali ricchi di pesci e cetacei sono, infatti, elementi presenti e fruibili del paesaggio stintinese.

In particolare, la spiaggia della Pelosa con i suoi cordoni di dune, oggi in gran parte alterati, la sabbia chiara e la vista che affaccia sul parco naturale dell'Isola dell'Asinara, costituisce un'attrazione permanente per migliaia di turisti e cultori del mare (Figura 1.1).

Il turismo, nei suoi molteplici aspetti, è divenuto nel tempo una delle risorse primaria dell'economia locale; anche in questo caso la spiaggia delle Pelosa ha costituito il volano dello sviluppo alberghiero e ricettivo (seconde case, stabilimenti balneari, attività commerciali) e di organizzazione territoriale (strade, parcheggi). Il concentrarsi delle attività e delle presenze nella stagione estiva ha però alterato i residui sistemi dunali e la vegetazione che vi trovava dimora, compromettendo



Figura 1.1 - Una panoramica sulla Torre della Pelosa (a sinistra) e l'Isola dell'Asinara aiuta a comprendere l'attrazione paesaggistica offerta al turista nell'attraversare le dune della Pelosa.

l'equilibrio ambientale. A ciò si è unito il dissesto connesso al depauperamento delle risorse ambientali.

Il Comune e la comunità civile ad esso afferente sente, in tal senso, sempre più pressante l'esigenza di definire un uso appropriato della fascia costiera, da perseguire attraverso la tutela e la valorizzazione delle caratteristiche ambientali e naturalistiche del litorale della Pelosa.

Questo percorso, che ha come fine la salvaguardia ambientale, la prevenzione dei dissesti idrogeologici e l'espansione delle attività produttive che si avvalgono dell'uso del mare e della costa, non può prescindere da un nuovo orientamento degli strumenti urbanistici già esistenti; obiettivo prioritario della nuova fase di progettazione ambientale è e sarà eliminare o mitigare le situazioni di compromissione o sovrasfruttamento dell'ambiente costiero.

A tal fine il Comune di Stintino ha intrapreso sin dal 2005, inizialmente con le proprie forze e poi supportato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, coerentemente con le necessità che si sono nel tempo evidenziate in termini di conservazione e tutela della costa, di gestione integrata della fascia costiera, di piano urbanistico comunale, di prevenzione del rischio idrogeologico e di recupero dei dissesti esistenti, un percorso conoscitivo dello stato dell'ambiente che ha portato a primi importanti interventi di salvaguardia del proprio litorale.

Attraverso l'ausilio dell'ISPRA ex ICRAM, che ha coordinato ricercatori e professionisti afferenti a diverse realtà d'eccellenza operanti nel campo costiero, il Comune ha iniziato la raccolta degli elementi scientifici e conoscitivi per definire le dinamiche naturali in atto.

Sulla base delle competenze attribuite dalle norme vigenti e nell'ambito della propria autonomia scientifica, l'ISPRA ex ICRAM nel periodo 2005 - 2007 ha svolto per il Comune di Stintino attività di ricerca scientifica, di sperimentazione e di supporto tecnico finalizzate all'analisi dello stato ambientale del sistema duna-spiaggia della Pelosa. Dal 2008 gli studi si sono concentrati sulla prevenzione del rischio idrogeologico ed il recupero del dissesto esistente.

Le ricerche effettuate hanno permesso di individuare i principali meccanismi di degrado reale e potenziale della duna e della spiaggia, sia di origine naturale sia antropica. Inoltre, sono stati forniti gli elementi scientifici poi utilizzati dal Comune di Stintino per la progettazione di interventi di protezione del sistema nonché delle linee di indirizzo necessarie per l'uso durevole dell'ecosistema e la manutenzione dello stesso. Molte delle realizzazioni che i fruitori e gli osservatori possono cogliere nei nuovi elementi del paesaggio hanno avuto un duplice scopo: supportare la ripresa del sistema naturale ma anche educare alla sua salvaguardia. Ad esempio, il prolungamento operato dal Comune di Stintino delle opere di protezione della duna anche a settori rocciosi e la realizzazione di un numero di passerelle significativo ha avuto e sta avendo una fondamentale funzione dissuasiva ed educativa alla corretta fruizione del bene spiaggia. Questo approccio è fondamentale in quanto il primo protettore della natura è l'uomo, anche in vacanza, e la sua "formazione" culturale attraverso l'evidenza paesaggistica di un corretto uso del bene è fondamentale sia nell'immediato, ovvero nell'uso del bene, sia nel futuro, ovvero nel supportare, condividere e favorire le giuste politiche di gestione della fascia costiera.

È utile evidenziare che i risultati presentati in questo rapporto sono il prodotto di un approccio multidisciplinare che ha coinvolto le scienze geologiche, biologiche,

l'ingegneria naturalistica e idraulica e la modellistica numerica. Tali risultati sono stati possibili grazie al coinvolgimento nelle attività di ricerca di una moltitudine di Istituti, Università, Studi Associati e Società.

1.1 - Obiettivi dello studio

I sistemi spiaggia-duna sono ambienti altamente dinamici, in continua evoluzione per estensione e forma. I fattori naturali quali il vento, le onde, le correnti, l'apporto sedimentario, e le attività umane, come l'uso del suolo e la pressione turistica, definiscono l'evoluzione del sistema. In gran parte dei casi la natura e l'estensione degli habitat dunali e della spiaggia è direttamente dipendente dal bilanciamento di questi fattori, solo alcuni dei quali possono essere controllati da interventi di gestione.

La gestione di un sistema costiero è strettamente legata alla cognizione della risorsa naturale come un bene esauribile; ogni iniziativa finalizzata ad aumentarne la qualità in termini di fruizione turistica deve essere bilanciata con la possibilità che il bene si depauperi, seppure progressivamente, in modo irreversibile e, di conseguenza, possa diminuire la qualità ambientale e l'attrattiva generata dallo scenario naturale. Tale condizione deve essere attentamente presa in carico dagli amministratori per scongiurare una condizione di irreversibilità del sistema.

La spiaggia della Pelosa costituisce un elemento di attrazione turistica di elevato valore per l'economia del Comune di Stintino; ciò ha stimolato lo sviluppo di un approccio scientifico delle attività di salvaguardia in stretta sinergia con le esigenze gestionali dell'amministrazione comunale.

Questo, sin dall'inizio, ha orientato i ricercatori a tentare di capire quali strategie naturali e non invasive potessero supportare la sostenibilità ambientale di un settore così specifico. Il quinquennio di ricerche e l'approccio multidisciplinare sono serviti a comprendere come aiutare il sistema a riequilibrarsi da solo, prima ancora di programmare interventi esterni riducendo questi ultimi al minimo. Ciò è possibile solo attraverso l'attenta comprensione delle dinamiche naturali su più archi stagionali, capaci di rappresentare e comprendere le variabilità e/o ciclicità di diverso periodo.

La quasi totale mancanza di dati pregressi, sia di tipo tecnico (ad esempio una topografia di dettaglio delle dune e la presenza di una rete di capisaldi utile al monitoraggio della loro evoluzione morfologica), sia di tipo scientifico (ad esempio dati sulla dinamica del trasporto solido costiero), ha necessitato di un notevole lavoro iniziale atto al reperimento di tutte quelle informazioni imprescindibili per comprendere la reale tendenza evolutiva della costa ed attuare opportune strategie di difesa. Gli studi effettuati sono stati così articolati in tre principali aree tematiche: studi di base; azioni di difesa; attività di monitoraggio e controllo per il miglioramento delle strategie d'intervento (Figura 1.2).

In particolare, gli studi di base sono stati finalizzati alla caratterizzazione dello stato ambientale del sistema dunare e della spiaggia emersa e sommersa, del contesto geologico e morfodinamico in cui la spiaggia si inserisce, alla creazione di un modello 3D del sistema spiaggia-duna per quantificare, in termini areali e volumetrici, il bilancio dello stock sedimentario, alla realizzazione di carte sedimentologiche per il monitoraggio della dinamica sedimentaria, alla caratterizzazione minero-

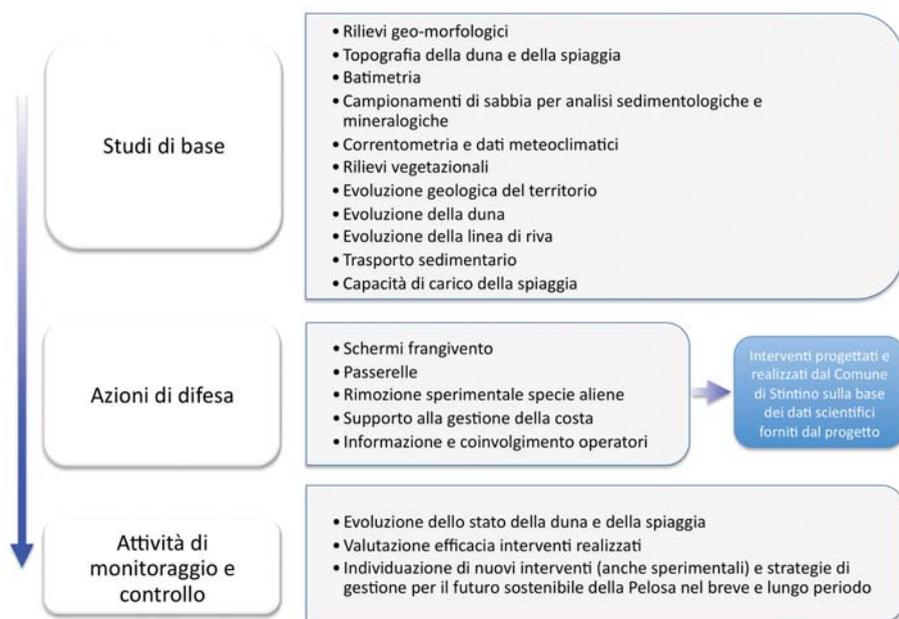


Figura 1.2 - Schema sintetico del percorso metodologico seguito dal progetto.

petrografica dei sedimenti di spiaggia anche per la comprensione dell'origine delle sabbie che costituiscono le varie porzioni costiere emerse e sommerse, allo studio diacronico delle linee di riva, attraverso la ricerca e l'acquisizione digitale di immagini aeree e da satellite e loro elaborazione nonché attraverso campagne di misurazione diretta, alla comprensione delle dinamiche di trasporto e alla loro connessione con il moto ondoso e le correnti, alla valutazione della capacità di carico della spiaggia, ovvero alla definizione delle caratteristiche ottimali per la fruizione e lo sviluppo del turismo compatibile con le istanze ambientali.

La prima fase degli studi di base (qui non presentata) ha permesso di supportare la progettazione da parte del Comune d'interventi volti a ridurre il deficit sedimentario, come la realizzazione di passerelle di accesso alla spiaggia e di opere di protezione non invasive del piede della duna. Parallelamente alla pianificazione ed allo sviluppo delle opere di difesa e recupero, la complessità del sistema naturale in oggetto tuttora necessita di un monitoraggio dell'efficacia delle soluzioni proposte e di quelle già attuate, permettendo così il loro adeguamento e la loro calibrazione in risposta alle dinamiche evolutive in atto.

Vale la pena evidenziare che molti dei rilievi e dei dati che hanno portato alle conclusioni contenute in questo volume sono stati realizzati attraverso l'impiego di strumenti (solo per citarne alcuni: stazioni meteo, correntometri, GPS-RTK, Laser Scanner, Single Beam e Side Scan Sonar) e software sofisticati che hanno richiesto l'intervento di tecnici e ricercatori altamente specializzati, il cui costo complessivo avrebbe di gran lunga superato le economie del progetto. In tal senso, l'investimento nella conoscenza che ha visto il contributo tecnologico ed intellettuale di tutti gli attori, non ha avuto solo l'obiettivo di produrre le risposte necessarie al contesto specifico, ma ha anche permesso quello sviluppo di coscienza tecnologica necessaria alla comprensione delle problematiche affini e future e, quindi, ha consentito

la creazione di un gruppo di lavoro capace di risolvere problematiche omologhe in contesti diversi. In altre parole, i progetti su Stintino hanno contribuito, per quanto possibile, alla capacità della ricerca di essere di supporto allo sviluppo del territorio, cioè di costituire fattivamente quella che dovrebbe essere la base di ogni studio "applicativo": la conoscenza scientifica delle dinamiche in gioco. In altri termini, la Ricerca.

1.2 - Struttura del rapporto

Questo rapporto fornisce una sintesi delle recenti ricerche intraprese sul sistema costiero della spiaggia della Pelosa per comprenderne le dinamiche geomorfologiche e sedimentarie, nonché per identificare le potenziali strategie e tecniche che possono essere utilizzate per far fronte alla gestione di tale sistema. Alcune delle soluzioni suggerite sono state messe in atto con la precedente fase degli studi (iniziata nel 2005) ed hanno riguardato la realizzazione di passerelle di accesso alla spiaggia e di barriere frangivento; queste ultime hanno assolto la duplice funzione di protezione e ripristino dell'accumulo sedimentario sulla duna e di dissuasione al calpestio della duna da parte dei fruitori della spiaggia.

Le ricerche intraprese dal 2006 hanno avuto lo scopo di monitorare gli effetti delle opere di ripristino della duna e nello stesso tempo di allargare l'obiettivo di indagine alla spiaggia sommersa, per comprendere le dinamiche sedimentarie che definiscono la presenza della spiaggia stessa.

L'organizzazione del presente rapporto si basa sulla riduzione integrata dei differenti contributi che le realtà universitarie e tecniche coinvolte hanno fornito per la comprensione di questo peculiare sistema morfologico nell'ambito degli studi effettuati fra il 2008 e il 2009; a questi studi sono stati aggiunti, ove possibile, i dati relativi al 2010, ovvero quelle informazioni supplementari acquisite durante la stesura del Volume.

In particolare il testo è organizzato in otto principali tematiche. Nel Capitolo 2 si fornisce una sintesi delle conoscenze geomorfologiche di tutto il sistema della Nurra settentrionale, che sono necessarie alla comprensione dell'origine delle strutture sedimentarie in studio.

Il Capitolo 3 si propone di analizzare l'evoluzione morfologica di questa spiaggia e la dinamica dei sedimenti che la costituiscono, nel tentativo di comprendere le cause prime dell'erosione.

La quarta sezione si prefigge di definire la composizione mineralogico-petrografica dei depositi attuali della spiaggia della Pelosa, al fine di stabilire la genesi delle sabbie presenti.

Il quinto capitolo descrive la metodologia e i risultati ottenuti dall'azione di monitoraggio topografico e dall'analisi dello stato ambientale del sistema dunare, con particolare riguardo agli effetti che hanno avuto le opere di ripristino morfologico realizzate.

Nel sesto capitolo vengono descritti i caratteri vegetazionali del sistema spiaggia - duna come elemento conoscitivo utile alla definizione del processo di recupero del sistema dunare.

Nel successivo capitolo, in relazione all'attività di sperimentazione di eliminazione controllata di *Carpobrotus acinaciformis*, specie aliena naturalizzata in grado di

competere e ostacolare fortemente la presenza delle specie autoctone, viene descritta la metodologia utilizzata e lo scopo di tale sperimentazione.

Il capitolo otto prende in considerazione il problema gestionale dell'elevata frequentazione turistica della spiaggia. In particolare viene descritto il metodo utilizzato per giungere ad una quantificazione della capacità di carico del sistema e presentato un confronto dei risultati ottenuti.

Il capitolo nove analizza i dati correntometrici delle due campagne di monitoraggio effettuate nel 2008 e 2009 che, integrati con altri dati relativi a onde, vento, e livello idrometrico permettono di definire il clima meteomarinico nel periodo di acquisizione del correntometro. Inoltre, vengono riportate alcune simulazioni effettuate con modello a due dimensioni per definire l'influenza della propagazione dell'onda e delle correnti sui fondali antistanti la spiaggia.

Infine, il capitolo dieci sintetizza i principali risultati ottenuti nella comprensione della dinamica morfologica e sedimentaria della spiaggia e del sistema dunale, nella valutazione della *carrying capacity* e le principali considerazioni sul futuro della Pelosa. Nell'Appendice 1 viene riportato, come nota conoscitiva, il quadro normativo di riferimento per quanto riguarda gli ambiti costieri; in Appendice 2 si pubblica una sorta di vademecum che esprime le buone pratiche da seguire nell'ambito delle operazioni di mantenimento del litorale.

1.3 - Gruppo di Lavoro

Gli studi, presentati in questo volume, sono stati coordinati dall'Unità Cambiamenti Climatici Globali e Studi Costieri dell'ISPRA ex ICRAM, integrando ricerche originali coi contributi tecnico-scientifici elaborati dalle diverse realtà universitarie e professionali coinvolte nel progetto.

Di seguito sono elencate, in ordine alfabetico, le Istituzioni scientifiche e non che sono state coinvolte a vario titolo nel progetto ed i relativi, seppur non esaustivi, campi di ricerca.

Geocoste s.n.c., L. Rossi
Rilievi e campionamenti a mare ed a terra.



ISPRA, Unità Cambiamenti Climatici Globali e Studi Costieri, Resp. Sc. S. Silenzi e S. Devoti, con la collaborazione di O. Chiochini, P. Tomasetti e L. Parlagreco.

Coordinamento del progetto, rilievi e campionamenti a mare e a terra, acquisizione dai meteo e correntometrici, supporto alla progettazione delle opere di difesa e loro monitoraggio, elaborazione integrata dei dati.



S.A. Geosphera, G. Bovina, M. Amodio, C. Callori Vignale, I. Amici.
Supporto alla progettazione delle opere di difesa, rilievi ambientali, morfologici, topografici e vegetazionali.



Università degli Studi di Cagliari, CINSIA - Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali, Resp. Scientifico F. Di Gregorio, con la collaborazione di A. Serreli.
Valutazione della capacità di carico.



Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra, Resp. Scientifico E. Pranzini con la collaborazione di D. Simonetti.
Evoluzione morfologica della spiaggia, studio diacronico della linea di riva, colorimetria e dinamica dei sedimenti.



Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Resp. Scientifico P. Aminti e L. Cappietti con la collaborazione di E. Mori e V. Vannucchi.
Analisi dei dati correntometrici e meteomarinari; modellistica idrodinamica.

Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Geoscienze, Resp. Scientifico C. Mazzoli con la collaborazione di R. Sassi.
Analisi minero-petrografiche dei sedimenti.



Università degli Studi di Sassari, Dipartimento di Botanica ed Ecologia Vegetale, Resp. Scientifico S. Ginesu.
Geologia e geomorfologia della Nurra.



2. EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DEL TRATTO COSTIERO DELLA SARDEGNA NORD OCCIDENTALE

2.1 - Breve inquadramento fisiografico

Il Comune di Stintino è ubicato nella parte Nord-occidentale della Sardegna ed ha una superficie di circa 58 km². Geograficamente è contenuto nel lembo settentrionale della penisola che dalla radice nella Nurra si sviluppa sino a Capo Falcone. La sua conformazione, di chiara impostazione tettonica, è alquanto irregolare, con una prevalenza di colline e culminazioni modellate su rocce metamorfiche del Paleozoico dalle quote non molto accentuate (l'evoluzione geo-morfologica del settore è spiegata nel proseguo di questo capitolo). Nel settore occidentale, che affaccia sul Mar di Sardegna, prevalgono coste a falesia aspre e selvagge e per lo più inaccessibili; nel settore orientale, che affaccia sul Golfo dell'Asinara, sono presenti coste basse rocciose o sabbiose, anch'esse modellate in rocce metamorfiche appena emergenti dal mare. In questo settore si alternano più o meno ampie falcature sabbiose con promontori rocciosi poco pronunciati e insenature tipo rias; queste ultime denotano una evidente genesi da sommersione di antiche vallecole fluviali o torrentizie [Di Gregorio et al., 2000].

Un'analisi degli aspetti fisici generali dello sviluppo costiero del Comune di Stintino è presente nel Capitolo 8.3.1, cui si rimanda.

La spiaggia della Pelosa è ubicata nel tratto Nord-occidentale dell'arco litorale compreso tra Capo del Falcone e Punta Negra, all'estremità NW del Golfo dell'Asinara [Figura 2.1].

Antistante a questo tratto costiero, vi è l'Isola Asinara che, con una rotazione a Nord-Est della struttura, costituisce il prolungamento della penisola di Stintino ed è separata da questa da un braccio di mare della larghezza di circa 2,5 km, al centro del quale emerge l'Isola Piana. Immediatamente a settentrione della spiaggia, affiora l'Isola della Torre della Pelosa.

La spiaggia della Pelosa è identificabile come una *cusplate foreland* (vedi riquadro); l'annesso sistema dunale è ampiamente descritto nel Capitolo 5.

La porzione emersa della spiaggia, soggetta a variazioni consistenti nella morfologia e nelle dimensioni anche nel breve e brevissimo periodo [Capitolo 3], si presenta con una pendenza non superiore al 2%, come evidenziato nella Figura 2.2 ottenuta mediante l'elaborazione di dati acquisiti con un laser scanner (rif. nel Capitolo 3.2.1).

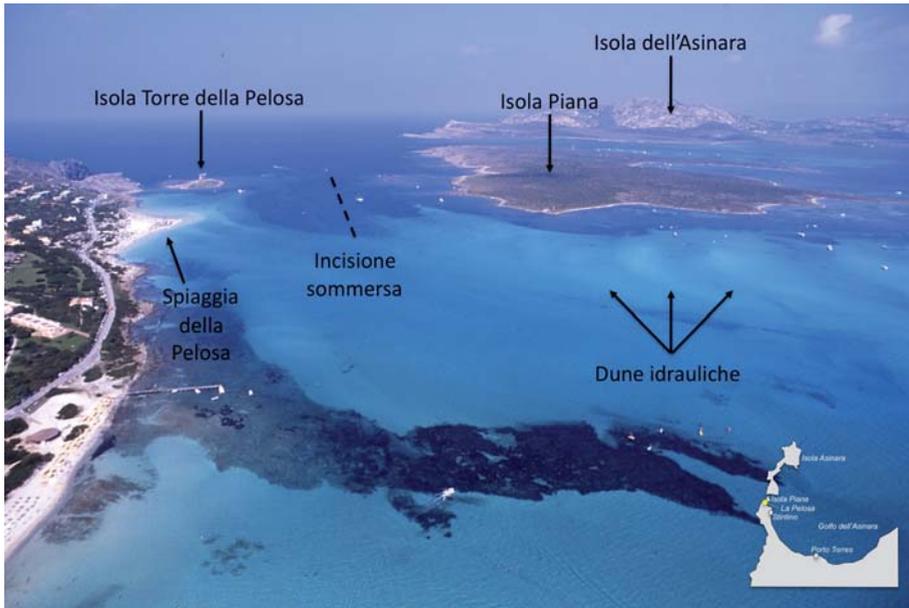


Fig. 2.1 - Veduta aerea verso Nord del braccio di mare fra la spiaggia della Pelosa e l'Isola Piana [Foto del Comune di Stintino, 2004] con i riferimenti geografici e morfologici citati nel testo.

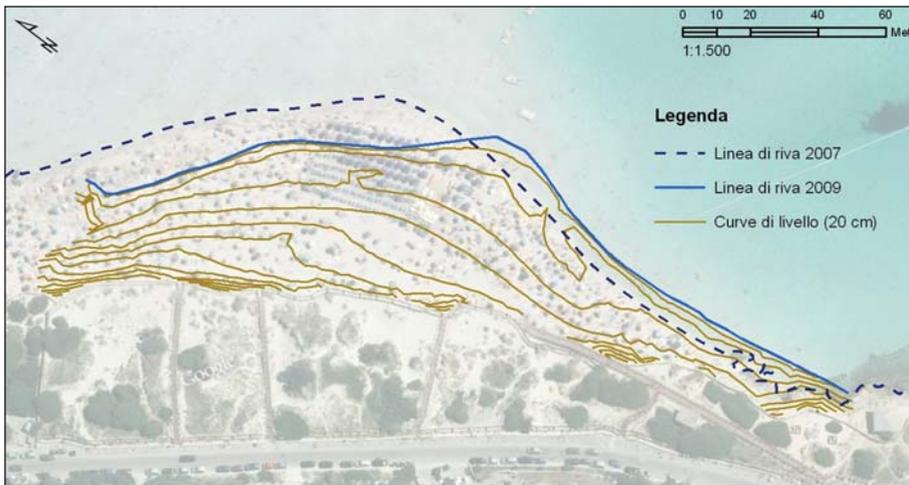
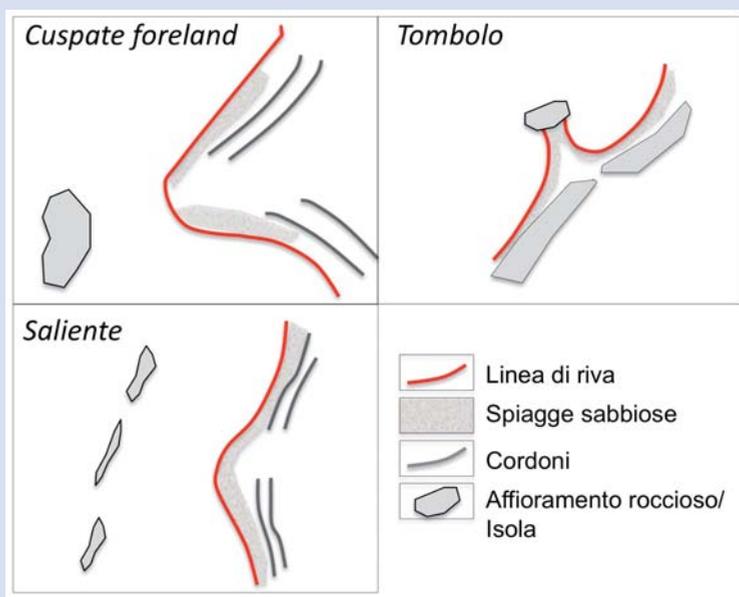


Figura 2.2 - Rappresentazione delle curve di livello della spiaggia elaborate con intervallo di 20 cm [dati riferiti al 17 Marzo 2009]; le linee di riva prese come riferimento sono descritte nel Capitolo 3.

Con il termine ***cusplate foreland*** si indica una forma di deposito costiero (in accordo con la classificazione delle coste di Zenkovich, 1964) che assume generalmente un aspetto triangolare, con la base collegata alla costa e l'apice rivolto verso mare (vedi figura seguente).

La formazione di una ***cusplate foreland*** viene generalmente associata all'interazione fra il moto ondoso ed un elemento morfologico (riparo) affiorante al largo (Bird, 1984; Pethick, 1986; Sanderson e Eliot, 1996), poco distante dalla costa: la caduta di energia di trasporto solido che si ha nel tratto di costa riparato e la convergenza dei flussi dovuta alla diffrazione delle onde determinano la deposizione di sedimento nella tipica forma cuspidata. Tuttavia, esistono molti casi in cui tali forme si sviluppano anche in assenza di protezione a largo (Johnson, 1919; McNinch e Luettich 2000), purchè si sia in presenza di flussi sedimentari convergenti, come nel caso del margine fra due celle sedimentarie (Carter, 1988). Un'altra caratteristica tipica di queste forme consiste nella loro alta variabilità morfologica nel tempo, non essendo costante l'energia e la direzione di provenienza del moto ondoso. Ciò può determinare, non solo cambiamenti di forma, ma anche significative variazioni dello stock sedimentario che le costituisce.

Forme simili sono da considerarsi i salienti e i tomboli, schematicamente descritti da Masselink e Hughes (2003; vedi figura) e che, talvolta, costituiscono lo stadio iniziale e quello finale nell'evoluzione di una ***cusplate foreland***. Queste morfologie, infatti, si originano per processi analoghi a quelli responsabili della formazione di una ***cusplate foreland***, derivando dalla deposizione di sedimento in una zona d'ombra creata da un ostacolo posizionato a largo rispetto ad un ideale fronte d'onda. Quando la spiaggia arriva a collegarsi alla struttura a largo si determina un tombolo; mentre un saliente è semplicemente costituito da una leggera protusione della linea di riva (Masselink e Hughes, 2003).



Morfologie tipiche di una ***cusplate foreland***, di un tombolo e di un saliente (ridisegnato da Masselink e Hughes, 2003).

Le ricerche di carattere morfologico ed evolutivo presentate in questo Volume permettono di classificare il complesso sistema della spiaggia della Pelosa come una *cusate foreland*. La struttura a largo [rif. in Fig. 2.1] è costituita dall'Isola Piana e la convergenza dei flussi, oltre che alla diffrazione, è qui dovuta anche alla rifrazione delle onde che attraversando il margine del canyon subiscono una rapida rotazione.

Bibliografia

Bird E.C. (1984) - Coasts. An introduction to coastal geomorphology. Canberra, ANU Press, pp.320.

Gulliver F.P. (1896) - Cusate forelands. Geol. Soc. America Bull., 7: 399-422.

Carter R.W.G. (1988) - Coastal environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. Academic Press, London, pp. 617.

Komar P.D. (1998) - Beach processes and sedimentation. 2nd edition, Prentice Hall, Upper Saddle, pp.544.

Johnson D.W. (1919) - Shore processes and shoreline development, Wiley, New York, pp. 584.

Masselink G. e Hughes M. G. (2003) - Introduction to coastal processes and geomorphology, Arnold, London, pp. 354.

McNinch J. E. e Luettich R. A. (2000) - Physical processes around a cusate foreland headland: Implications to the evolution and long-term maintenance of a cape-associated shoal. Cont. Shelf Res., 20: 2367-2389.

Pethick J. (1984) - An introduction to coastal geomorphology, Edward Arnold, London, pp. 260.

Sanderson P.G. e Eliot I. (1996) - Shoreline salients, cusate forelands and tombolos on the coast of Western Australia, Journal of Coastal Research, 12(3): 761-773.

Zenkovich V. P. (1967) - Processes of coastal development. Steers ed. Edinburgh: Oliver and Boyd, 7-8: 383-493.

Nel settore sommerso è evidente la presenza di barre sabbiose prevalentemente orientate verso i quadranti di Sud-Est. Tali morfologie sono tuttavia assai variabili nella forma, orientamento e dimensioni.

Nel tratto di mare antistante la spiaggia importanti elementi del paesaggio sono costituiti da:

- una incisione, netta ma articolata, in asse al canale tra la costa e l'Isola Piana e la cui testata si trova approssimativamente all'altezza del limite settentrionale della spiaggia. Orientata verso N-NW, l'incisione supera rapidamente la profondità di -10 m;
- forme di deposito sabbioso molto evidenti, classificabili come dune idrauliche, con lunghezza d'onda dell'ordine dei 100-200 m, caratterizzate da sensibile mobilità, variando, nel corso del tempo, posizione, estensione e rapporti dimensionali. Tali forme, evidenziate dalla carta batimetrica realizzata nel 2006, già note in letteratura (ad esempio in Orru, 2004; Cappucci e Pascucci, 2004), affiorano nel settore orientale a batimetrie comprese fra -3,5 e -2,5 m;
- affioramenti di *Posidonia oceanica*, prevalentemente presenti su fondali sabbiosi e descritti in Cappucci et al. (2004) e Donda et al. (2008), sono a tratti solcati da canali più o meno ampi. Spiaggiamenti consistenti e strutturati di questa

pianta, detti *banquettes*, sono osservabili in coincidenza delle cale rocciose adiacenti, come Cala dell'Ancora, circa 1,5 km a Sud-Est della spiaggia.

2.2 - Metodologia di studio

Per comprendere i processi legati alla morfologia ed alla dinamica costiera è stato effettuato uno studio geomorfologico del litorale tra Stintino e Fiume Santo.

Una campagna di rilevamenti, campionamenti ed analisi di laboratorio delle sabbie prelevate lungo il litorale suddetto hanno contribuito a chiarire i processi in essere nel macro settore che comprende la Pelosa; i dati raccolti hanno permesso una preliminare valutazione della complessa origine del litorale stintinese e del diverso grado di erosione delle spiagge.

Lo studio si è articolato secondo le seguenti fasi:

- caratterizzazione delle Unità litostratigrafiche che costituiscono la struttura geologica;
- rilevamento geomorfologico di dettaglio esteso all'intero territorio in esame;
- campionamento lungo la fascia litorale di sabbie ed analisi di laboratorio per definire la natura e la provenienza delle stesse;
- stesura di una carta litologica dell'area di Stintino-Fiume Santo in scala 1:15.000;
- stesura di una carta geomorfologica dell'area di Stintino - Fiume Santo in scala 1:15.000.

2.3 - Inquadramento dell'area

2.3.1 - Caratteristiche geolitologiche

Nell'ambito dell'area di studio le formazioni più antiche appartengono al Complesso metamorfico ercinico in facies degli scisti verdi e al Complesso metamorfico ercinico prevalentemente in facies anfibolitica. Nella Figura 2.3 è rappresentata la carta litologica semplificata dell'area in studio. Di seguito sono descritte le principali litologie presenti.

Complesso metamorfico ercinico in facies scisti verdi

Appartengono a questo complesso i metagabbri alcalini, le filladi scure carboniose e le quarziti di età Siluriano - Carbonifero inferiore che nell'area in studio affiorano lungo la dorsale occidentale tra l'abitato dell'Argentiera e l'insenatura di Cala Coscia di Donna. Successioni terrigene di metarenarie e filladi affiorano in località P.ta del Francese ed intorno allo stagno di Casaraccio.

Complesso metamorfico ercinico in facies anfibolitica

Appartengono a questo complesso i micascisti e paragneiss a granato ed oligoclasio, osservabili a Nord dello stagno di Casaraccio sino a Capo Falcone.

Copertura sedimentaria del Miocene

Le coperture sedimentarie sono rappresentate dalla formazione di "Fiume Santo" (Ginesu et al., 1994a) costituita da depositi riferiti al Miocene sup. (attribuiti al

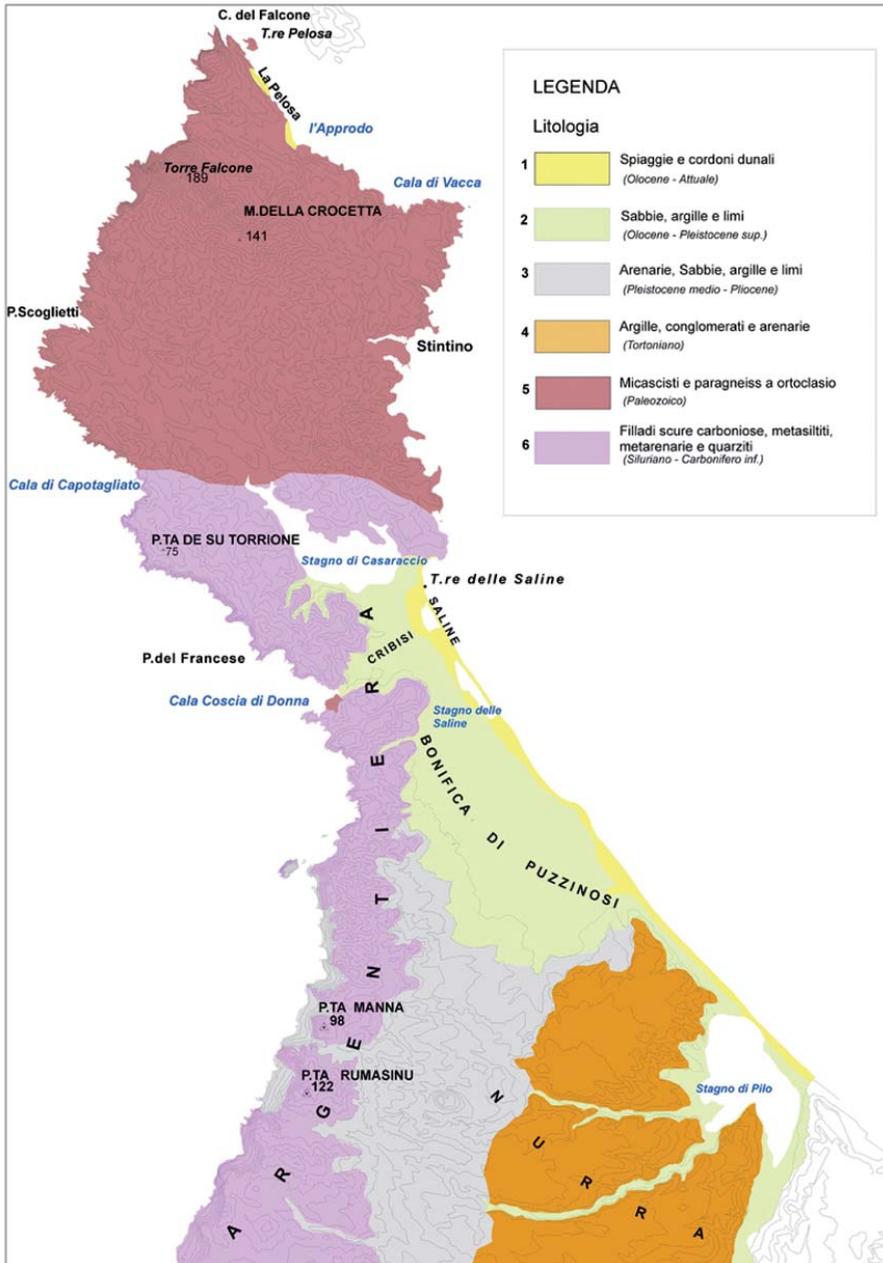


Figura 2.3 - Carta litologica semplificata dell'area in studio. [1] ghiaie, sabbie argille e limi da depositi alluvionali, colluviali ed eolici (Attuale - Olocene), [2] sabbie e argille più o meno compatti in terrazzi alluvionali (Olocene-Pleistocene sup.); [3] conglomerati, sabbie, arenarie e biocalcareni di spiaggia (Pleistocene medio - Pliocene); [4] conglomerati a matrice argillosa e arenarie di sistema alluvionale (Tortoniano); [5] micascisti e paragneiss a granato \pm oligoclasio e a granato \pm albite (Paleozoico) [6] filladi scure carboniose, metasiltiti, quarziti nere e successioni terrigene (Siluriano - Carbonifero inf.).

Tortoniano-Messiniano]: si tratta di conglomerati continentali ad elementi silicei frammisti a depositi di sabbie a varia granulometria, livelli di argille e depositi di accumuli di carbonati che ricoprono preesistenti paleo suoli miocenici. Questi depositi ricoprono un'area ad andamento NNE-SSW e si estendono, lungo la fascia costiera, dallo stagno di Pilo fino ed oltre la foce del rio d'Astimini (Fiume Santo), penetrando nell'entroterra sino alle falde del basamento Paleozoico in località "Scala Erre".

Copertura sedimentaria del Pliocene-Pleistocene inf.

Depositi più antichi, riferibili all'intervallo Plio-Pleistocene, sono rappresentati da conglomerati, sabbie, argille compattate in terrazzi e conoidi alluvionali, conglomerati a debris flow (Pliocene?). Conglomerati, sabbie e argille ricoprono le valli lungo i versanti della dorsale dell'Argentiera, talvolta presenti con spessori intorno ai 5-10 m; l'età di questi depositi, sulla base della profondità delle vallecole sul basamento e nei depositi miocenici, è riferibile al Pliocene superiore - Pleistocene inferiore. Sul Pliocene poggiano i depositi sciolti costituiti da alluvioni ghiaioso - limose del Quaternario.

Depositi del Pleistocene sup.- Attuale

Le coperture recenti sono distribuite principalmente nell'area a Nord dello Stagno di Pilo, dove sono più manifesti i depositi legati alle fasi trasgressive di epoca Quaternaria. Le coperture recenti sono rappresentate da detriti e terreni attuali, da depositi palustri costituiti da sabbie, limi e argille sabbiose di età Olocenica, da sabbie, ghiaie e depositi eolici costieri del Pleistocene sup.

Conglomerati, arenarie e biocalcareni di spiaggia di età Tirreniana (125000 anni fa) si ritrovano lungo la fascia costiera tra Fiume Santo e lo Stagno delle Saline. Arenarie eoliche ricoprono i versanti della costa occidentale e si spingono lungo il crinale della dorsale dell'Argentiera all'interno di conche e vallecole; possono essere attribuite, verosimilmente, all'ultima fase glaciale, nota come Würm.

Depositi di limi ed argille colluviali, frammisti a ghiaie e sabbie, affiorano estesamente lungo la fascia costiera tra Fiume Santo e le Saline e, nell'entroterra, occupano l'area sino alle falde dei rilievi dell'Argentiera. Sabbie eoliche litoranee e travertini formano il cordone litoraneo attuale e si ritrovano, in piccoli lembi, all'interno come depositi di antiche linee di riva.

2.3.2 - Lineamenti geomorfologici

Il settore in esame mostra, dal punto di vista geomorfologico, una eterogeneità di forme e processi spesso di difficile attribuzione; ciò è principalmente dovuto al ripetersi, nel tempo, di eventi che hanno portato ad un rimaneggiamento continuo di vecchi depositi e di antiche morfologie.

I caratteri morfologici mostrano come il territorio sardo abbia mantenuto sostanzialmente i segni di continentalità a partire dal Terziario superiore.

I depositi attribuiti al Miocene sup. - Tortoniano evidenziano nella presenza di argille pedogenizzate, sabbie e conglomerati un territorio più vasto rispetto all'attuale, ma prossimo alla linea di costa. Per tale ragione il settore Nord-occidentale dell'isola mostra deboli segni delle sollecitazioni tettoniche del periodo plio-pleistocenico dove, in altre aree dell'isola, la fase della distensione tirrenica ha dato origine a fenomeni di sollevamento tettonico.

Tuttavia, va evidenziato che le vallecole lungo la dorsale collinare dell'Argentiera incidono il substrato per diversi metri. Gli stessi depositi a conglomerati formano delle conoidi a glacis lungo la fascia pedocollinare; questi ricoprono lembi di territorio nei pressi dello Stagno di Pilo e diffusamente nell'area di Pozzo San Nicola.

Il rilevamento geomorfologico dell'area vasta di Stintino - Fiume Santo ha evidenziato una zonazione dei processi morfogenetici in relazione alle caratteristiche morfologiche del territorio. Si riscontra l'area Nord-occidentale dei rilievi collinari dell'Argentiera che formano un ampio sistema monoclinale in declivio verso Ovest con l'orlo di scarpata distante da 1 km a qualche metro dalla costa. Questo sistema si estende con continuità da P.ta Argentiera sino a Capo del Falcone, con qualche breve interruzione dell'insenatura di Coscia di Donna dove, uno stretto pianoro, forma un corridoio tra le due sponde della costa. La presenza di un'estesa zona acquitrinosa (Bonifica di Cribisi) ne evidenzia condizioni di sommersione parziale e totale anche in tempi storici. I rilievi della dorsale dell'Argentiera presentano forme spianate alla sommità e terrazzi lungo il versante separati da ampie vallecole e fondo piatto. Le superfici di spianamento identificate sono state attribuite ad eventi erosivi pliocenici connessi a fenomeni di sollevamento del territorio. Le vallecole mostrano, dal rilevamento lungo pozzi e cave situati nel fondovalle, profondità anche dell'ordine della decina di metri e risultano sepolte da una sequenza di argille, sabbie e conglomerati di colore grigio scuro. Questi depositi sono stati attribuiti al Pleistocene inferiore.

Le stesse vallecole, nelle porzioni più alte e prossime allo spartiacque, sono coperte da depositi di sabbie eoliche di colore giallo ocra e da arenarie che mostrano caratteri differenti di colore e granulometria. Le arenarie affiorano lungo il perimetro delle vallecole e mostrano nel grado di coesione età differenti attribuibili ad un intervallo di tempo compreso tra il Pleistocene inf. ed il Pleistocene medio. I depositi eolici più recenti ricoprono alcune conche interne; arenarie eoliche formano un margine quasi continuo lungo la costa occidentale tra l'Isola dei Porri e M. Ruginosu. La costa occidentale forma una falesia alta tra i 100 e i 25 metri dove si aprono delle cale in corrispondenza di canaloni di scarico di detriti o di nicchie e orli di degradazione del versante.

Tra la dorsale collinare dell'Argentiera e la fascia costiera del Golfo dell'Asinara si estende una zona di transizione pedocollinare, maggiormente sviluppata nel tratto all'altezza dello Stagno di Pilo e Fiume Santo, mentre si assottiglia sino a scomparire nel tratto a Nord. Quest'area è definita da un'ampia superficie di erosione frammentata da deboli colline alcune isolate, come Cuile Monti Scopa, e da canali di ruscellamento che sviluppano un andamento allungato e convergono nel sistema idrico dello Stagno di Pilo. Questa superficie mostra i caratteri di un pediment che da un margine Nord-Sud si allunga verso la costa, ha i caratteri di una forma legata a processi di denudazione di età Pliocene - Pleistocene inf. Il pediment tende a ridursi sino a scomparire in direzione del pianoro di Bonifica Cribisi. In quest'area a Nord dello Stagno di Pilo, la morfologia cambia e assume l'aspetto di un'area sottoposta a processi costieri e lagunari non dissimili da quelle che si possono osservare oggi.

La dorsale collinare dell'Argentiera si assottiglia e si riduce a colline di quota intorno ai 40 - 20 metri. Una vasta area bassa e steppica, che occupa il terri-

torio per circa 10 km², è costituita da depositi di argilla, limi e sabbie con resti fossili di conchiglie. Quest'area, denominata Bonifica di Puzzinosi, mostra ancora le caratteristiche morfologiche di una vasta zona palustre-lagunare, la quota variabile tra i 6 e i 3 metri indica un'età riferibile allo stadio interglaciale del Tirreniano. Ai margini del paleo stagno sono stati ritrovati lembi di paleo spiaggia riferibile allo stesso periodo. Depositati di paleo spiaggia sono stati rinvenuti anche a quote maggiori, intorno ai 20-15 metri, riferibile ad un'età più antica del Pleistocene superiore.

Lungo la fascia costiera tra Fiume Santo e Torre delle Saline si estende il cordone dunale con probabile fauna tirreniana che delimita lo stagno delle Saline e acquitrini. Questo tratto di litorale è stato sottoposto ad indagini più accurate con il prelievo di campioni su cui sono state eseguite le analisi granulometriche.

È opportuno tenere presente l'attività estrattiva che ha caratterizzato il litorale di Stintino e Porto Torres nel corso del secolo passato, quando il sedimento ivi presente, costituito dalla ghiaia silicea, erede delle spiagge di tutto il Pleistocene, ha costituito un prezioso prodotto per l'industria del vetro e dell'edilizia. L'industria italiana del vetro fece i suoi primi esperimenti sulla sabbia di Stintino fin dal 1888 senza tuttavia dar seguito alla produzione: questa storia e le sue vicissitudini non sono facili da ricostruire poiché tutti i testimoni delle vicende sono oggi scomparsi o troppo anziani per essere rintracciati, pertanto è necessario affidarsi alle fonti attendibili (Sotgia Rovelli, 1926, 1927; Spano e Pinna, 1956; Moretti, 1951) ed ai dati che si possono ricavare dall'attività commerciale secondo i dati del Demanio Marittimo.

L'attività di prelievo delle sabbie lungo il litorale ha una storia antica testimoniata dalle opere e dai lavori dei secoli scorsi che sono documentati in tutto il territorio di Stintino e di Porto Torres. La stessa città romana di Turris Libyssonis (antico nome di Porto Torres) testimonia in diversi resti e scavi l'uso di questo sedimento il cui prelievo potrebbe essere avvenuto anche nelle spiagge più prossime alla città, oggi completamente perdute. La recente opera di ripascimento, effettuata nei pressi del nuovo molo di Porto Torres, lungo il litorale dello Scoglio Lungo, ha tenuto in considerazione il ripristino di una antica spiaggia sulla base di queste testimonianze e dei resti archeologici. L'opera di sversamento ha ricostituito la spiaggia con una ghiaia analoga proveniente dal livello sabbioso ghiaioso della base del Miocene proveniente dalle attività estrattive lungo la valle di San Lorenzo, presso l'abitato di Osilo.

Giova rammentare che nell'anno 1908 venne emesso un editto da parte dell'autorità marittima a difesa delle adiacenti saline minacciate dall'erosione del mare a causa dei continui prelievi di sabbia da parte dei privati; l'uso a cui si accenna è quello industriale principalmente rivolto alla produzione del vetro e all'edilizia. Proprio l'uso in edilizia ha determinato da sempre un grande interesse da parte dei privati, e non solo, il cui inizio si perde nel tempo. Tuttavia, solo alla fine della Grande Guerra il prelievo di queste sabbie assume un vero significato industriale che proseguirà in modo altalenante fino agli anni '60.

L'industria italiana, nei primi decenni del secolo scorso, focalizza la sua attenzione verso le sabbie silicee del litorale tra Stintino e Porto Torres, nel tentativo di arginare le importazioni fino a quel momento provenienti dall'estero. Le prime notizie ufficiali ci provengono dal movimento mercantile in partenza da Porto Torres che

documenta, nel 1923, un trasporto di 12234 tonnellate che si riducono, due anni dopo, a circa 6000 tonnellate. La riduzione della produzione fu causata dall'impurità contenuta nel minerale; questo fatto produce un secondo grave danno al litorale poichè la sua estrazione, fino a quel momento concentrata in determinate zone, viene diffusa in un tratto assai ampio di cui oggi non si conoscono i reali confini. Infatti, le impurità del minerale erano determinate dal prelievo in profondità, interessando in tal modo i livelli più ricchi in argilla e in sabbie fini non silicee. Dal 1925 l'estrazione viene localizzata sui livelli superficiali estendendo il prelievo fin sulla linea di riva emersa e sommersa. Sebbene la produzione non fosse costante, si può valutare in circa 43861 tonnellate il prelievo negli anni compresi tra il 1923-1927, con una media di 8772 tonnellate per anno. La seconda Guerra Mondiale interruppe questo flusso che aveva raggiunto, negli anni immediatamente antecedenti il conflitto, la quantità di 29032 tonnellate nel triennio 1938-1940. Al cessare delle ostilità l'attività estrattiva riprese vigore senza tuttavia assumere nuovamente le quantità precedenti. Già nel 1945 si estrassero circa 25 tonnellate di materiale; durante gli anni '50 si estraevano ancora 2-3000 tonnellate per anno.

Non va dimenticato che, nel contempo, anche l'estrazione ad uso di edilizia civile continuava costantemente e con quantità che talvolta superavano quelle dell'industria vetraria. Appare difficile valutare e quantificare questa attività estrattiva, ma certamente, non può essere minimizzata e trascurata rispetto a quella vetraria; ci potrebbe confortare l'idea che possa essere una cifra uguale o assai simile, tuttavia non bisogna dimenticare che le strade di collegamento tra i principali centri abitati del Sassarese e della Nurra sono state realizzate con le spiagge di Stintino e Porto Torres per un totale di circa 130 km. Di questa ultima ma imponente attività estrattiva si conoscono i punti di maggior prelievo, localizzati presso Punta d'Elice e Torre delle Saline, e le quantità pari a circa 14000 tonnellate annue (25-30 m³/giorno) per tutti gli anni '50.

Appare quindi verosimile una valutazione superiore al milione di metri cubi di prelievo delle sabbie per il tratto di litorale compreso tra Fiume Santo e le Saline nel corso del tempo; rammarica il fatto che di questa imponente e continua attività non rimanga una adeguata documentazione al fine di identificare con più accuratezza la modificazione antropica di alcuni tratti di litorale e, in particolare, del profilo stesso della spiaggia emersa e di quella sommersa. Ogni tipo di studio e di analisi che si intende praticare su questo tratto di litorale dovrà, inevitabilmente, considerare una variabile importante sul dissesto attuato dall'uomo e dalla sua storia.

Dal punto di vista geomorfologico sono state distinte e cartografate (Figura 2.4) le seguenti "forme", "processi" e "depositi":

FORME E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE

- Forme di denudazione
 - Canale con scarico di detriti
 - Cresta di degradazione
 - Orlo di scarpata di degradazione
 - Superficie d'erosione sommitale

FORME E DEPOSITI DOVUTI AD ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

- Forme d'erosione
 - Ruscellamento diffuso
 - Solco di ruscellamento concentrato
 - Terrazzo di erosione
 - Pediment
- Forme di accumulo
 - Cono colluviale

FORME DOVUTE A PROCESSI EOLICI

- Forme di accumulo
 - Cordone dunale
 - Spiaggia

FORME MARINE E LAGUNARI

- Linee di riva
 - Antica linea di costa
- Orlo di falesia o ripa di erosione
 - Orlo di falesia < 25
 - Orlo di falesia > 25
- Aree lagunari e palustri
 - Zona palustre
 - Stagno
 - Cordone litoraneo
 - Antico limite di bacino lagunare
- Forme di deposito
 - Lido

FORME ANTROPICHE

- Canale artificiale
 - Canale lagunare
 - Aree urbanizzate
 - Bonifica
 - Salina
-

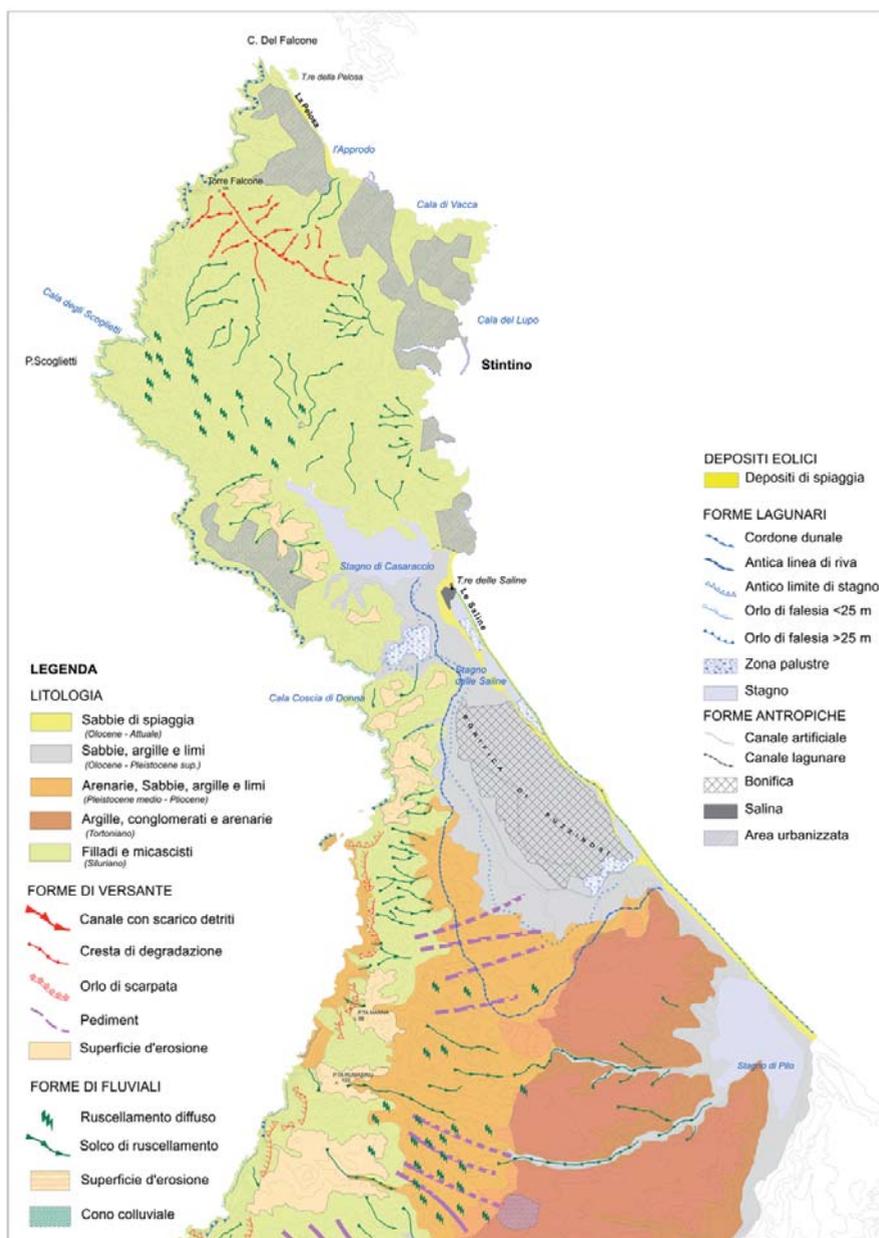


Figura 2.4 - Carta geomorfologica dell'area in studio.

2.4 - Campionamento ed analisi di laboratorio

La prima fase delle ricerche ha previsto un campionamento cadenzato lungo un tratto di circa 9 km della porzione emersa della spiaggia compresa fra Fiume Santo e Torre delle Saline (Figura 2.5). Il campionamento è stato integrato con

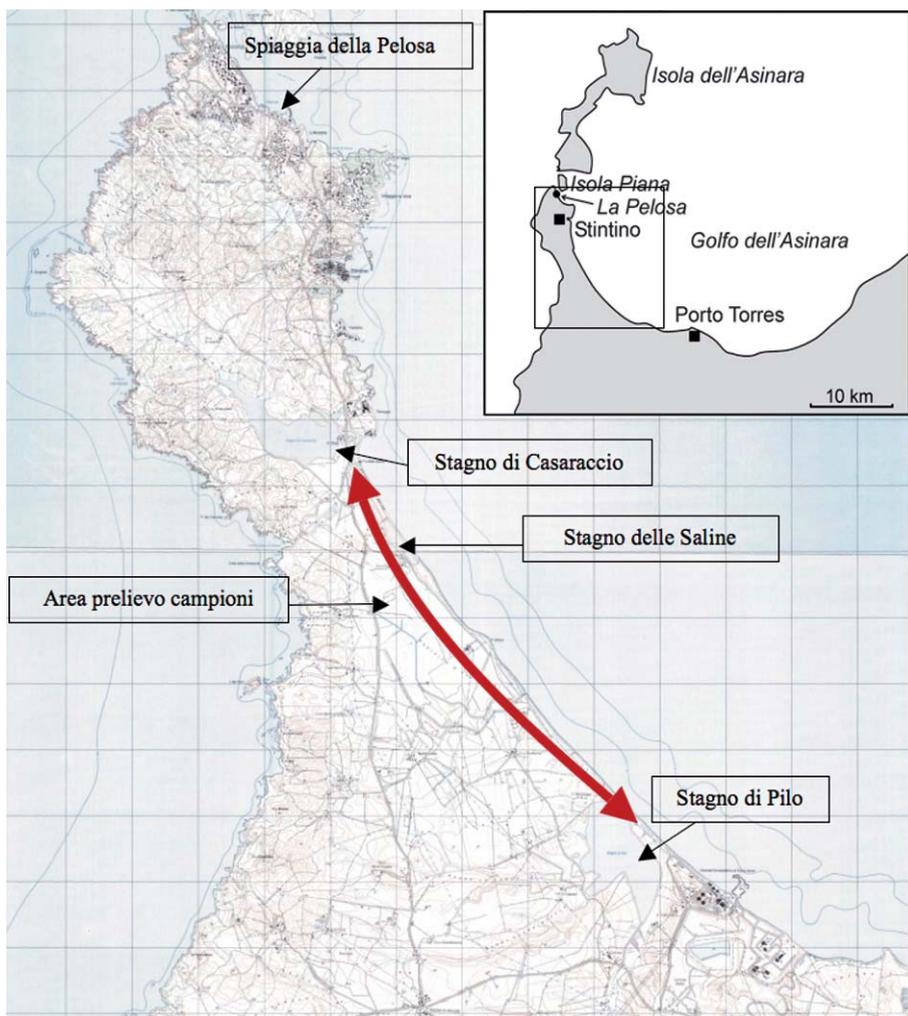


Figura 2.5 - Localizzazione dell'area in studio nelle basi cartografiche I.G.M. del 1995 (Foglio n. 440 sez. I; Stintino) e sez. II, (Pozzo San Nicola), dalla Carta d'Italia scala 1/25.000. È Indicato con la freccia in rosso il tratto di litorale dove sono stati prelevati i campioni.

campioni di roccia provenienti dalle zone limitrofe, in quanto potenziali sorgenti dei depositi oggetto dello studio. L'analisi dei campioni prelevati è stata effettuata presso i laboratori del Dipartimento di Ingegneria del territorio dell'Università degli Studi di Sassari.

Allo scopo di caratterizzare le spiagge del litorale di Stintino, oggetto dello studio, sono stati prelevati campioni rappresentativi contrassegnati con numeri e lettere compresi dall'1/a al 45/c per un totale di 260 campioni (Figura 2.6).

In particolare, i campioni sono stati prelevati a gruppi di tre (a, b, c) allineati secondo la direzione battigia - berma ordinaria - berma di tempesta e distanti circa 500 m l'uno dall'altro, in condizioni atmosferiche differenti. I campioni sono stati raccolti procedendo da Sud-Est verso Nord-Ovest, secondo l'ordine;

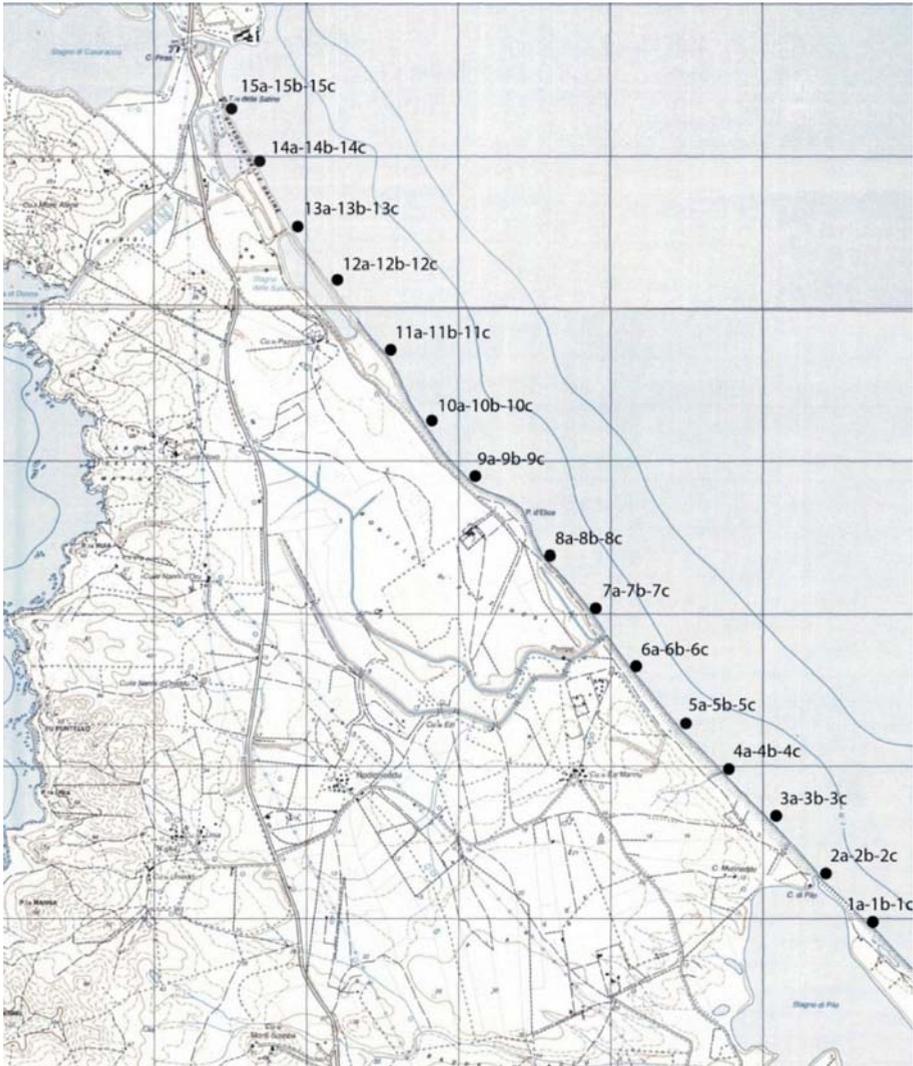


Figura 2.6 - Localizzazione dei campioni di sabbie litorali prelevati nel periodo ottobre-marzo 2008.

- dall'1/a fino al 5/c comprendono il tratto di costa che si estende dalla zona antistante la centrale di Fiume Santo, fino alla località Ezi Mannu;
- dal 6/a fino al 10/c comprendono il tratto di costa che si estende dalla località Ezi Mannu, fino alla località Pazzona;
- dall'11/a fino al 15/c comprendono il tratto di costa che si estende dalla località Punta D'Elice, fino alla località delle Saline.

I campioni sono stati preliminarmente essiccati all'aria e poi in forno a 40°C per circa 24 ore. Le analisi sedimentologiche sono state effettuate su campioni opportunamente quartati, su un'aliquota del peso di 500 g ed, in seguito, setacciati con apparecchiatura meccanica.

I risultati delle analisi sedimentologiche sono riportati nell'Allegato 1. Dai dati ottenuti è possibile effettuare alcune importanti considerazioni in merito alla composizione e, parzialmente, alla genesi dei sedimenti campionati.

Una prima osservazione sull'analisi della composizione delle sabbie mette in luce una componente costituita circa al 90% da elementi di quarzo ad elevata maturità. Tale caratteristica è chiaramente attribuibile all'importante ruolo svolto dalle oscillazioni del livello del mare sin dal Pliocene e dal significativo apporto di materiale alluvionale proveniente dal disfacimento del basamento Paleozoico sin dalla fine del Miocene, per altro ampiamente documentato dalle potenti coltri alluvionali nell'area di Fiume Santo. Le oscillazioni più antiche del livello del mare hanno determinato un esteso rimodellamento di questi apporti alluvionali fino alle porzioni più interne della costa considerata ed una selezione sempre più evidente della composizione silicea, assai più resistente.

Gli elementi che compongono, attualmente, le spiagge di questo tratto di costa sono il prodotto di varie generazioni di spiagge che ancora oggi si possono osservare nelle poche località in cui affiorano, sia nell'area continentale che nell'area sommersa. In particolare, si osservano nel tratto costiero di Fiume Santo (Stagno di Pilo) - Ezi Mannu dove a poca distanza dalla costa, a circa 3 - 4 m di profondità, affiorano sia le *beach-rock* riferibili al Tirreniano (Ginesu e Ozer, 2002), sia i depositi dell'antico paleo-stagno di Fiume Santo.

Come frequentemente accade in molti litorali della costa settentrionale, gli stessi elementi che hanno costituito le spiagge precedenti sono stati riutilizzati dal mare per la formazione di nuove spiagge; pertanto, spesso, il materiale messo in gioco nella trasgressione o nella regressione della linea di costa è stato in parte il medesimo, determinando in tal modo una forte maturità del sedimento originario.

Un'ultima considerazione può essere espressa sull'andamento del materiale più fine: infatti, si osserva un suo progressivo aumento verso il settore occidentale della costa. Questa evidenza conferma i dati già in nostro possesso provenienti da studi precedentemente effettuati (Ginesu et al., 1993; 1994a) che definivano una corrente di trasporto litoraneo da Est verso Ovest, che potrebbe essere responsabile dell'elevata presenza, nella zona di Stintino, della sabbia più fine e della distribuzione dei carbonati fin nell'Isola dell'Asinara.

2.5 - Evoluzione geomorfologica

Nell'ambito dello studio è stato eseguito un rilevamento geomorfologico di dettaglio effettuato mediante un'analisi aerofotogrammetrica (fotografie aeree del "volo regionale" in scala 1:13.000 circa) e successivi controlli sul terreno.

La complessa situazione litostratigrafia del territorio dell'alta Nurra rivela una condizione paleogeografica di continentalità protrattasi dal Cenozoico sino all'attuale.

La copertura sedimentaria attribuita al Tortoniano - Messiniano (Carmignani, 1996), ma più in generale al Miocene sup., risulta definita dalla formazione continentale di "Scala Erre" una successione di sabbie ed argille, argille sabbiose e conglomerati, e dalla formazione di "Fiume Santo" con fauna ad *Oreopitheco* (Ginesu et al., 1994c; Cordy et al., 1995) costituita da sabbie ed argille e concrezioni carboniose palustri.

La formazione di "Scala Erre" si estende nell'entroterra in località Scala Erre sino al limite con la sede stradale di collegamento con Porto Torres e, a Stintino, presso M. Elva. Oltre tale limite si estende una copertura sedimentaria, formazione di "Fiume Santo" che si ritrova nell'area della Centrale elettrica di Fiume Santo. Oltre lo Stango di Pilo la copertura sedimentaria, costituita da sabbie e argille, mostra un carattere più recente attribuibile al Quaternario. L'evoluzione di questo tratto del territorio mostra una certa continuità con condizioni di ambiente di transizione con caratteri prettamente continentali e/o lagunari. In particolare, la configurazione attuale si è definita in epoca plio-pleistocenica, con probabile formazione di un glacis costituito da conglomerati quarzosi provenienti per rimaneggiamento dalla formazione di "Scala Erre" e che ritroviamo lungo il taglio stradale all'altezza dello Stagno di Pilo. Questa fase è attribuibile ad uno stadio di regressione-trasgressione del Pliocene inf.-medio. Uno stadio regressivo ha definito la formazione di depositi a *debris flow*.

Il sistema di incisioni che si estendono su basamento paleozoico mostrano un'impostazione morfologica tipica di versanti aggettanti a mare con aste poco sviluppate e pressoché di primo ordine. Questo sistema di vallecole mostra un profilo dolce e a fondo piatto definito in alcuni casi dalla presenza di sabbie e argille talvolta di spessori intorno ai 3 metri.

La condizione di sepoltura di queste vallecole è da attribuire ad una fase di alluvionamento dovuta ad un innalzamento del livello del mare e quindi ad una fase trasgressiva del Pleistocene superiore. Ai margini delle vallecole spesso si ritrovano sabbie ben cementate in successione con ciottoli prevalentemente quarzosi. Sabbie eoliche recenti ricoprono le colline dell'area dell'Argentiera. Esse mostrano una giacitura tipica di sedimentazione eolica e morfologia dunale.

Spostandoci verso la piana di Casaraccio si evidenzia una morfologia definita da area paludose e stagni alcuni bonificati, come Li Puzzinosi, dove si evidenzia una copertura di argille scure e sabbie di cordone dunale attribuiti all'Olocene.

2.6 - Conclusioni

I rilievi di campo e i dati di laboratorio evidenziano risultati che consentono di aggiungere alcune considerazioni sulla dinamica in atto del litorale in accordo con i lavori precedentemente svolti (vedi elenco bibliografico) nell'ambito dell'evoluzione geomorfologica della fascia costiera occidentale del golfo dell'Asinara. Queste permettono di fornire nuovi elementi d'interpretazione sullo stato di "salute" della spiaggia della Pelosa che, sebbene esterna all'area studiata, costituisce la punta estrema del bilancio complessivo di questa dinamica di trasporto. L'elaborazione statistica rappresentata nei grafici cumulativi (in Alleato 1) evidenziano la presenza di una corrente di trasporto litoraneo da Est verso Ovest, la cui dinamicità risulta decisamente condizionata dall'assetto geomorfologico generale di questa parte del Golfo. Infatti, il promontorio di Capo Falcone e l'Isola dell'Asinara rappresentano un efficace sbarramento per il *fetch* proveniente dal quarto quadrante che viene diffratto da questi alti morfologici e, conseguentemente, trascinato in senso orario lungo tutta la costa ad Ovest dell'abitato di Porto Torres. La ridotta dinamicità di questo movimento consente un trasporto del materiale più sottile lungo la riva favorendo l'accumulo verso Ovest del sedimento fine. Ciò è ben evidente dal diagramma lungo la battigia sia dal materiale fino (Figura A1.23 - Alle-

gato 1] in netta concentrazione sul settore occidentale, sia dal diagramma riferito alla granulometria più grossolana che vede una situazione minima in prossimità dell'area di Fiume Santo (Figura A1.19 - Allegato 1). Appare evidente, quindi, che il settore orientale del tratto considerato fornisca il materiale più fine che va a costituire lo scheletro della sabbia della porzione occidentale e, certamente, contribuisce allo stato di "salute" delle spiagge di Stintino e dell'Asinara. Tale alimentazione viene in minima parte prelevata dalle paleo-spiagge sommerse ed emerse di questo territorio e deve essere principalmente ricercata nel contributo dato dall'intero sistema idrografico afferente al fiume Rio Mannu di Porto Torres. In tal senso, deve essere mantenuta la capacità dei sedimenti di muoversi verso e lungo al costa. Infatti, come documentato dalle attività di monitoraggio effettuate a largo della centrale termoelettrica di Fiume Santo (Ginesu et al., 1993), nel corso di 18 mesi sono stati movimentati nel fondale circa 400.000 m³ di sabbia. Appare evidente che questa situazione deve essere lasciata alla sua naturale dinamicità al fine di impedire un'inevitabile e progressiva scomparsa delle spiagge occidentali costituite unicamente da materiale fine.

2.7 - Bibliografia

- CAPPUCCI, S., PASCUCCI, V., 2004. Preliminary results of a multidisciplinary investigation on La Pelosa beach, Stintino, Northwest Sardinia, Italy. In: Proceedings of the 23rd IAS Meeting of Sedimentology, Coimbra, Portugal, p. 78.
- CARMIGNANI L. (1996) - Carta geologica della Sardegna. Scala 1/200.000. Cartografia artistica litografica. Firenze.
- CORDY J.M., GINESU S., OZER A. & SIAS S. (1995) - Geomorphological and palaeogeographical characteristics of the oreopithecus site of Fiume Santo (Sassari, northern Sardinia, Italy). *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 18: 7-16.
- DI GREGORIO F., FEDERICI P.R. & GINESU S. (2000) - Atlante delle spiagge della Sardegna. Scala 1:100.000. SELCA. Firenze.
- DONDA F., GORDINI E., REBESCO M., PASCUCCI V., FONTOLAN G., LAZZARI P., MOSETTI R. (2008) - Shallow water sea-floor morphologies around Asinara Island (NW Sardinia, Italy). *Continental Shelf Research*, 28: 2550 - 2564.
- FEDERICI P.R., GINESU S., DEMURO S., DEROMA M., SIAS S. (1997) - Atlante delle spiagge italiane (Dinamismo, Tendenza evolutiva, Opere umane). Foglio 180 Sassari-Foglio 167 Isola Rossa. Scala 1:100.000. SELCA, Firenze.
- GINESU S. MAROGNA A., SIAS S. (1993) - Le trasformazioni del paesaggio nella Sardegna settentrionale come cause primarie nell'insediamento antropico. In: "L'evoluzione dell'ambiente fisico nel periodo storico nell'area circum-mediterranea". CUEBC, Ravello, 5/8 VI: 54-60.
- GINESU S., MAROGNA A. & SIAS S. (1994a) - Evoluzione quaternaria e dinamica attuale della fascia costiera di Fiume Santo (Sassari, Sardegna). *Il Quaternario*, 7(1): 317-324.
- GINESU S., PREVITALI F. & SIAS S. (1994b) - Lineamenti geologico e geomorfologico del bacino di Fiume Santo. *Atti Conv. "Uso e degrado del suolo" Medalus II. Sassari*: 13-19.

- GINESU S., CORDY J.M., SIAS S. (1994c) - Il sito ad oreophiteco di Fiume Santo (Sassari, Sardegna settentrionale) IV Sett. Cul. Sc., M.B.C.A., Sassari: 48-53.
- GINESU S., PREVITALI F. & SIAS S. (1995) - Geological and geomorphological outlines of the rio Astemini-Fiume Santo basin (North - western Sardinia). Proc. Conf. "Land use and soil degradation MEDALUS in Sardinia", 65-75. Sassari.
- GINESU S., PREVITALI F. & SIAS S. (1996) - Carta geomorfologica del bacino del rio Astemini-Fiume Santo (Sardegna settentrionale). Scala 1:50.000. Gallizzi, Sassari.
- GINESU S. E OZER A. (2002) - Recent erosion on the northern coast of Sardinia: a radiometric datum for the Fiume Santo coast. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 25 (2): 105/109.
- MORETTI A. (1951) - Fenomeni di erosione marina nei pressi di Porto Torres. Riv. Geogr. It., 58: 181-197.
- ORRU P. (2004) - Morfologia sommersa. In Atlante dei Tipi Geografici, tema Morfologia costiera, Istituto Geografico Militare, pp. 868.
- SOTGIA ROVELLI T. (1926) - Su alcune sabbie e rocce del sedimento del nord ovest della Sardegna. Boll. Soc. Geol. It., 48: 2.
- SOTGIA ROVELLI T. (1927) - La ghiaietta silicea nel Golfo dell'Asinara. L'Industria Mineraria.
- SPANO B. E PINNA M. (1956) - Le spiagge della Sardegna. Ricerche sulle variazioni delle spiagge italiane, Centro Studi per la Geografia fisica. C.N.R., 7. Faenza: 1-251.

3. STUDIO DELLA DINAMICA MORFOLOGICA E SEDIMENTARIA AI FINI DELL'IMPOSTAZIONE DI INTERVENTI DI RIEQUILIBRIO

3.1 - Introduzione

Nel tentativo di comprendere le dinamiche sedimentarie e l'evoluzione morfologica del tratto di costa in cui è inserita la Pelosa, sono stati affrontati i seguenti argomenti:

- Studio dell'evoluzione morfologica della spiaggia mediante acquisizione, georeferenziazione e tracciamento della linea di riva su fotografie aeree e immagini satellitari e rilievi diretti. Restituzione cartografica dei dati.
- Studio sedimentologico della spiaggia emersa e sommersa.
- Ricostruzione dei flussi sedimentari attraverso modellistica sedimentologica della spiaggia emersa e sommersa.
- Determinazione cromatica dei sedimenti di spiaggia e di duna, nonché di altre sabbie utilizzabili per un eventuale ripascimento artificiale.
- Formulazione di ipotesi la ricostituzione dell'arenile.

3.2 - Evoluzione della linea di riva

3.2.1 - Materiali e metodi

La ricostruzione dell'evoluzione storica della spiaggia è stata approfondita avvalendosi della georeferenziazione dei vecchi e nuovi documenti, integrati in modo da massimizzare l'accuratezza dei prodotti finali.

Per la ricostruzione dell'evoluzione di lungo periodo sono stati analizzati i seguenti documenti:

1954: Volo del 13/10/1954; 1:35.000	2005: Rilievo GPS Maggio 2005
1968: Volo EIRA 1:23.000	2006: Rilievo GPS Luglio 2006
1977: Volo CGR Aprile - Maggio 1977	2007: Rilievo GPS Ottobre 2007
1995: Volo coste RAS scala 1:16.500	2008: Rilievo GPS Luglio 2008
1998: Volo coste RAS scala 1:16.500	2009: Rilievo GPS Luglio 2009
1999: Volo coste RAS scala 1:16.500	2010: Rilievo GPS Aprile 2010
2001: Volo coste RAS scala 1:16.500	

Mentre per lo studio della variabilità stagionale sono stati analizzati rilievi diretti della linea di riva effettuati a: Maggio 2005, Marzo 2006, Luglio 2006, Settembre 2006, Marzo 2007, Ottobre 2007, Aprile 2008, Luglio 2008, Novembre 2008, Maggio 2009, Luglio 2009, Novembre 2009 e Aprile 2010.

In Figura 3.1 sono tracciate le linee di riva "storiche" che sono state utilizzate per calcolare le variazioni areali della spiaggia emersa. A tal fine è stata misurata la superficie definita dalla linea di riva e da una linea riferimento che corre alla base delle dune o al limite della costa rocciosa.

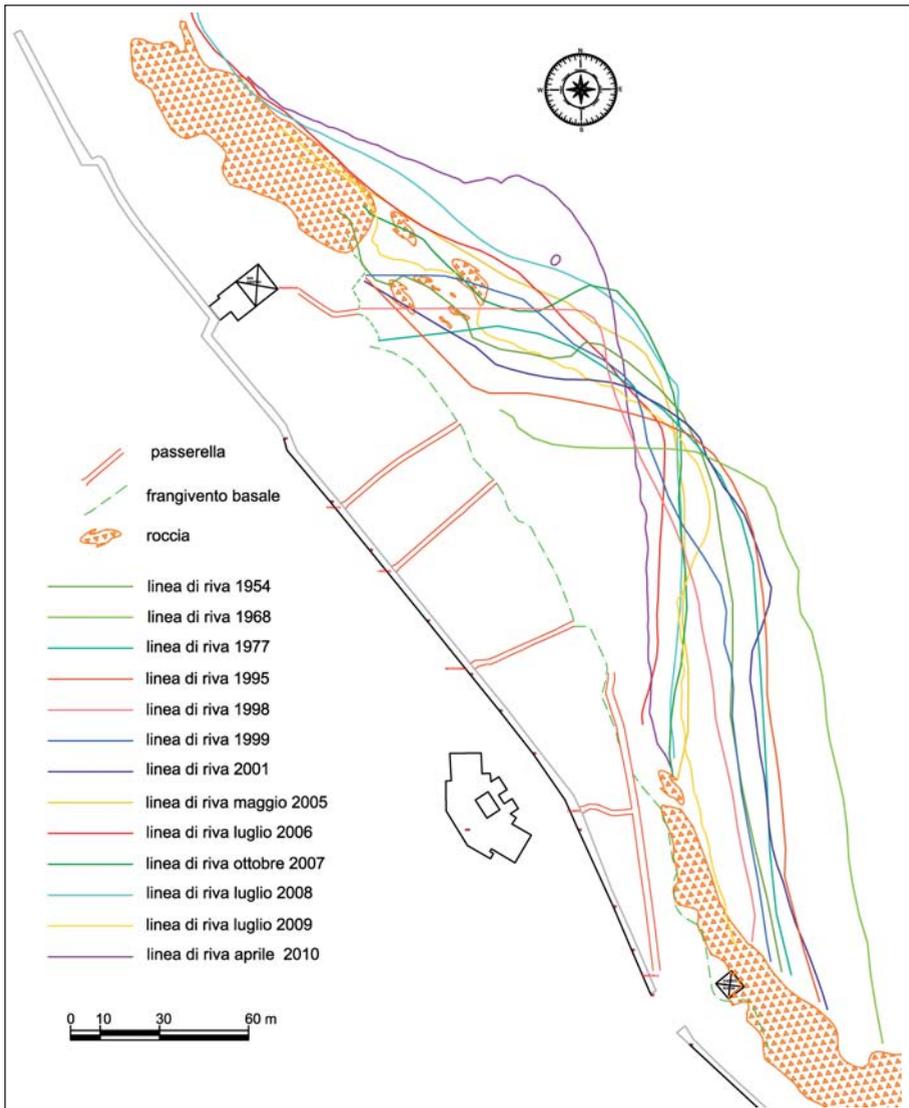


Figura 3.1 - Posizione della linea di riva fra il 1954 e il 2010.

Prima di procedere all'analisi dei dati è opportuno sottolineare che l'accuratezza nell'identificazione della linea di riva su foto aeree e immagini telerilevate è relativamente scarsa. Test effettuati dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze nell'ambito del Progetto INTERREG-Beachmed [Carli et al., 2004] indicano che difficilmente si può ottenere una accuratezza inferiore ai 5 m. Ciò significa che spostamenti della linea di riva di 10 m ricadono nell'intervallo dell'errore possibile.

Nel caso della spiaggia della Pelosa il problema è ancora più grave, dato che la spiaggia è estremamente chiara e la pendenza della battigia assai bassa: operatori diversi hanno posizionato l'interfaccia terra-acqua con spostamenti che hanno raggiunto i 10 m in alcune immagini.

L'analisi delle variazioni areali della spiaggia emersa (Figura 3.2) indica come essa sia soggetta a variazioni importanti fra un rilievo e l'altro, anche ravvicinati come vedremo fra breve, ma la linea di tendenza mostra comunque che questa spiaggia è soggetta ad un lento processo erosivo. Utilizzando appunto la linea di tendenza come stima dell'evoluzione si può affermare che dagli anni '50 si è avuta una perdita areale di circa 2300 m², pari al 21% della superficie iniziale.

Questa riduzione areale è ovviamente accompagnata da una variazione di volume che si manifesta con la riesumazione di scogli un tempo sepolti sotto la sabbia ed oggi abbondantemente prominenti.

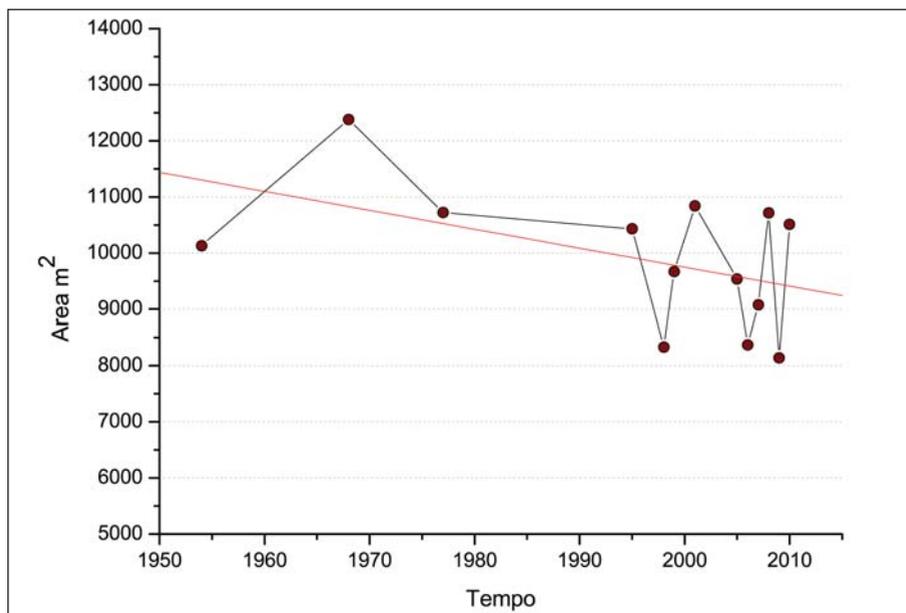


Figura 3.2 - Superficie della spiaggia emersa fra il 1954 e il 2010.

Il tasso di erosione, in realtà, è relativamente modesto se confrontato con quello che interessa altre spiagge della Sardegna e dell'Italia. Tuttavia, qui la criticità ad esso connessa è assai elevata, soprattutto per i modesti quantitativi di sedimento in gioco: elaborazioni 3D, effettuate su misure sperimentali della morfometria della spiaggia rilevata attraverso l'utilizzo di un laser scanner (modello Leica HDS Scantation 2; in dotazione al CCT APRAS in collaborazione con l'Università di Cagliari e di Sassari, il CINSAs, il CNR-Ibimet, il CRS4, Leica Geosystems S.p.A.), hanno consentito di stimare i volumi del settore emerso in 5628 m³.

In tal senso, come dimostra anche l'emersione degli scogli, ulteriori perdite sedimentarie potrebbero fare emergere ampie superfici rocciose sulle quali la dinamica sedimentaria sarebbe enormemente alterata. L'assenza di infiltrazione favorisce i flussi off-shore e i moti vorticosi che si genererebbero sulla superficie irregolare determinerebbero elevate velocità dei flussi stessi. Una volta ridottasi oltre un certo limite, questa spiaggia diverrebbe estremamente instabile.

L'altro problema, che poi si riconnette a questo, è legato all'estrema variabilità dell'arenile.

Il trend erosivo che abbiamo definito relativamente modesto è, in realtà, il risultato di variazioni che anche a pochi giorni di distanza sono assai superiori a quelle medie verificatesi in 50 anni.

Per analizzare questi processi rapidi sono state restituite tutte le linee di riva disponibili per il periodo Maggio 2005 - Aprile 2010 (Figure 3.3 e 3.4).

In questo breve periodo di tempo la forma e la superficie della spiaggia sono cambiate enormemente, con variazioni areali del 42%. Sebbene un'analisi statistica non sia possibile con così pochi dati, è logico pensare che vi siano elevate probabilità che variazioni assai maggiori possano intervenire nel giro di pochi anni, destabilizzando in modo preoccupante la spiaggia.

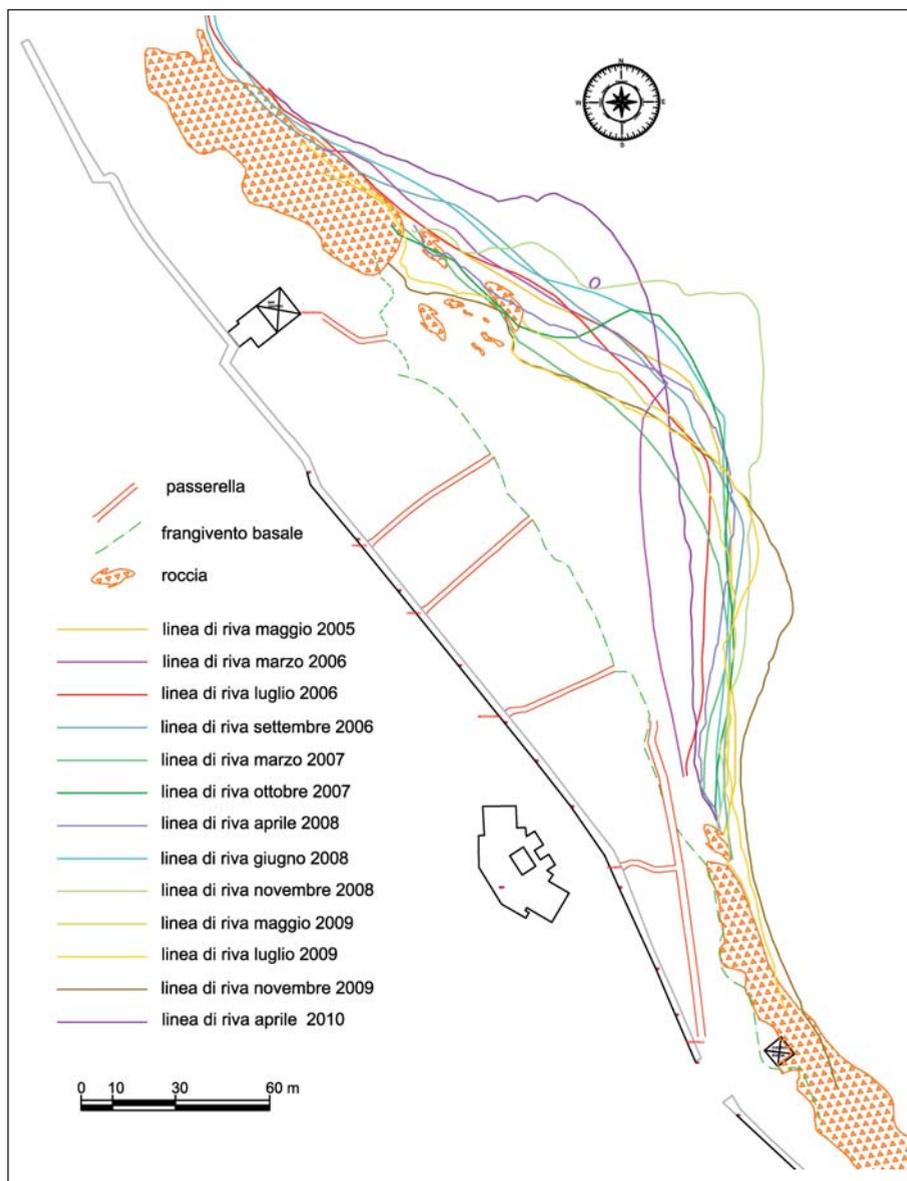


Figura 3.3 - Posizione della linea di riva fra Maggio 2005 e Aprile 2010.

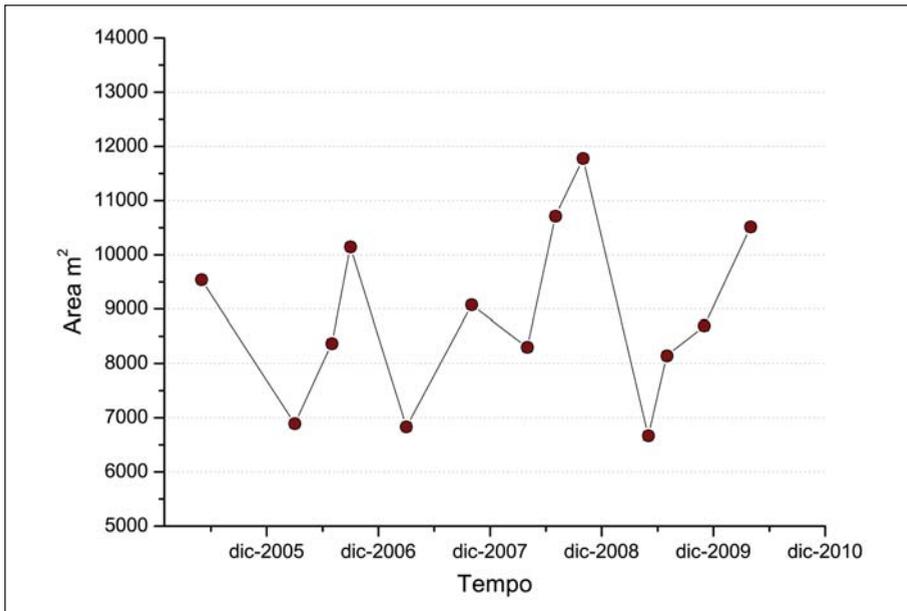


Figura 3.4 - Superficie della spiaggia emersa fra Maggio 2005 e Aprile 2010.

3.3 - Caratterizzazione dei sedimenti

3.3.1 - Materiali e metodi

La caratterizzazione granulometrica dei sedimenti della spiaggia della Pelosa è stata effettuata utilizzando dati relativi alle due campagne di prelievo effettuate nel Luglio 2006 e nel Giugno 2008.

Per ognuna di queste campagne sono stati prelevati sedimenti di spiaggia emersa e sommersa, questi ultimi tramite benna *Van Veen*.

Nel Luglio 2006 è stato effettuato un campionamento in un'area più estesa (Figura 3.5) rispetto a quello del Giugno 2008 (Figura 3.6), il quale si presenta più raffittito nell'area di maggiore interesse.

I campioni sono stati quindi sottoposti ad analisi granulometrica per mezzo di setacciatura meccanica a secco, con intervallo di $1/2$ phi e per una durata di 10 minuti, presso il Laboratorio Terre del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze.

Sulla base della percentuale relativa a ciascuna classe granulometrica, sono stati tracciati in modo automatico gli istogrammi di frequenza e le curve cumulative in scala log-probabilistica. Da queste sono stati ricavati, per interpolazione lineare, i percentili necessari al calcolo dei parametri grafici di Folk e Ward (1957): Media [Mz], Classazione [σ_1] ed Asimmetria [Sk_1].

Si è registrato anche il valore del Primo percentile e la percentuale di frazione fine, intesa come quella avente dimensioni inferiori a 0,063 mm o 4 phi. Sono stati tracciati anche i diagrammi bivariati delle combinazioni Media [Mz] / Profondità, Dimensioni del 1° percentile / Profondità, Classazione [s_1] / Profondità e Media [Mz] / Classazione [σ_1].

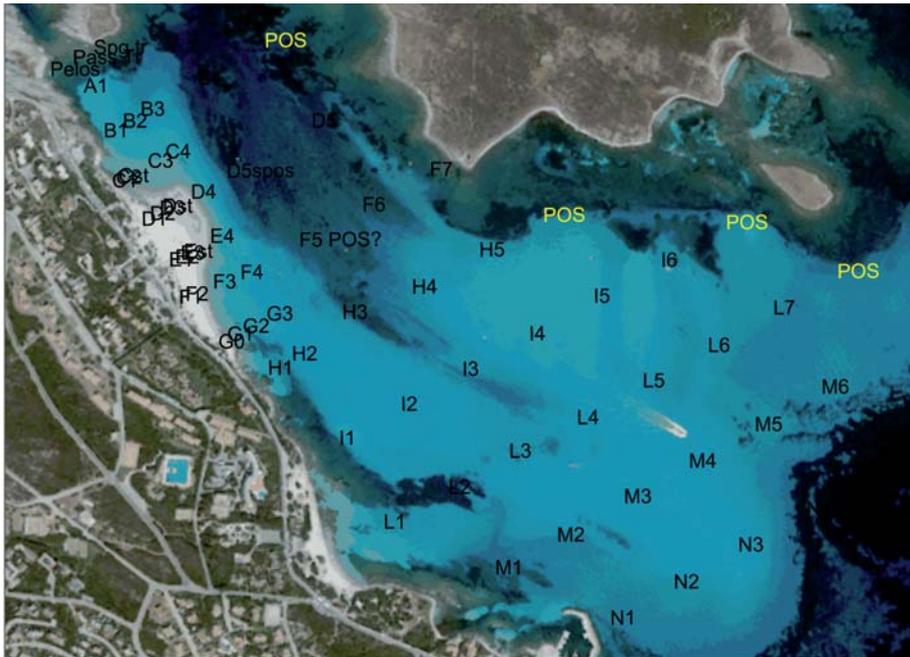


Figura 3.5 - Posizione dei campioni raccolti nel Luglio 2006.

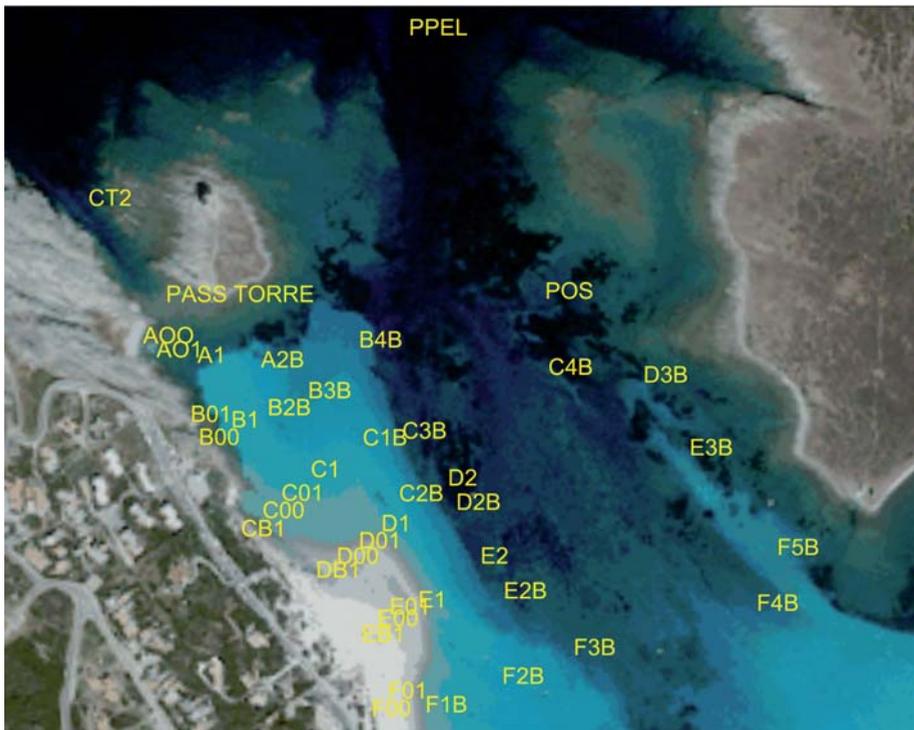


Figura 3.6 - Posizione dei campioni raccolti nel Giugno 2008.

Per ciascun parametro, ad eccezione dell'Asimmetria e della percentuale di frazione fine, sono state disegnate carte della distribuzione spaziale.

3.3.2 - Dimensioni medie (Mz) dei sedimenti

Le dimensioni medie (Mz) dei sedimenti, raccolti in entrambe le campagne, presentano un intervallo estremamente ridotto se confrontato con quello che caratterizza la gran parte dei litorali italiani. Questo dato è particolarmente anomalo, poiché i campioni sono stati raccolti in punti caratterizzati da condizioni morfologiche, e presumibilmente energetiche, assai diverse.

Facendo riferimento alla campagna del 2008 (Figura 3.7) si nota come i materiali più grossolani si trovino in prossimità dell'Isola Piana e come la spiaggia emersa e sommersa della Pelosa sia caratterizzata da sedimenti con Mz compreso fra 1 e 3 phi, ossia da sabbie medie a sabbie fini. La variabilità sembrerebbe scarsa, ma in considerazione dell'omogeneità dei materiali disponibili in zona, le modeste differenze rilevate fra una campagna e l'altra assumono una valenza maggiore ed indicano una discreta mobilità dei sedimenti.

La mobilità in senso *cross-shore* è anche favorita dal fatto che non esiste una correlazione fra le dimensioni dei sedimenti e la loro posizione batimetrica (Figura 3.8), cosa che conferirebbe al profilo di spiaggia pendenze diverse e quindi difficoltà per i materiali di cambiare la propria posizione.

L'anomalo andamento del grafico Media vs. Profondità potrebbe essere spiegato con condizioni energetiche costanti su tutta la spiaggia; in questo caso la spiaggia emersa e i fondali immediatamente antistanti sarebbero condizionati dall'energia del moto ondoso, mentre quelli più profondi dalle correnti di marea, sia essa astronomica che barica.

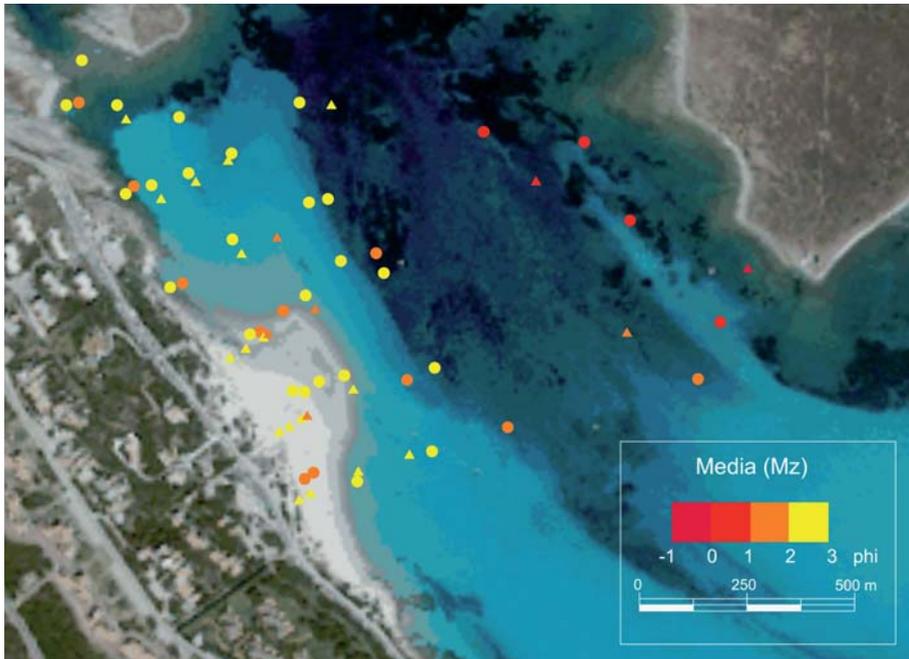


Figura 3.7 - Carta della Media dei sedimenti del Luglio 2006 (triangoli) e Giugno 2008 (pallini).

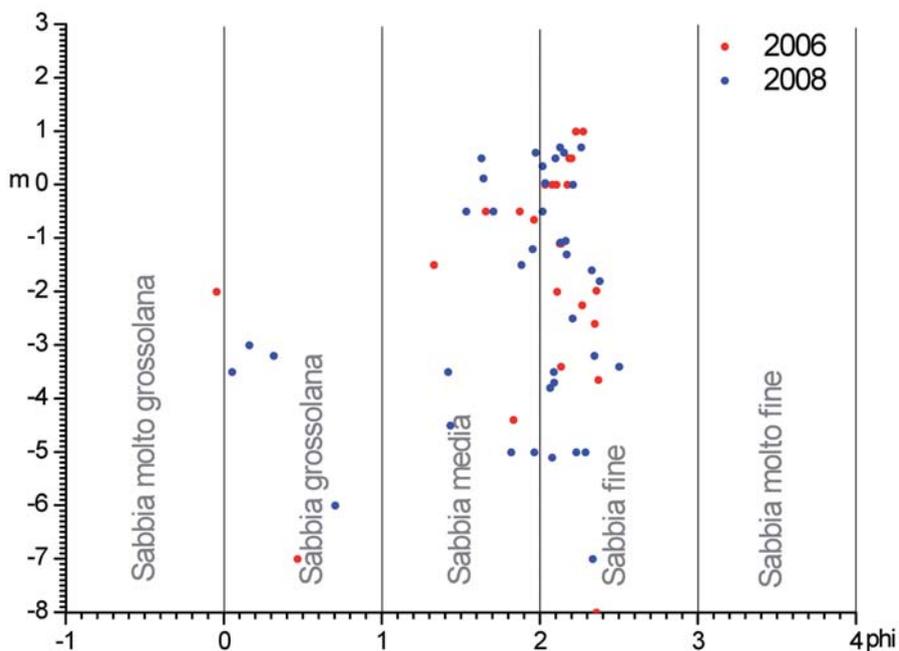


Figura 3.8 - Confronto fra dimensioni medie (M_z) dei sedimenti e profondità di prelievo (Classificazione secondo Krumbein, 1934).

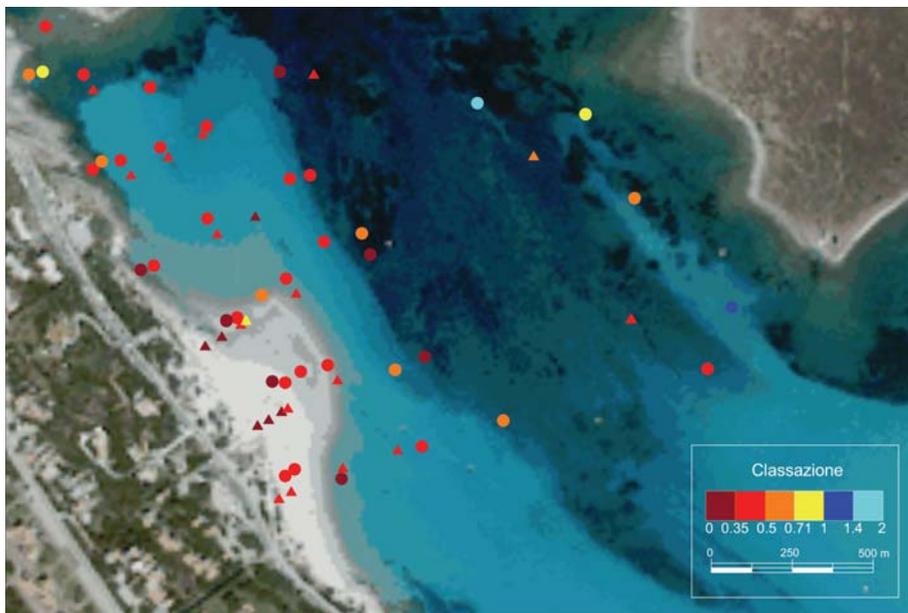


Figura 3.9 - Carta della Classazione dei sedimenti del Luglio 2006 (triangoli) e Giugno 2008 (pallini).

3.3.3 - Classazione dei sedimenti

L'omogeneità dei campioni non è solo “fra campioni”, ma anche all'interno di ciascuno di essi, come indicano i valori della Classazione (σ_1). Le sabbie della Pelosa (Figura 3.9) sono tutte, con due sole eccezioni nelle due campagne, molto ben classate o ben classate, secondo la scala verbale di Folk e Ward (1957).

Sedimenti meno classati si trovano su profondità intermedie (Figura 3.10) sul lato opposto del canale, ma non raggiungono mai la spiaggia in oggetto. La relazione fra Classazione e Media (Figura 3.11) è decisamente evidente, con i sedimenti fini che risultano più classati di quelli grossolani.

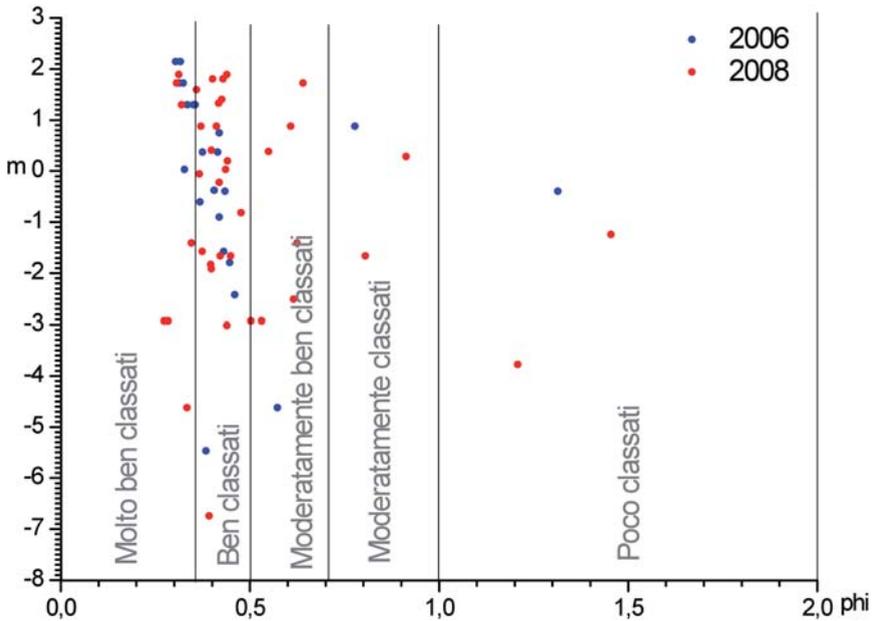


Figura 3.10 - Confronto fra Classazione (σ_1) dei sedimenti e profondità di prelievo (Classazione secondo Folk e Ward, 1957).

3.3.4 - Dimensioni del primo percentile

Una minore omogeneità si ritrova per le dimensioni del primo percentile (Figura 3.12) cosa prevedibile anche in base al fatto che le code delle distribuzioni, in questo caso quella grossolana, presentano sempre una maggiore aleatorietà.

Il grafico che mostra questo parametro in funzione della profondità è caratterizzato da una estrema dispersione dei punti, siano essi del rilievo 2006 che di quello del 2008 (Figura 3.13). Ciò dimostra la possibilità che qualche granello grossolano possa andare a depositarsi in ogni punto della spiaggia emersa e sommersa. Dato che spesso questi granuli sono costituiti da frammenti organogeni a minore peso specifico della sabbia, ben si comprende come possano “infiltrarsi” in sedimenti assai più fini.

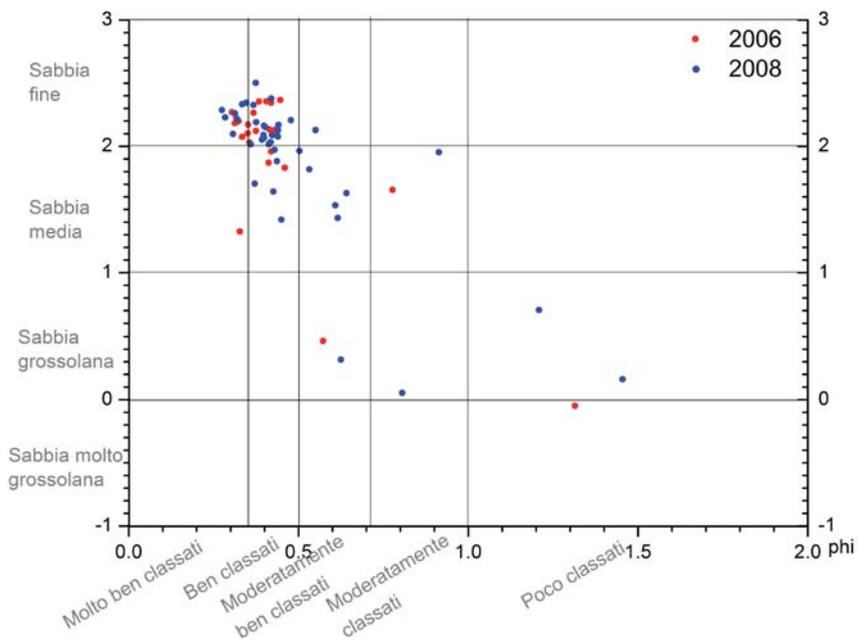


Figura 3.11 - Confronto fra Media e Classazione per i sedimenti del 2006 e del 2008.

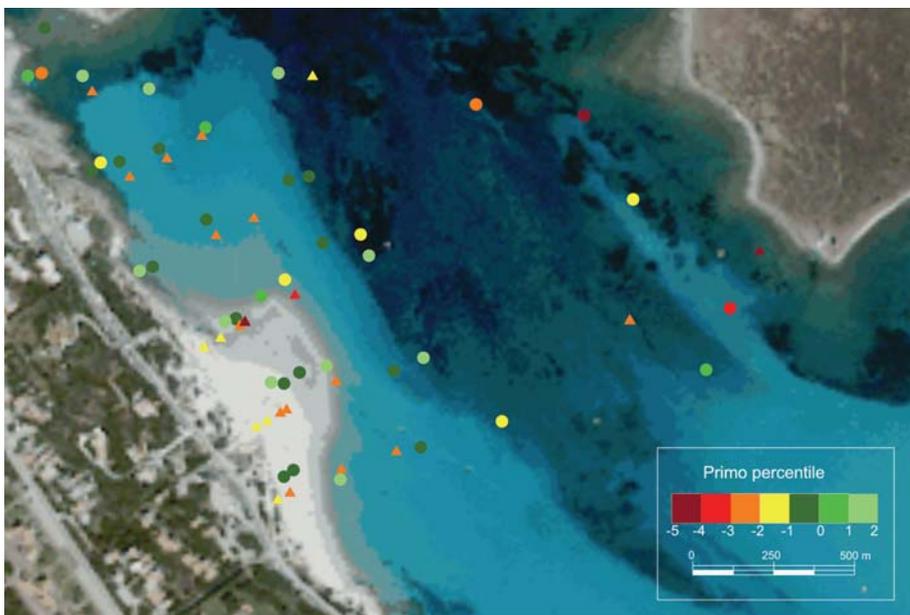


Figura 3.12 - Carta delle dimensioni del primo percentile dei sedimenti del Luglio 2006 (triangoli) e Giugno 2008 (pallini).

In ogni caso, l'interpretazione delle caratteristiche tessiturali dei sedimenti è assai complessa dato che più dell'80% del materiale che compone le sabbie è costituito da carbonato di calcio e quarzo, in rapporti variabili ma consistenti (vedere il Capitolo 4 per una ricostruzione dettagliata delle caratteristiche minero-petrografiche delle sabbie): a parità di peso o dimensione, quarzo e carbonati hanno un comportamento idraulico certamente diverso fra loro.

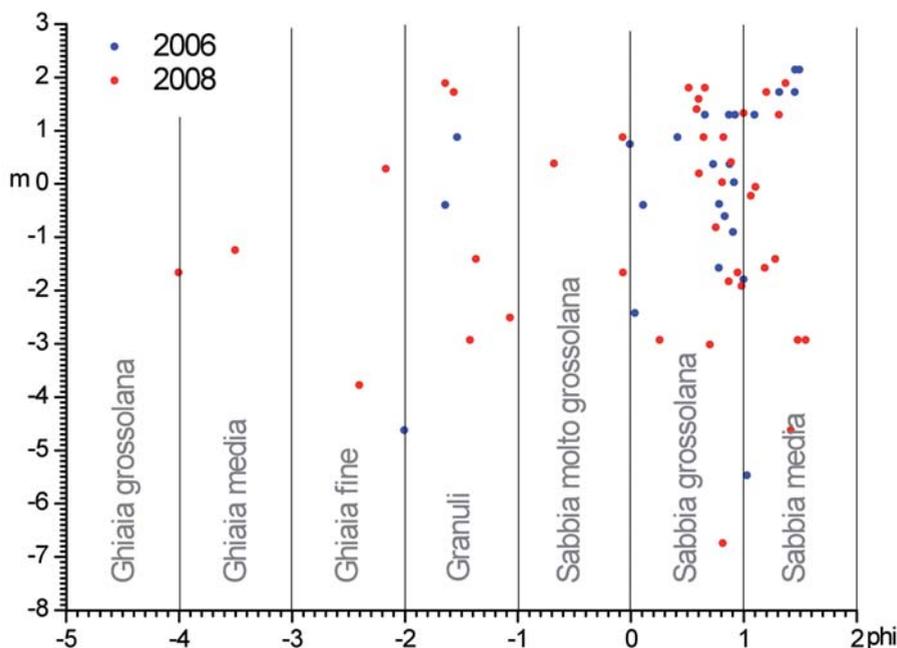


Figura 3.13 - Confronto fra dimensioni del primo percentile dei sedimenti e profondità di prelievo [Classificazione secondo Krumbein, 1934].

3.3.5 - Flussi sedimentari

I flussi sedimentari tracciati sull'ipotesi del *down-drift fining* (McCave, 1978) mostrano sulla spiaggia sommersa movimenti verso riva in corrispondenza della *cuspede foreland* e in uscita fra questa e l'Isola della Torre (Figura 3.14).

I flussi potenziali sono analoghi assumendo l'ipotesi del *down-drift sorting* (Figura 3.15). In entrambi i modelli di trasporto il flusso verso il *canyon* non interesserebbe in modo diretto la cuspede che si affaccia su di esso, ma riguarderebbe i sedimenti che si muovono verso Nord ed entrano in una specie di vortice che li convoglia verso il *canyon*.

La convergenza sulla cuspede diviene meno chiara con il modello di Gao e Collins (1992) che considera contemporaneamente i parametri Media, Classazione ed Asimmetria (Figura 3.16). In ogni caso l'uscita dei sedimenti dal tratto settentrionale è ugualmente evidente.

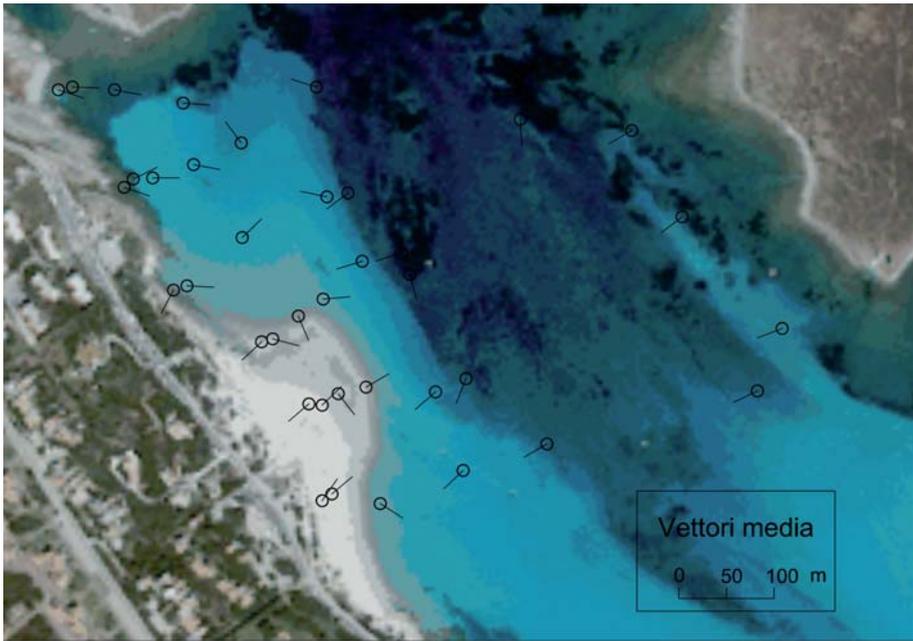


Figura 3.14 - Vettori di trasporto determinati sulla base dei valori della Media dei vari campioni per il 2008.

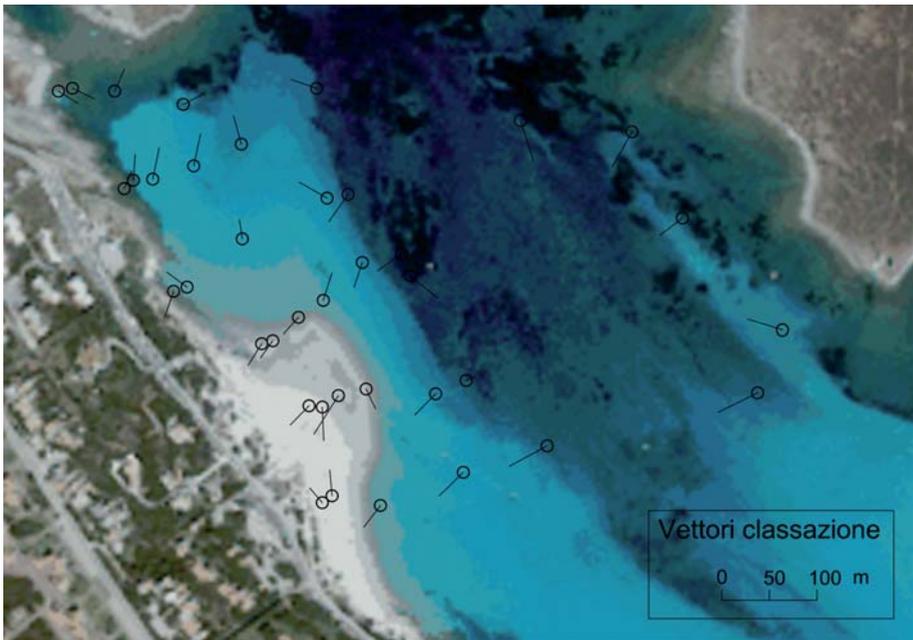


Figura 3.15 - Vettori di trasporto determinati sulla base dei valori della Classazione dei vari campioni per il 2008.

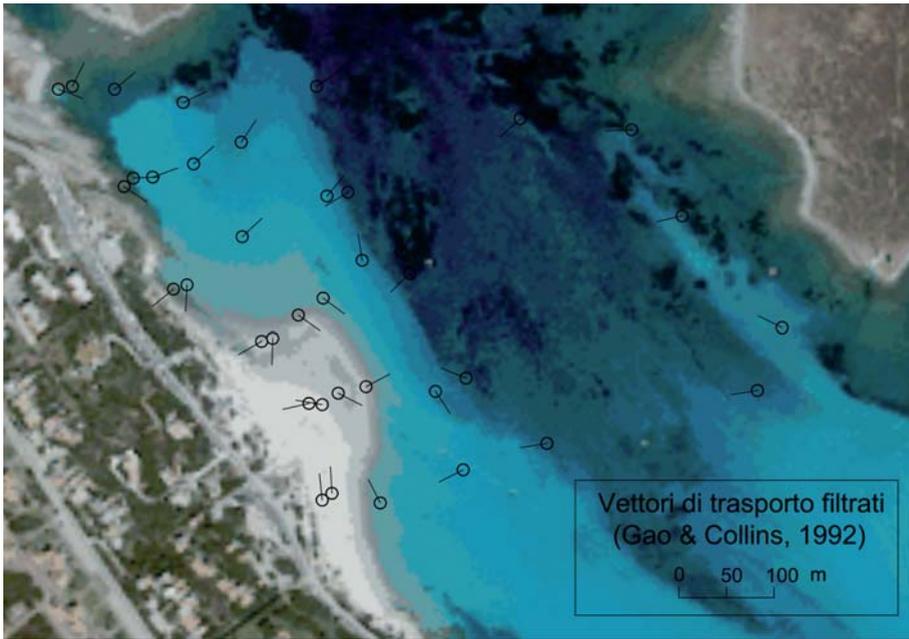


Figura 3.16 - Vettori di trasporto determinati sulla base dei valori di Media, Classazione ed Asimmetria dei vari campioni per il 2008.

In aggiunta a quanto esposto, si ritiene opportuno valutare con attenzione anche le perdite di sabbia verso il fondale profondo che si attivano nel passaggio tra la costa e l'Isola Torre della Pelosa (Figura 3.17). Andrebbe così approfondita l'ipotesi della creazione di una barriera con caratteristiche strutturali, geometriche e morfologiche sufficienti a ridurre l'energia di trasporto delle sabbie.

3.3.6 - Cluster analysis

Le carte relative alle dimensioni medie, alla classazione ed al primo percentile si basano sulla attribuzione dei materiali a classi dimensionali precostituite e in scala logaritmica.

Un'alternativa è quella di creare raggruppamenti sulla base delle affinità dimensionali considerando tutta la distribuzione granulometrica dei campioni. In questo modo si formano raggruppamenti di sedimenti indipendenti da decisioni a priori. La *Cluster analysis* è uno di questi sistemi. In Figura 3.18 compare il dendrogramma che mostra l'affinità fra i vari campioni. Tagliando ad un livello di similarità pari a -32 si ottengono 7 *cluster* ben definiti, alcuni dei quali, come A, D e C, con molti campioni, altri (B, F, G, E) con uno o due campioni solamente.

L'analisi dei dati mostra comunque una straordinaria sovrapposizione fra le classi così costituite e quelle basate sul parametro M_z . Data l'elevata Classazione dei sedimenti il risultato era prevedibile.

Nella carta di Figura 3.19, che mostra la distribuzione areale delle varie classi, si vede come i sedimenti della spiaggia della Pelosa appartengano a due sole classi (C e D) mentre i materiali presenti sui fondali abbiano una minore omogeneità.

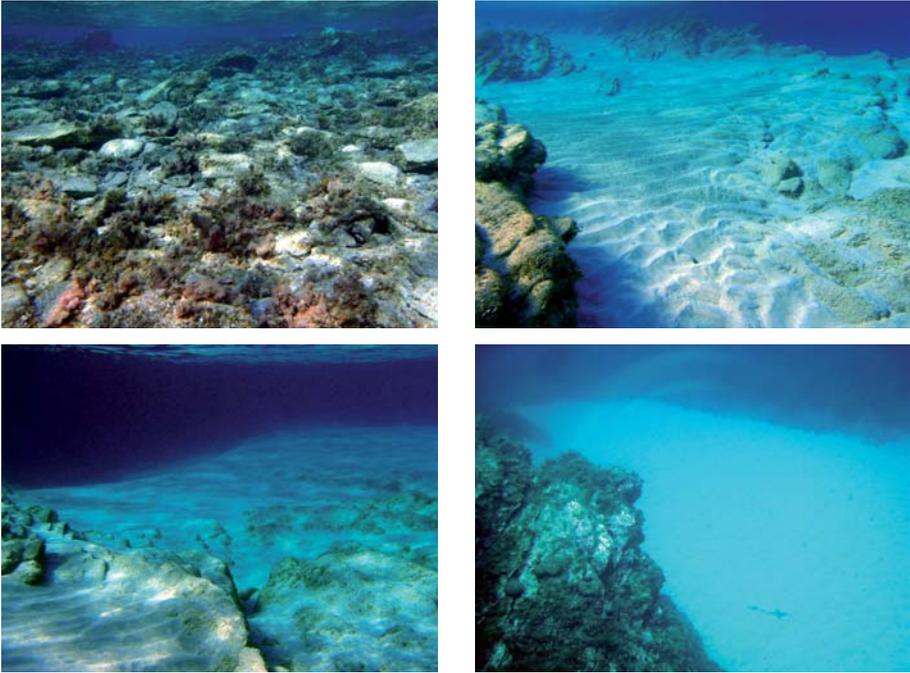


Figura 3.17 - Sequenza di immagini [da Sud-Est verso Nord-Ovest] caratterizzanti il fondale e la soglia presente in corrispondenza del passaggio tra l'Isola Torre della Pelosa ed il settore settentrionale della spiaggia.

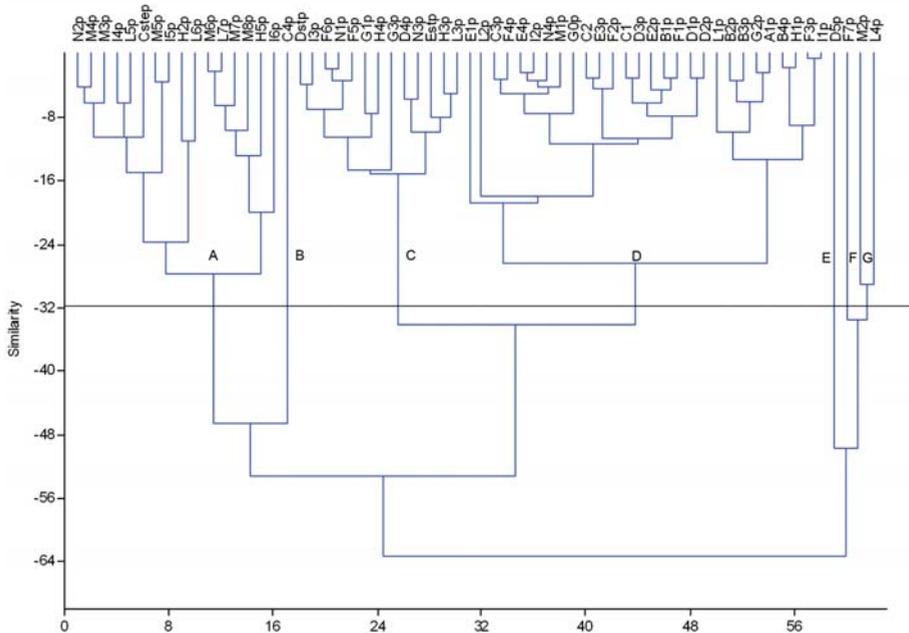


Figura 3.18 - Dendrogramma della Cluster analysis per i campioni del 2006.

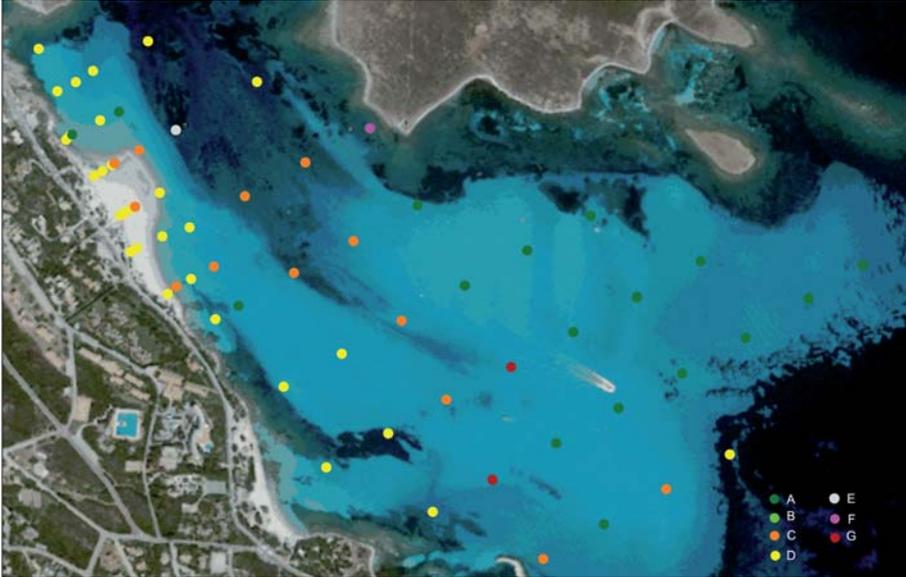


Figura 3.19 - Attribuzione dei vari campioni alle classi identificate con la Cluster analysis per la campagna del 2006.

I campioni raccolti nel 2008 si raggruppano in soli 4 *cluster* per una similarità di -32 (Figura 3.20). Ciò è coerente con il fatto che derivano da un'area minore e, più che altro, non rappresentano i fondali di Sud-Est, in cui abbiamo visto esserci massima variabilità.

Nel 2008 l'omogeneità fra i materiali è ancora maggiore e solo 4 campioni raccolti sulla cuspid e sui fondali antistanti non appartengono allo stesso *cluster* (Figura 3.21). In definitiva sembrerebbe che i sedimenti che costituiscono la spiaggia della Pelosa siano estremamente omogenei e ben differenziati da quelli presenti sulla piattaforma di Sud-Est.

La variabilità osservata, modesta in senso assoluto, ma significativa nel contesto di omogeneità tessiturale in cui ci troviamo, indica una certa dinamica dei materiali, ma non tale da portare ad un rimescolamento dei sedimenti fra aree diverse. Le sabbie della Pelosa sono specifiche della *cuspidate foreland*, lontano da essa vi sono sedimenti diversi, che possono costituirne la fonte di alimentazione o quanto viene disperso verso il *canyon*, ma non in modo diretto, bensì scorrendo verso Nord per venire spinti poi da un vortice verso il *canyon*.

3.4 - Analisi della compatibilità cromatica delle sabbie per la ricostituzione della duna e della spiaggia

3.4.1 - Premessa

In uno studio precedentemente effettuato per il Comune di Stintino era stata valutata la compatibilità tessiturale (Figura 3.22) e colorimetrica fra i sedimenti naturali e alcuni potenzialmente utilizzabili per il ripascimento e provenienti da un impianto di trattamento delle sabbie silicee presso Florinas (SS).

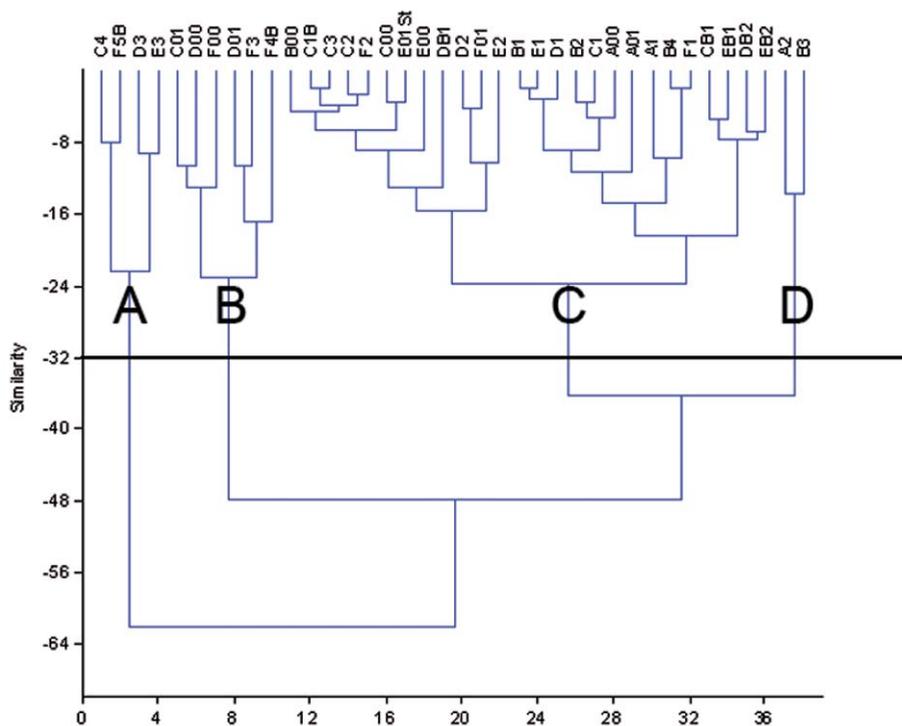


Figura 3.20 - Dendrogramma della Cluster analysis per i campioni del 2008.

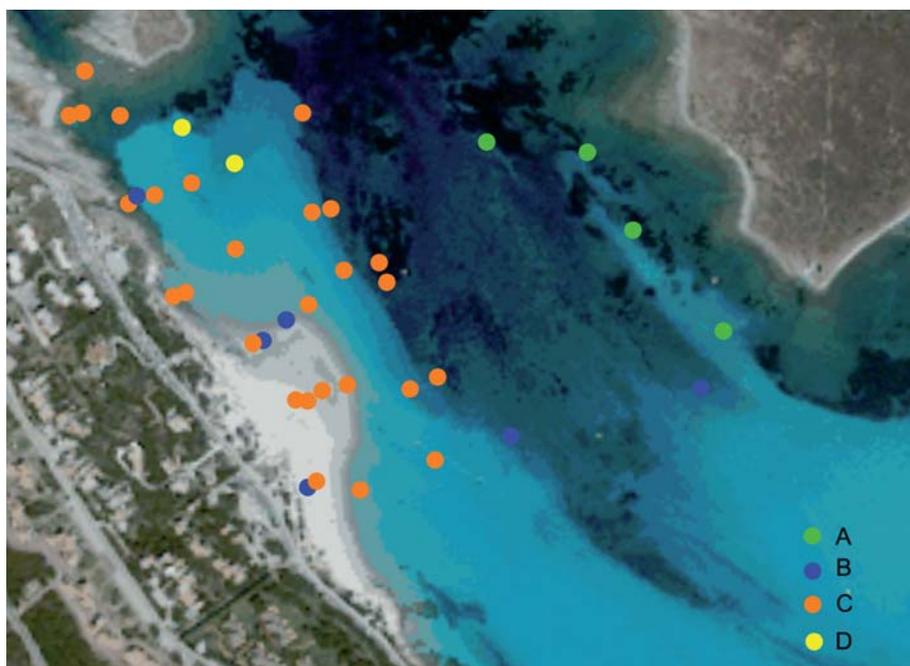


Figura 3.21 - Attribuzione dei vari campioni alle classi identificate con la Cluster analysis per la campagna del 2008.

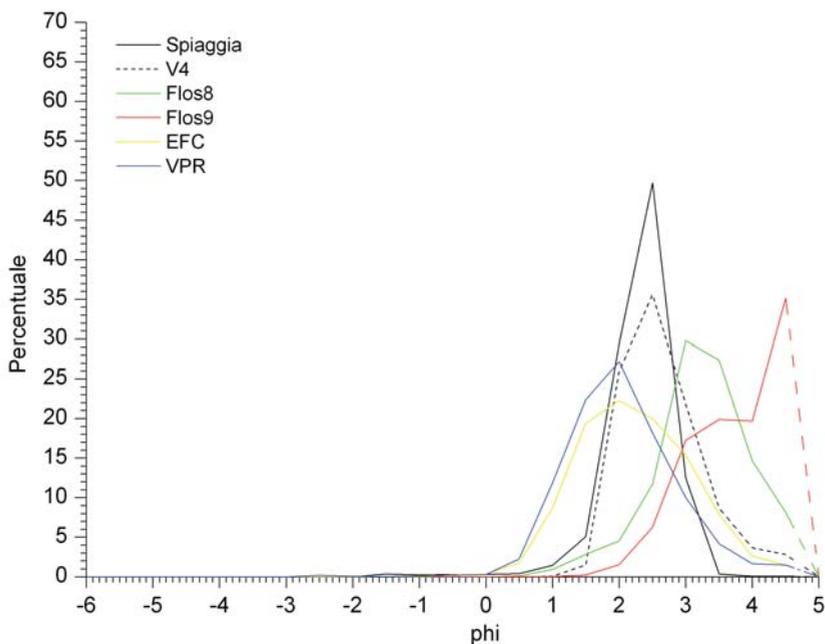


Figura 3.22 - Distribuzioni di frequenza dei vari materiali analizzati messe a confronto con quella rappresentativa della spiaggia della Pelosa.

L'analisi colorimetrica venne effettuata per confronto con le Tavole Munsell e con la determinazione per via strumentale nello spazio R-G-B.

Il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze ha, nel frattempo, perfezionato le tecniche di analisi del colore dotandosi di un colorimetro di precisione.

Si è quindi proceduto ad una nuova determinazione del colore dei sedimenti di battigia, spiaggia alta e dune, campionati nel corso di un sopralluogo il 14 ottobre 2008, e dei campioni di ripascimento nell'ipotesi di un loro impiego nella ricostituzione dello stock sedimentario del litorale. In quella occasione furono fatte anche delle prove di immissione di nuovi sedimenti per valutare la percezione delle variazioni cromatiche (Figura 3.23). Purtroppo ciò fu fatto sotto la pioggia, con la sabbia bagnata e il cielo scuro, tanto che i risultati non vennero considerati significativi. In ogni caso fu provata anche l'immissione di sabbia proveniente dalla Tunisia, che è stata subito scartata perché troppo gialla (Figura 3.24).

3.4.2 - Metodologia

L'analisi colorimetrica è stata effettuata per mezzo di un colorimetro Konica Minolta CR-410 le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 3.1. Per ogni campione sono state fatte 10 letture che sono state poi mediate.

Lo spazio colore utilizzato è il CIEL*a*b* (Figura 3.25) che costituisce un riferimento codificato e certificato dalla Commission Internazionale de l'Éclairage (CIE); l'Illuminante adottato è il D65, che corrisponde allo spettro solare in condizioni di cielo sereno (Pranzini, 2008). Tutte le elaborazioni e i grafici sono stati realizzati con il software Spectra Magic Nx della Konica-Minolta.



Figura 3.23 - Immissione della sabbia V4 sulla battigia della spiaggia della Pelosa.



Figura 3.24 - Immissione di sabbia di origine tunisina sulla duna della spiaggia della Pelosa.

Per consentire una più semplice interpretazione dei colori si sono determinate anche le notazioni nel sistema Munsell (Hue, Value, Chroma); queste sono state ottenute per lettura diretta con lo stesso strumento, ma utilizzando l'Illuminante C, come previsto dalla CIE.

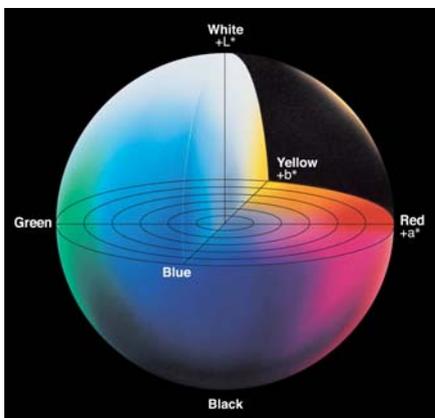


Figura 3.25a - Lo spazio CIEL a^*b^* .

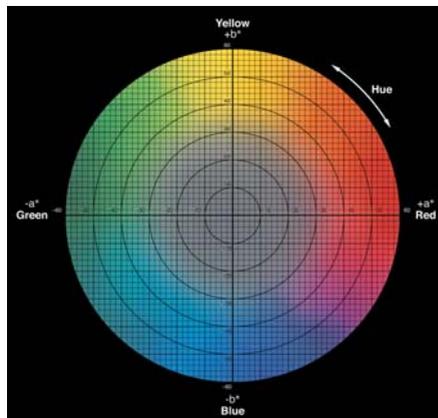


Figura 3.25b - Diagramma di cromaticità a^*, b^* dello spazio colore CIEL a^*b^* .

Tabella 3.1 - Caratteristiche tecniche del colorimetro Minolta Konica Cr-410.

Illuminazione/Visualizzazione	Diffusa/Angolo 0°	Ripetibilità	Dev. St entro ΔE^*ab 0,07
Rilevatore	6 Fotocellule al Silicio	Accordo inter-strumentale	ΔE^*ab : entro 0,8
Sorgente luminosa	Lampada pulsata allo Xeno	Osservatore	Osservatore standard CIE 2°
Area di misura/illuminazione	Ø 50 mm / Ø 53 mm	Ripetibilità	Dev. St entro ΔE^*ab 0,07

3.4.3 - Risultati

In Tabella 3.2 vengono riportate le coordinate colorimetriche $L^*a^*b^*$ dei sedimenti naturali e in Figura 3.26 i loro diagrammi di Luminosità [L^*] e Cromaticità [a^*,b^*], mentre in Tabella 3.3 e Figura 3.27 compaiono gli stessi dati per i materiali di ripascimento.

Tabella 3.2 - Notazioni Munsell e coordinate colorimetriche nel sistema CIEL a^*b^* dei sedimenti naturali.

Campione	Munsell Hue	Munsell Value	Munsell Chroma	$L^*(D65)$	$a^*(D65)$	$b^*(D65)$
Stintino battigia	1,2Y	6,47	1,64	65,87	1,57	11,6
Stintino spiaggia alta	1,3Y	6,07	1,38	62,21	1,36	9,88
Stintino duna	0,8Y	6,31	1,64	65,1	1,89	11,06

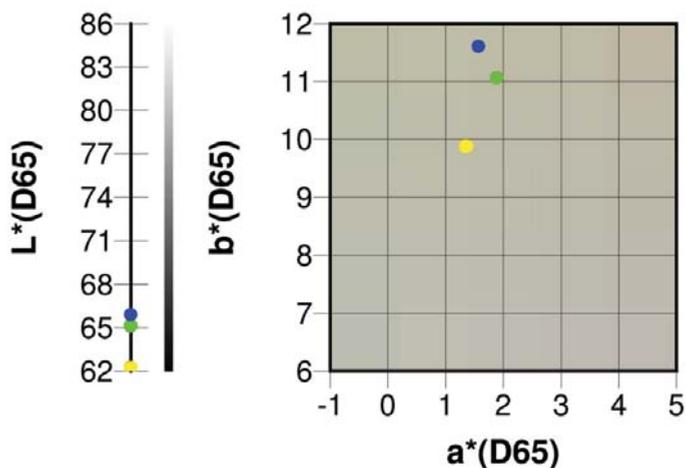


Figura 3.26 - Luminosità [a sinistra] e Cromaticità [a destra] dei sedimenti di battigia [Blu], di spiaggia alta [Giallo] e di duna [Verde]. Il colore dello sfondo nel grafico a^*b^* sarebbe quello reale nel piano a^*b^* salvo le variazioni indotte dalla stampa. Illuminante D65.

Tabella 3.3 - Notazioni Munsell e coordinate colorimetriche nel sistema CIEL a^*b^* dei sedimenti di cava.

Campione	Munsell Hue	Munsell Value	Munsell Chroma	L*(D65)	a*(D65)	B*(D65)
FLOS9	9,9YR	8,33	1,35	83,92	1,43	9,24
EFC	8,9YR	7,73	1,28	78,83	2	8,06
FLOS8	8,9YR	8,27	1,19	83,83	1,67	7,57
VRP	8,8YR	7,72	1,34	77,97	2,18	8,44
V4	7,6YR	8,17	1,53	83,25	2,85	8,67

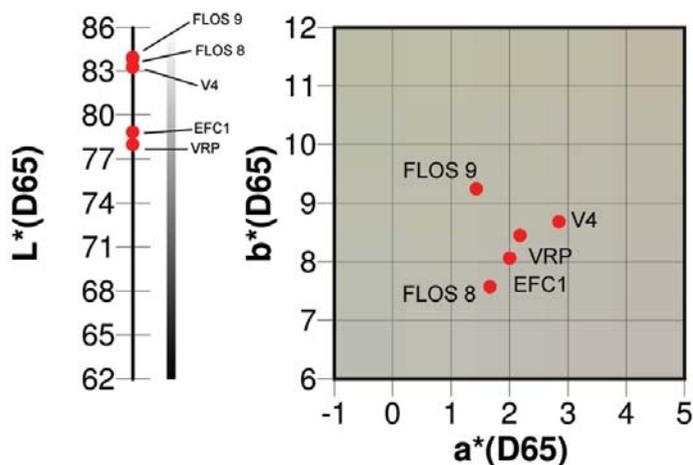


Figura 3.27 - Luminosità [a sinistra] e Cromaticità [a destra] dei sedimenti di cava. Illuminante D65.

La comparazione fra due colori viene effettuata calcolando la distanza euclidea nello spazio CIEL**a***b**:

$$dE^*_{ab} = [(dL^*)^2 + (da^*)^2 + (db^*)^2]^{1/2}$$

e rappresentandola sui diagrammi di Luminosità e Cromaticità in cui le coordinate diventano *dL**, *da**, *db**. In Tabella 3.4 e 3.5 e 3.6 vengono riportate le differenze cromatiche fra i sedimenti di spiaggia alta, di battigia e di duna con quelli di cava.

Tabella 3.4 - Differenze cromatiche fra i sedimenti di spiaggia alta e quelli di cava.

Nome Dati	dL*(D65)	da*(D65)	db*(D65)	dE*ab(D65)
Stintino vs V4	21,04	1,49	-1,21	21,13
Stintino vs Flos 8	21,62	0,31	-2,31	21,74
Stintino vs VRP	15,76	0,82	-1,44	15,85
Stintino vs EFC1	16,62	0,64	-1,82	16,73
Stintino vs Flos 9	21,71	0,07	-0,64	21,72

Tabella 3.5 - Differenze cromatiche fra i sedimenti di battigia e quelli di cava.

Nome Dati	dL*(D65)	da*(D65)	db*(D65)	dE*ab(D65)
Stintino vs V4	17,38	1,28	-2,93	17,67
Stintino vs Flos 8	17,96	0,1	-4,03	18,41
Stintino vs VRP	12,1	0,61	-3,16	12,52
Stintino vs EFC1	12,96	0,43	-3,54	13,44
Stintino vs Flos 9	18,05	-0,14	-2,36	18,2

Tabella 3.6 - Differenze cromatiche fra i sedimenti di duna e quelli di cava.

Nome Dati	dL*(D65)	da*(D65)	db*(D65)	dE*ab(D65)
Stintino vs V4	18,15	0,96	-2,38	18,33
Stintino vs Flos 8	18,73	-0,22	-3,49	19,05
Stintino vs VRP	12,87	0,3	-2,62	13,14
Stintino vs EFC1	13,73	0,12	-3	14,05
Stintino vs Flos 9	18,82	-0,46	-1,82	18,91

Per i sedimenti da utilizzare nel ripascimento artificiale delle spiagge non è stato ancora definito uno standard per valutare la percezione delle differenze, ma nelle arti grafiche si fa riferimento ai seguenti valori:

$dE^*_{ab} < 1$: impercettibile;

$1 < dE^*_{ab} < 2$: minima;

$2 \leq dE^*_{ab} < 3$: accettabile;

$3 \leq dE^*_{ab} < 5$: scarsamente accettabile;

$dE^*_{ab} \geq 5$: non accettabile.

Nel caso di un ripascimento da effettuarsi in Toscana si è stabilito di non accettare sedimenti con $dE^*_{ab} > 9$. Per quanto riguarda la Chiarezza [*L**] saranno

accettati sedimenti che si discostano da tale valore non più di -3 e di +9 unità; per la Cromaticità sono ammessi valori $-3 < a^* < +3$ e $-1 < b^* < +3$.

Per quanto riguarda il ripascimento della duna (Figura 3.28) si osserva che tutti i sedimenti analizzati hanno valori di a^* e b^* non molto diversi, anche se appaiono meno gialli, ma una Luminosità [L^*] decisamente superiore. Ciò vale anche nell'ipotesi di una utilizzazione degli stessi materiali per il ripascimento della spiaggia alta (Figura 3.29) e della battigia (Figura 3.30). In definitiva i materiali disponibili a Florinas, pur avendo una buona compatibilità tessiturale, presentano una colorazione decisamente più chiara.

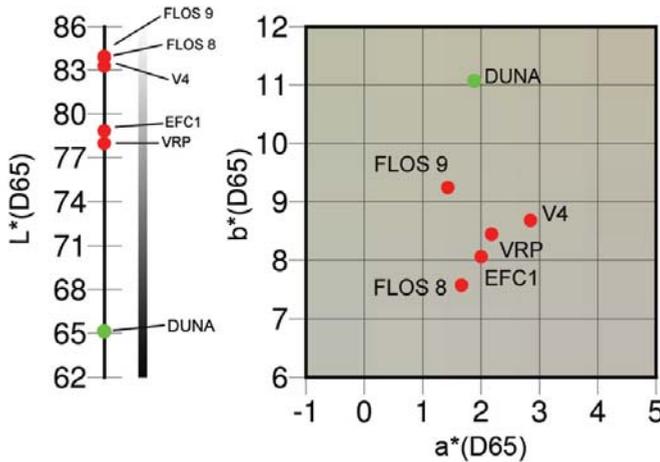


Figura 3.28 - Differenza di Luminosità [a sinistra] e Cromaticità [a destra] dei sedimenti di duna (Verde) e dei campioni considerati per un suo ipotetico ripascimento. Il colore dello sfondo nel grafico a^*b^* sarebbe quello reale nel piano a^*b^* salvo le variazioni indotte dalla stampa. Illuminante D65.

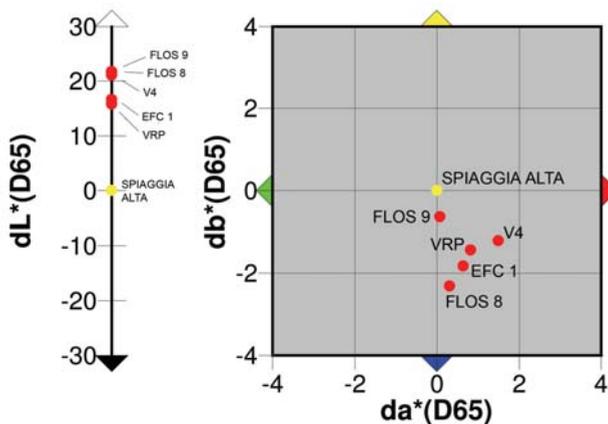


Figura 3.29 - Differenza di Luminosità [a sinistra] e di Cromaticità [a destra] dei sedimenti di spiaggia alta (Giallo) e dei campioni considerati per un suo ipotetico ripascimento. Il colore dello sfondo nel grafico a^*b^* sarebbe quello reale nel piano a^*b^* salvo le variazioni indotte dalla stampa. Illuminante D65.

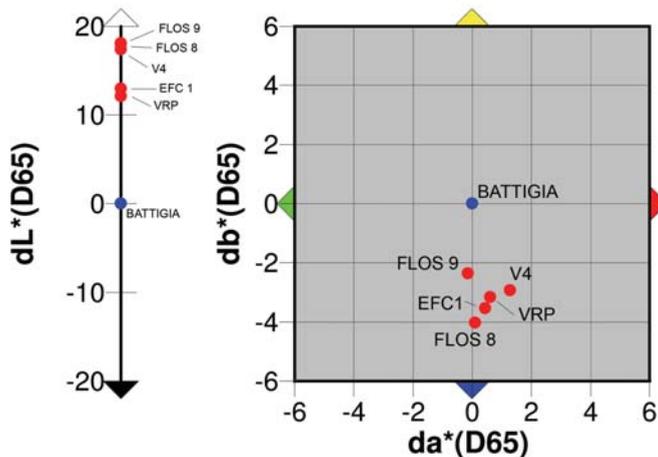


Figura 3.30 - Differenza di Luminosità [a sinistra] e di Cromaticità [a destra] dei sedimenti di battigia [Blu] e dei campioni considerati per un suo ipotetico ripascimento. Il colore dello sfondo nel grafico a^*b^* sarebbe quello reale nel piano a^*b^* salvo le variazioni indotte dalla stampa. Illuminante D65.

Indagini fatte su diverse spiagge (Pranzini et al., 2008) indicano che le sabbie chiare hanno un maggior gradimento rispetto a quelle scure, tanto che spesso gli *stakeholders* per i ripascimenti preferiscono colori anche diversi, ma più chiari, rispetto a quelli naturali.

Nel caso specifico le differenze risultano consistenti ed una utilizzazione dei sedimenti di Florinas per l'alimentazione della spiaggia o della duna della Pelosa dovrebbe essere preceduta da una condivisione delle scelte con le popolazioni e gli operatori economici locali.

3.5 - Bibliografia

- CARLI S., CIPRIANI L.E., BRESCI D., DANESE C., IANNOTTA P., PRANZINI E., ROSSI L., WEZEL L. (2004) - Tecniche di monitoraggio dell'evoluzione delle spiagge. In Erosione Costiera, Il piano regionale di gestione integrata della costa ai fini del riassetto idrogeologico, Regione Toscana.
- FOLK R.L. E WARD W.C. (1957) - Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. Journ. Sedim. Petrol., 27: 3-26.
- GAO S. E COLLINS M. (1992) - Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of "transport vectors". Sedim. Geol., 81: 47-60.
- KRUMBEIN W.C. (1934) - Size frequency distribution of sediments. Journ. Sedim. Petrol., 4: 65-77.
- MCCAVE I.N. (1978) - Grain-size trends and transport along beaches: examples from Eastern England. Marine Geology, 28: M43-M51.

- PRANZINI E. (2008) - Il colore della sabbia: percezione, caratterizzazione e compatibilità nel ripascimento artificiale delle spiagge. Studi costieri, 15: 101-122.
- PRANZINI E., SIMONETTI D. E VITALE G. (2008) - Il colore della sabbia: indagine sul gradimento dei frequentatori di spiagge naturali e di spiagge oggetto di ripascimento artificiale. Studi costieri, 15: 123-136.

4. DETERMINAZIONE DELLA COMPOSIZIONE MINERO-PETROGRAFICA DEI DEPOSITI ATTUALI

4.1 - Premessa

L'importanza di determinare la composizione minero-petrografica dei sedimenti di spiaggia risiede nella necessità sia di riconoscere la possibile origine delle sabbie presenti lungo il tratto costiero in esame, sia di definirne in modo univoco le caratteristiche. La valenza paesaggistica del bene spiaggia, infatti, è determinata anche dal colore della stessa che, a sua volta, è direttamente correlato alla composizione minero-petrografica. Per questo motivo la determinazione della composizione della sabbia è un aspetto imprescindibile nella caratterizzazione di un sistema costiero. Inoltre, la possibilità di definire la distribuzione dei vari minerali lungo costa può fornire importanti indicazioni sul trasporto litoraneo.

L'Atlante delle Spiagge del CNR presenta un quadro unitario di prima approssimazione della composizione petrografica dei sedimenti delle coste italiane. Le province petrografiche descritte nei fogli dell'Atlante consentono di determinare l'affinità composizionale del sedimento di spiaggia con i litotipi di uno specifico bacino di drenaggio e, quindi, permettono di riferire un litorale ad una determinata provincia.

Nell'area di Stintino, tuttavia, sono assenti dei veri e propri corsi d'acqua se si eccettua l'influenza di Fiume Santo, il cui carico solido risulta del tutto marginale per quanto riguarda la dinamica di questo tratto costiero. L'unità fisiografica di riferimento appartiene alla provincia petrografica S2 (Atlante delle Spiagge Italiane F.166 Asinara - S.179 Porto Torres, 1989) dove la maggiore presenza di carbonati nelle spiagge è legata prevalentemente all'apporto naturale di resti organici e coralligeni. I rapporti composizionali definiti per la provincia petrografica S2 sono i seguenti: carbonati 77%, quarzo 7,15% e ossidi di ferro 0,05%, con quantità minori di altri componenti quali granato ed andalusite.

Per descrivere la mineralogia e la petrografia della Pelosa, sono stati esaminati, mediante l'uso di microscopio stereoscopico, 40 campioni provenienti dai settori emersi e sommersi (Figura 4.1). Il campionamento, coincidente con quello effettuato ai fini sedimentologici, è stato effettuato nel 2006.

4.2 - Risultati e discussione

I sedimenti analizzati, che mostrano tonalità di fondo chiara e grana fine, sono risultati abbastanza omogenei dal punto di vista mineralogico.

Le sabbie sono formate da una frazione carbonatica, una silicatica con tracce di ossidi ed altri componenti minori. Le stime composizionali quantitative di ogni campione sono riportate nella Tabella 4.1 e riassunte nella Figura 4.1.

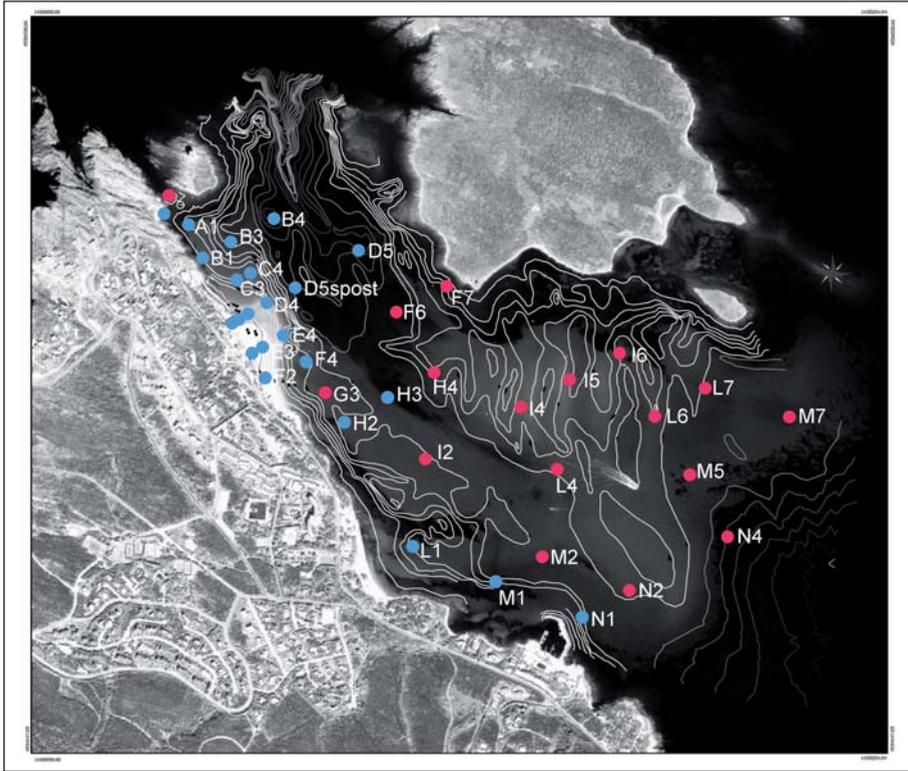


Figura 4.1 - Distribuzione spaziale dei campioni analizzati; in rosso i campioni con percentuale di quarzo minore del 10% ed in blu i campioni con percentuale di quarzo fra il 10% e il 45%.

La frazione carbonatica è costituita interamente da bioclasti di vario tipo e dimensione. Sono stati infatti riconosciuti gusci di foraminiferi, spicole di spugne, frammenti di aculei e placche di echinodermi, molluschi, gasteropodi, coralli.

Nella frazione silicatica si riconoscono cristalli di quarzo, biotite, muscovite, clorite, tormalina ed in quantità minore epidoto, pirosseno, anfibolo. Sono inoltre presenti frammenti litici di micascisti e paragneiss a quarzo, biotite, muscovite, clorite.

Fra gli ossidi e altri componenti minori, sono da segnalare l'ilmenite e, solo in un campione (B1), frammenti litici contenenti mineralizzazioni a nichel e ferro.

In alcuni campioni di sabbia si notano degli agglomerati parzialmente cementati di sabbia e talora frammenti di bioclasti di maggiori dimensioni.

Infine, in alcuni campioni (I5, I6, L4, N2, N4, La Pelosetta, Pass. Torre) si è riscontrata la presenza di granuli bituminosi.

Vale la pena sottolineare che tra i componenti terrigeni si rinvengono in larga parte granuli di quarzo (sub angolosi, ialini) e, subordinatamente, muscovite, biotite, frammenti di micascisti, anfibolo (prevalentemente orneblenda) e rara magnetite: in tal senso, solo alcuni campioni mostrano una marcata dipendenza compositiva dal substrato metamorfosato paleozoico con la presenza di frammenti litici, essenzialmente micascisti a composizione quarzoso-micacea (biotite e muscovite).

La natura minero-petrografica dei campioni si riflette sulla granulometria degli stessi: sebbene il 75% dei campioni sia costituito da sabbie fini ed omogenee, è comunque evidente, dalla comparazione con le analisi sedimentologiche riassunte nel Capitolo 3, una distribuzione bimodale del diametro dei granuli con la frazione carbonatica a dimensioni nettamente maggiori rispetto a quella silicatica. I campioni D5, F7, G3, H2, I6, L4, L6, M1, M2, N2, La Pelosetta sono invece granulometricamente eterogenei con grandi bioclasti che possono raggiungere anche il centimetro di diametro.

Per quanto riguarda i rapporti quantitativi fra i diversi componenti, nella maggior parte dei campioni, oltre l'80% dei granuli sono costituiti da carbonato e quarzo in rapporti variabili. Si possono tuttavia riconoscere due tipologie principali di sedimento: a) i campioni da A1 a F4, H2, H3, L1, M1, N1, La Pelosetta, Pass. Torre sono tutti relativamente ricchi in quarzo (fino al 45%) e generalmente contengono significative quantità di biotite, muscovite, clorite e minerali pesanti quali tormalina, ilmenite, epidoto, pirosseno, anfibolo; b) i rimanenti campioni hanno un contenuto in quarzo inferiore al 6% ed hanno quantitativi di fillosilicati decisamente più bassi rispetto a quelli osservati nel gruppo (a); essi sono praticamente privi di minerali pesanti o ne contengono minime tracce. La percentuale di quarzo presente nei campioni è riassunta in Figura 4.1.

La comparazione fra dati mineralogici e sedimentologici conforta le indicazioni, dedotte dai modelli esposti nel Capitolo 3, di un flusso convergente in corrispondenza della cuspide della Pelosa dove si concentrano i minerali più pesanti.

In Allegato 2 è riportato l'Atlante Fotografico: per ogni campione sono presenti due immagini, rispettivamente ingrandite 10x la prima e 20x la seconda.

Tabella 4.1 - Valori quantitativi composizionali [in vol. %] di ogni campione analizzato (tr. = in traccia).

Sigla Campione	carbonati	quarzo	biotite	muscovite	clorite	tormalina	ilmenite	epidoto	anfibolo	pirosseno	frammenti litici metamorfici	agglomerati di sabbia poco cementata	bitume	mineralizzazioni Fe-Ni
	A1	50	40	2	4	4	tr.	tr.	tr.					
B1	60	30	5	3	2	tr.		tr.			tr.			tr.
B3	60	25	10	1	1	1	1	1						
B4	52	30	7	3	5			1		1	1			
C3	40	40	7	2	4	1		2			2	2		
C4	38	45	8	2	5	tr.	tr.				1	1		
D step	47	20	7	4	5	2	1			1	10	3		
D1	56	27	5	2	3	3	3	1						
D2	51	35	2	5	5	1		1						
D4	54	34	4	2	4	1				1				
D5	38	15	2			2				tr.	43			
D5 spost.	65	25	3	2	3	1					1			
E1	60	30	2	1	1	3	2		tr.		1			
E3	59	30	3	3	1	2			tr.			2		
E4	65	25	3	2	3	1			tr.		1			
F2	71	20	3	3	2	1	tr.	tr.						
F4	73	15	3	2	1	tr.	tr.	tr.			1	5		
F6	90	5	2	1	1	tr.		tr.			1			
F7	70	6	2	1	1	tr.		tr.			20			
G3	81	6	2	2	3	1	tr.				5			
H2	67	20	2	2		1					8			
H3	80	15	2	2	1	tr.	tr.							
H4	91	5	1	2	1		tr.		tr.					
I2	77	5	2	2	2	tr.					12			
I4	90	5	2	2	1		tr.				2			
I5	90	4	2	1	1						2		tr.	
I6	87	5	1	2	1						3		1	
L1	70	20	3	2	1						2	2		
L4	88	5	3	3	1	tr.							tr.	
L6	89	5	2	3	1						tr.			
L7	92	2	1	2	tr.						3			
M1	70	20	3	2	1						2	2		
M2	72	5	2	2	1	tr.		tr.			15	3		
M5	85	2	2	3	2						2	4		
M7	89	3	2	2	1						3			
N1	80	10	2	3	1	tr.					2	2		
N2	81	5	2	3	1	tr.					3	5	tr.	
N4	82	5	3	2	1	tr.					2	5	tr.	
La Pelosetta	64	15	3	2	1						10	5	tr.	
Pass. Torre	73	20	2	2	1						2		tr.	

5. INTERVENTI DI RIPRISTINO E CONSERVAZIONE DELLA DUNA

La peculiarità del sistema geomorfologico della Pelosa è costituita, oltre che dalla forma della spiaggia, dalle sabbie di trasporto eolico, alimentate dalla spiaggia, che si sono accumulate su un substrato roccioso piuttosto articolato e che hanno dato forma al deposito dunale.

A differenza delle strutture dunali più diffuse, costituite da cordoni variamente articolati su superfici orizzontali o sub orizzontali, quello della Pelosa è un deposito eolico di addossamento, di modeste dimensioni (circa 16000 m²) e che, verso l'interno, vede rapidamente sfumare il proprio spessore in funzione dell'acclività e della morfologia del substrato.

La culminazione dunale è generalmente intercettata dalla strada litoranea, che corre approssimativamente ad una quota di 7,3 m e che ha prodotto la "decapitazione" della porzione sommitale, eliminando qualunque possibilità di evoluzione dell'apparato al di là dell'allineamento stradale.

In tutto il mondo, le dune costiere presenti in località a vocazione turistica sono soggette a fenomeni erosivi connessi al calpestio incontrollato. Come conseguenza, la vegetazione spontanea che le abita subisce una rapida regressione, accelerando così l'erosione stessa.

Dove ciò accade, la protezione della duna è spesso effettuata costruendo camminamenti controllati: queste strutture, generalmente in legno, se possono sembrare impattanti sotto il profilo estetico, costituiscono l'unica soluzione per la salvaguardia della vegetazione e quindi del sistema dunale. Inoltre, la loro presenza dovrebbe indurre nei frequentatori una maggiore consapevolezza sull'importanza delle dune, innescando un virtuoso percorso educativo-ambientale.

Generalmente le strutture utilizzate sono piuttosto semplici e facilmente adattabili al profilo del sistema spiaggia - duna, minimizzando la movimentazione di sabbia e, di conseguenza, l'alterazione della vegetazione. Come visto, il materiale comunemente utilizzato è il legno, che alle conosciute caratteristiche di resistenza unisce la gradevolezza di un elemento naturale. L'orientazione preferibile delle passerelle è generalmente quella ortogonale alla spiaggia; l'estensione del lato verso mare deve raggiungere almeno il piede della duna o il limite della vegetazione.

A queste strutture possono essere associate opere frangivento: questi schermi, oltre ad essere estremamente utili anche nel trattenere le sabbie eoliche, costituiscono elementi dissuasivi molto funzionali nel controllo del calpestio. L'azione dei frangivento accoppiati è particolarmente efficace soprattutto in relazione alla frazione di trasporto verso le aree retrodunali, aliquota che, nel caso di dune antropizzate, può essere considerata sottratta al bilancio del sistema spiaggia-duna.

La conseguente creazione di depositi eolici in grado di vegetarsi rapidamente ed efficaci nel chiudere i varchi nella duna sia sommitali che basali, ha un rapido effetto di restauro e rinaturazione del sistema complessivo.

Gli interventi realizzati presso la Pelosa hanno seguito le linee di indirizzo appena descritte.

Esse (passerelle, recinzioni, ecc.) hanno favorito la ricostituzione della duna costiera aumentando la velocità e la quantità di accumulo della sabbia ed hanno dissuaso il passaggio pedonale incontrollato, creando accessi facilitati alla spiaggia.

5.1 - Analisi dell'evoluzione morfo-topografica del sistema duna-spiaggia

L'azione di monitoraggio topografico e l'analisi dello stato ambientale del sistema ha preso avvio nel maggio 2005 secondo lo schema operativo sintetizzato nella Tabella 5.1.

Tabella 5.1 - Schema operativo dei rilievi topografici

DATA RILIEVO	METODOLOGIA
Maggio 2005	Rilievo diretto con geodimetro
Marzo 2006	Rilievo diretto con geodimetro
Settembre 2006	Rilievo GPS
Marzo 2007	Rilievo GPS
Ottobre 2007	Rilievo GPS
Aprile 2008	Rilievo GPS
Novembre 2008	Rilievo GPS

Questa attività ha avuto come scopo quello di verificare gli esiti degli interventi di ripristino e conservazione realizzati, ed eventualmente correggerli in corso e post opera.

L'analisi sulla funzionalità delle opere è stata effettuata sulla base dell'elaborazione dei rilievi topografici relativi a quattro intervalli di tempo consecutivi, coincidenti con le seguenti campagne: Settembre 2006, Marzo 2007, Ottobre 2007, Aprile 2008, Novembre 2008. Ogni rilievo è stato effettuato utilizzando una strumentazione GPS (Global Positioning System) differenziale a doppia frequenza, Leica System 1200, operando in modalità RTK (Real Time Kinematic).

Essendo nota la difficoltà nel determinare i movimenti stagionali dei quantitativi di sabbia all'interno di un sistema dunale, l'acquisizione dei dati ha considerato sia un rilievo areale sia la collezione di misure in sezioni prestabilite.

Per ogni singola sezione (Figura 5.1) sono state analizzate le variazioni morfologiche dedotte dal confronto fra campagne di misura successive.

Tra la fine del 2006 e il 2007 sono stati avviati differenti interventi di protezione e restauro progettati sulla base dei rilievi planoaltimetrici iniziali, che hanno portato alla realizzazione delle passerelle, di opere frangivento e delle recinzioni associate. In particolare, le passerelle sono state realizzate lungo le principali direttrici delle maggiori forme di degrado con il duplice scopo di favorire la cattura di sedimento in movimento e, nello stesso tempo, di eliminare il calpestio e, dunque, favorire il processo di consolidamento da parte della vegetazione.

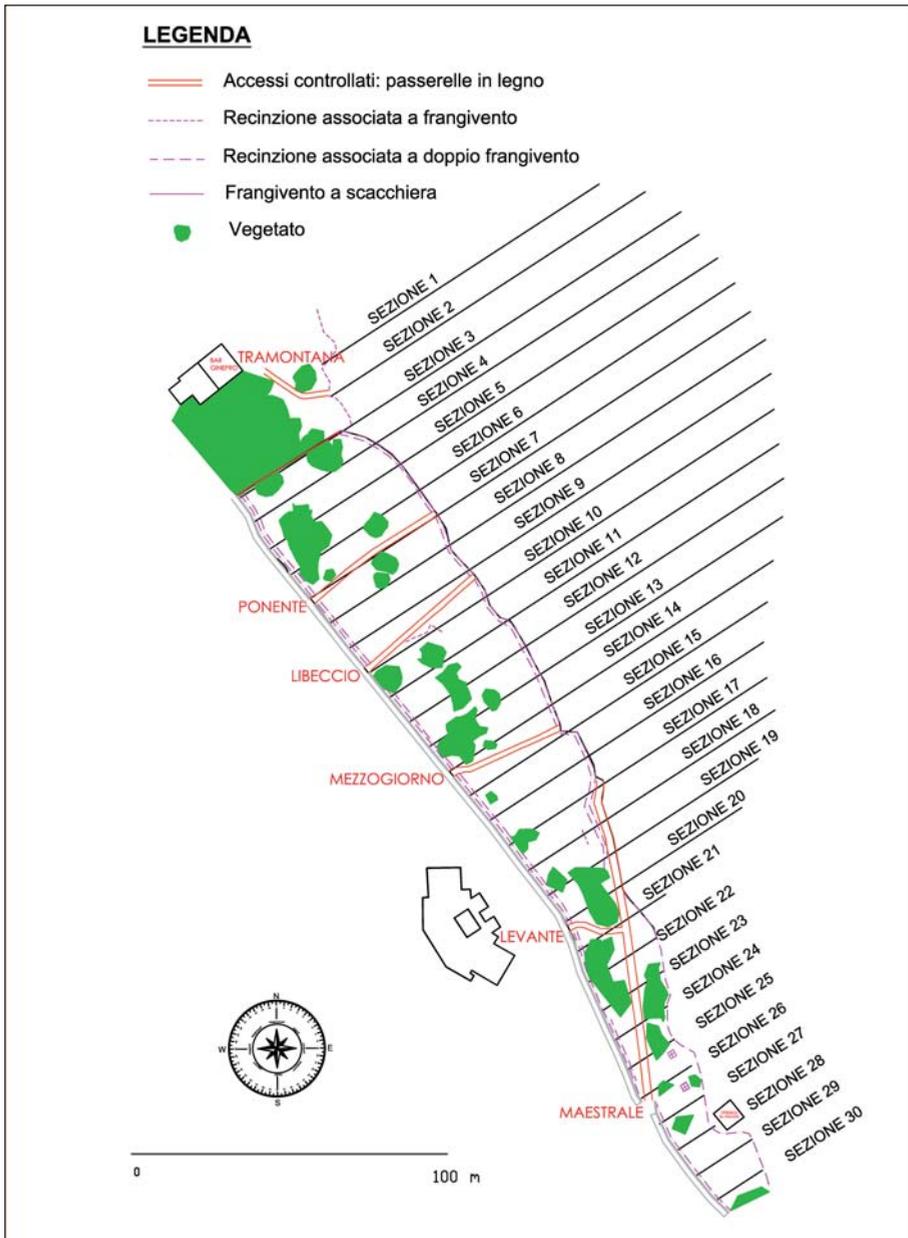


Figura 5.1 - Sezioni prestabilite per l'analisi delle variazioni morfologiche del sistema spiaggia-duna.

5.1.1 - Osservazioni relative al bilancio di sabbia

Per motivi di coerenza metodologica, le seguenti valutazioni hanno preso in considerazione i soli rilievi effettuati con GPS differenziale, scartando i dati scaturiti dalle osservazioni con il teodolite. Nell'interpretare i dati, va evidenziato come questi abbiano una cadenza piuttosto ampia e non rigidamente regolare e, quindi, alcune

osservazioni possono risultarne condizionate. Altro elemento limitante è che il monitoraggio condotto investe, necessariamente, solo parte della spiaggia sommersa. Per loro natura, infatti, i rilievi topografici interessano l'intero corpo dunale, la spiaggia emersa (dal piede della duna embrionale alla linea di riva) e una modesta porzione della spiaggia sommersa (sino a circa la batimetrica -0,7 m ÷ -1,0 m). Le sezioni non chiudono sempre sugli stessi punti planimetrici, né alle stesse profondità, e quindi la valutazione risultante non è precisa in termini assoluti.

Nonostante le limitazioni descritte, l'analisi condotta offre informazioni significative e di apprezzabile importanza per la definizione dello stato di conservazione del sistema sedimentario e dell'ecosistema, nonché per la definizione di corrette linee di gestione e manutenzione.

Nella Tabella 5.2 sono sintetizzati i risultati relativi ai calcoli volumetrici basati sul metodo delle sezioni ragguagliate.

Tabella 5.2 - Risultati del bilancio sedimentario stimato per il sistema spiaggia emersa - duna. I valori relativi alle variazioni successive al periodo Settembre 06 - Marzo 07 sono riferiti al periodo precedente; i valori di Delta totale si riferiscono alla prima campagna di misure.

Bilancio duna embrionale (frangivento basale)				
Intervallo	Settembre 06 - Marzo 07	Marzo 07 - Ottobre 07	Ottobre 07 - Aprile 08	Aprile 08 - Novembre 08
Variazione m ³	312	-102	192	-52
Delta totale m ³		210	402	350

Bilancio duna				
Intervallo	Settembre 06 - Marzo 07	Marzo 07 - Ottobre 07	Ottobre 07 - Aprile 08	Aprile 08 - Novembre 08
Variazione m ³	390	9	106	192
Delta totale m ³		399	505	697

Bilancio duna al netto della duna embrionale (coincide con la duna consolidata - foredune)				
Intervallo	Settembre 06 - Marzo 07	Marzo 07 - Ottobre 07	Ottobre 07 - Aprile 08	Aprile 08 - Novembre 08
Variazione m ³	78	111	-86	244
Delta totale m ³		189	103	347

Bilancio spiaggia				
Intervallo	Settembre 06 - Marzo 07	Marzo 07 - Ottobre 07	Ottobre 07 - Aprile 08	Aprile 08 - Novembre 08
Variazione m ³	-4498	4409	-1917	4535
Delta totale m ³		-89	-2006	2618

Il sistema duna - spiaggia, nel periodo considerato (Settembre 06 ÷ Novembre 08), evidenzia un bilancio positivo complessivo dell'ordine di 3300 m³. Di questo il 20% riguarda il corpo dunale (circa 700 m³) e l'80% la spiaggia (2600 m³).

Considerando una superficie media di spiaggia emersa di circa 9000 m², tale incremento corrisponderebbe a circa 0,28 m³/m².

Nei diversi intervalli "estivi", il bilancio della spiaggia è positivo e dello stesso ordine di grandezza (Marzo 07 ÷ Ottobre 07 = + 4400 m³; Aprile 08 ÷ Novembre 08 = + 4500 m³).

In quelli "invernali", il bilancio è negativo (Settembre 06 ÷ Marzo 07 = - 4500 m³; Ottobre 07 ÷ Aprile 08 = - 2000 m³).

Inoltre, per maggiore chiarezza, è stato calcolato il rapporto volumi/superfici approssimando il volume e la superficie della spiaggia emersa a quello compreso

tra le isoipse -0,5 e 1,5 m. Il limite superiore della spiaggia emersa (1,5 m) è stato vincolato in modo da non comprendere nel calcolo volumetrico il contributo degli accumuli nei pressi del frangivento basale, mentre, il limite inferiore è stato riferito alla quota -0,5 perché ampiamente raggiunta in ogni campagna di rilievo topografico.

Analogamente, il volume e la superficie della duna embrionale è stato valutato tra le isolinee 1,5 e 2,5 m, mentre, per la duna stabilizzata è stato computato tra le isolinee 2,5 e 7,5 m.

In Figura 5.2 viene riportato l'andamento, nei quattro archi temporali considerati, del rapporto volume/superficie per la spiaggia, la duna embrionale e la duna stabilizzata.

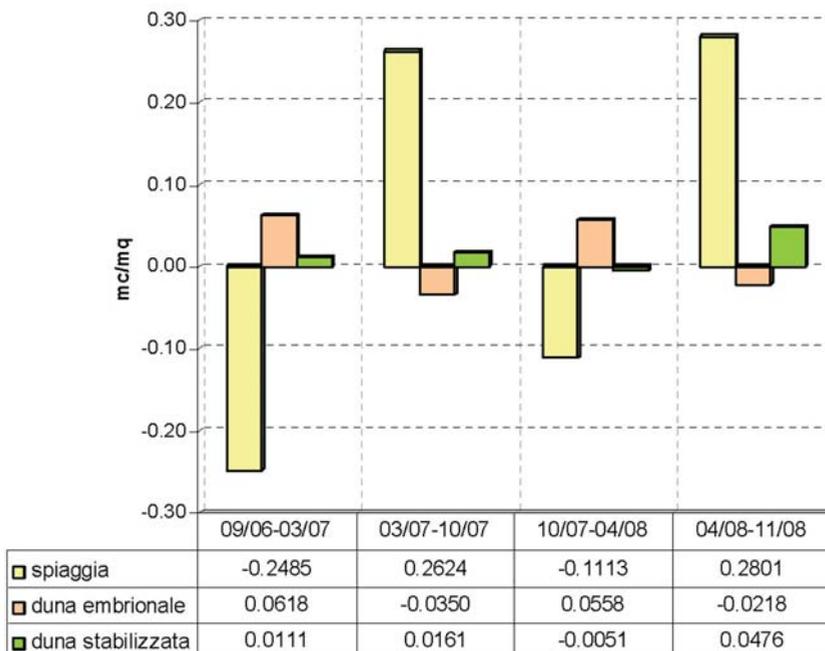


Figura 5.2 - Andamento del rapporto volume/superficie del sistema spiaggia-duna negli archi temporali analizzati.

Si evidenzia una sostanziale stabilità del corpo di spiaggia con valori che si attestano intorno a $\pm 0,25 \text{ m}^3/\text{m}^2$, ad esclusione dell'intervallo Ottobre 07 - Aprile 08. I meccanismi di ripascimento naturale risultano quindi agire negli archi temporali primavera/estate/autunno mentre quelli demolitivi negli archi temporali autunno/inverno/primavera.

Per il corpo dunale, e in particolare per la duna embrionale (deposito attorno al frangivento basale), si osserva il fenomeno opposto: negli intervalli "estivi" si calcolano bilanci negativi (Marzo 07 ÷ Ottobre 07 = - 100 m^3 ; Aprile 08 ÷ Novembre 08 = - 50 m^3), in quelli "invernali", bilanci positivi (Settembre 06 ÷ Marzo 07 = + 310 m^3 ; Ottobre 07 ÷ Aprile 08 = + 190 m^3).

Il bilancio della duna al netto della porzione embrionale rappresenta l'evoluzione della *foredune* vale a dire il corpo eolico maggiormente stabile (duna vegetata e stabilizzata).

Pur considerando come l'errore di misura di tale porzione del corpo sedimentario possa essere maggiore (il rilievo dell'articolato corpo dunale è più difficoltoso rispetto alla duna embrionale e soprattutto alla spiaggia), in linea generale si osserva che la duna stabilizzata tende a presentare un ciclo di bilancio tendenzialmente opposto a quello della duna embrionale.

La crescita netta della duna stabilizzata ha, tuttavia, la stessa dimensione di quella embrionale, sia in termini di m^3 (+347 m^3 e +350 m^3) sia in m^3/m^2 (Figura 5.3).

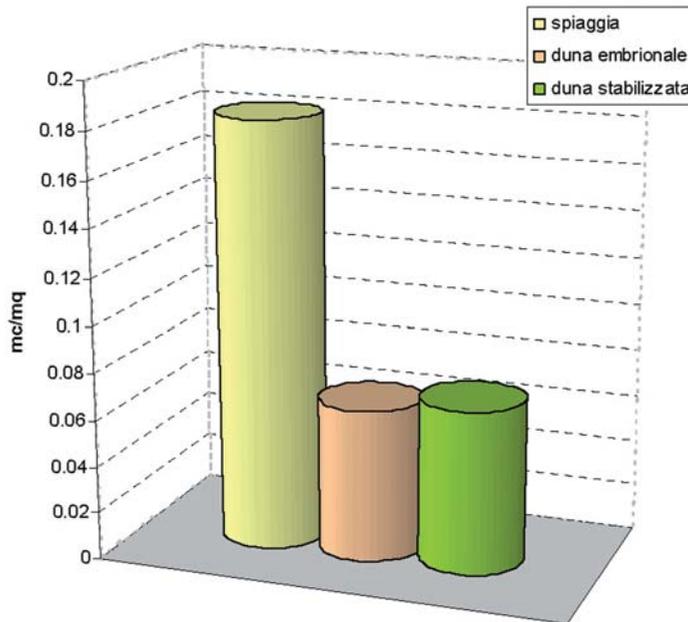


Figura 5.3 - Evoluzione netta degli elementi del sistema spiaggia-duna nell'intervallo Settembre 06 - Novembre 08.

Dai dati esposti si rileva come i volumi di sabbia che costituiscono la duna embrionale siano di un ordine di grandezza inferiori a quelli della spiaggia; si osserva infatti una variazione media di circa 160 m^3 per la duna embrionale contro 3800 m^3 della spiaggia: il rapporto tra le due grandezze è pari a 0,04. Vale a dire che i volumi in gioco nella duna embrionale costituiscono circa il 4% di quelli in gioco per la spiaggia.

Tale valutazione permette di definire come la sottrazione di sabbia esercitata dal frangivento (ovvero quella sabbia che ha costituito la duna embrionale) risulta sostanzialmente influente nei confronti del bilancio della spiaggia: 160 m^3 della duna embrionale, ripartiti sulla superficie media della spiaggia pari a circa 9000 m^2 , corrispondono ad uno spessore di 1,7 cm. Considerando, in modo più critico,

le fasi invernali, il volume massimo accumulato nella duna embrionale attorno al frangivento basale (312 m³) corrisponde ad uno spessore di spiaggia (superficie di 6307 m² nel marzo 07), inferiore ai 5 cm che rappresenta (anche in questo caso) circa il 4% della variazione di spessore della spiaggia emersa.

Tali considerazioni sull'influenza della duna embrionale sono indicative di come il sedimento intrappolato dal frangivento basale sia una quantità pressochè secondaria per i volumi in gioco sulla spiaggia, ma riveste un ruolo fondamentale se considerato in condizioni di forte mareggiata. In questi casi l'azione delle onde, colpendo il piede della duna, rende disponibile ulteriore sedimento che si mobilizza e tende ad agire come surplus sedimentario per l'autosostentamento della spiaggia. Nella Figura 5.4 è possibile notare come il piede della duna della spiaggia in seguito alla mareggiata del 26 Gennaio 2004 sia stato scalzato; in tali condizioni la spiaggia ha usufruito del sedimento reso disponibile dalla duna e quindi ha contribuito al bilancio della spiaggia stessa.

Attualmente, a seguito della realizzazione delle opere di salvaguardia, si potrebbe ipotizzare che gli apporti di sedimento dalla duna alla spiaggia non vengano più corrisposti. In realtà, la funzione degli schermi frangivento basali ha lo scopo primario di ripristinare quell'accumulo di sedimento che, in occasionali eventi di mareggiata, sia disponibile per alimentare la spiaggia in condizioni di particolare deficit sedimentario. Seppur trattandosi di esigue quantità, in un sistema fisico-biologico così delicato, che ha scarsissimi apporti detritici da terra, ridottisi nel tempo per effetto delle urbanizzazioni e della frammentazione dei territori in lotti per mezzo di recinzioni, questi apporti divengono fondamentali per il mantenimento di un certo bilancio; la realizzazione dei frangivento basali va così contestualizzata in un sistema di misure volte alla gestione di lungo periodo del sistema spiaggia duna.



Figura 5.4 - Effetti della mareggiata del 26 Gennaio 2004 sul piede della duna della spiaggia della Pelosa.

5.1.2 - Stato degli interventi di protezione dunale

Gli interventi realizzati per la protezione ed il restauro del sistema dunale della Pelosa hanno riguardato sostanzialmente le seguenti tipologie di opere (riassunte nella Figura 5.5):

- recinzione sommitale associata a schermo frangivento;
- recinzione basale associata a schermo frangivento;
- passerelle in legno per l'accesso controllato alla spiaggia;
- coperture protettive e sistemi frangivento con materiale naturale.

Nonostante alcune difformità rispetto agli schemi di intervento ipotizzati, l'insieme delle opere, in particolare il frangivento basale, hanno dato esiti sensibilmente positivi. Entità e forme degli accumuli sabbiosi prodotti dimostrano l'efficacia complessiva delle opere, evidenziando anche l'entità del materiale eolico potenzialmente disponibile e conseguentemente la capacità del sistema dunale ad autoalimentarsi se correttamente controllato e gestito.

L'associazione di passerelle ai sistemi recinzione/frangivento sta ottenendo risultati positivi anche nei confronti del recupero della copertura vegetale. È proprio la conservazione di quest'ultima l'obiettivo primario degli interventi sulle dune: lo sviluppo delle associazioni psammofile e alofile determina la formazione, stabilizza-



a



b



c



d

Figura 5.5 - Opere di protezione realizzate per il ripristino del sistema dunale: a) recinzione basale associata a schermo frangivento; b) particolare del frangivento basale dove sono evidenti gli effetti dell'accumulo sedimentario; c) passerella per disabili realizzata nel settore meridionale; d) in questa immagine è documentata la doppia efficacia delle passerelle: oltre ad impedire il calpestio della duna sensibilizzano i bagnanti nel restituire alla spiaggia la sabbia rimossa accidentalmente.

zione e accrescimento naturali dei depositi eolici. L'entità e la portata del processo di rinaturazione, indotto dagli interventi avviati, possono essere verificate attraverso il monitoraggio vegetazionale avviato a partire dal mese di novembre 2008. Al fine di individuare indirizzi e criteri progettuali per completare e ottimizzare gli interventi di protezione e restauro del sistema spiaggia-duna della Pelosa, nei giorni 29 e 30 aprile 2008 sono stati realizzati piccoli interventi campione che hanno visto l'impiego di biostuoia in fibra di cocco, di diversa grammatura ($400 \div 700 \text{ gr/m}^2$); questa è stata utilizzata per la sutura e la ricostruzione di punti di scaldamento della vegetazione arbustiva e per la realizzazione di piccoli schermi frangivento (Figura 5.6). Il materiale impiegato garantisce diversi vantaggi:

- naturalità e assenza di residui sintetici o comunque incompatibili con l'ambiente dunale, le sue funzioni e dinamiche;
- alta efficacia;
- costi contenuti;
- rapidità e semplicità di esecuzione delle sperimentazioni.

Come verificato nel corso dell'azione pilota descritta, il restauro morfologico sarebbe favorito e accelerato dalla disponibilità di sabbie anche eventualmente e parzialmente mescolate a foglie di Posidonia. Tale disponibilità può essere individuata negli stock di sabbia intrappolata durante le tempeste negli schermi basali e a ridosso della testata delle passerelle. Sempre con questo scopo, andrebbe impostato il controllo e la possibile gestione degli output del sistema geomorfologico:

1. sabbie provenienti dallo spazzamento della strada (superando i vincoli normativi che inquadrano tali materiali come rifiuti);



Figura 5.6 - Opere sperimentali per la protezione degli apparati radicali delle specie arbustive presenti con associati piccoli schermi frangivento.

2. sabbie asportate dai bagnanti (la stima di quella asportata involontariamente è dell'ordine dei $7 \div 10 \text{ m}^3/\text{anno}$ (50 gr di sabbia per bagnante considerando circa 300.000 presenze totali);

3. sabbie raccolte dal drenaggio stradale.

Si sottolinea in ogni caso che, anche in assenza di ripascimenti diretti del corpo dunale, attivando una coerente e attenta gestione naturalistica del sistema spiaggia-duna, le possibilità di recupero e conservazione risultano elevate.

5.2 - Osservazioni sulla funzionalità delle opere frangivento

Per avere un ulteriore riscontro numerico sul bilancio delle sabbie (inteso come deposizione e rimozione), è stato analizzato lo spessore massimo, positivo e negativo, del deposito sabbioso in corrispondenza del frangivento basale.

La tabella 5.3 riassume in modo sintetico i risultati dell'analisi sulle sezioni topografiche, suddivise in settori per una migliore lettura ed interpretazione del dato.

Tabella 5.3 - Effetti dell'opera frangivento sul deposito sabbioso.

	09. 2006 - 03. 2007	03.2007 - 10 - 2007	10.2007 - 04. 2008	04.2008 - 11. 2008	[Δ tot cm]
SEZZ. 1-2 [Δ cm]	29,5	-11,0	8,5	-10,5	15,5
SEZZ. 3-7 [Δ cm]	56,0	-27,0	34,0	-19,6	43,4
SEZZ. 8-10 [Δ cm]	59,0	-30,0	47,0	-21	55
SEZZ. 11-14 [Δ cm]	37,0	-32,0	25,0	-19,7	10,3
SEZZ. 15-20 [Δ cm]	27,0	-11,0	16,0	-12	20
SEZZ. 21-26 [Δ cm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0
SEZZ. 27-30 [Δ cm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0

Nel primo periodo (Settembre 06 - Marzo 07), con il frangivento appena costruito, la risposta in termini di accumulo è stata significativa con una media di 42 cm sul tratto compreso tra le sezioni 1-20 (Bar Ginepro - Passerella Levante; rif. In Figura 5.1) ed un massimo di 56-59 cm nel settore centrale (sezz. 3-10; passerelle Ponente e Mezzogiorno).

Il secondo periodo (Marzo 07 - Ottobre 07) è caratterizzato da valori negativi con una media di 22 cm di depositi sabbiosi rimossi. Tale perdita può essere imputata alla sommatoria di due fattori: il primo, di ordine antropico, è riferibile alla forte pressione turistica, nel periodo Luglio-Settembre, che usa il frangivento basale come appoggio. Il secondo potrebbe essere ricondotto ad eventi meteo marini di intensità tale da rimuovere parzialmente il deposito eolico.

Nel terzo periodo di confronto (Ottobre 07 - Aprile 08) si misura un nuovo accrescimento del cordone dunale con una media di 21 cm; i valori massimi si registrano

sempre nel settore centrale (sezz. 3-10). Nel quarto ed ultimo periodo di confronto, relativo alla stagione "estiva" 2008, si assiste ad un'altra parziale demolizione, meno consistente rispetto all'omologo periodo 2007.

Il settore meridionale, compreso tra le sezioni 20-30, non registra modificazioni significative, per mancanza di un'area di alimentazione (assenza di spiaggia).

Per il doppio frangivento sommitale, associato alla recinzione, si misurano incrementi più modesti; solo nella "camera" tra i due moduli delle sezioni 6, 8, 12, 16, si osserva un accumulo decimetrico (valore medio di 23 cm). L'effetto dell'opera che, oltre a contenere il calpestio, è stata messa in essere per trattenere il materiale eolico altrimenti disperso sulla strada, sembra più significativo sulla ricolonizzazione vegetale. Questa risulta piuttosto attiva anche se, allo stato attuale, le specie psammofile risultano subordinate a quelle sinantropiche.

6. CARATTERI VEGETAZIONALI DEL SISTEMA SPIAGGIA - DUNA

Lo stato di degrado del sistema dunale coincide, per molti aspetti, con quello della copertura vegetale che lo caratterizza. Le cause, ascrivibili principalmente all'impatto antropico, sono state in parte rimosse con la realizzazione degli interventi di salvaguardia.

Nell'ottica delle azioni di rinaturalizzazione e conservazione degli habitat di questo tratto di costa, è stato ritenuto opportuno realizzare un'indagine approfondita sui suoi caratteri vegetazionali, arrivando alla stesura di una Carta della Vegetazione (Allegato 4): ciò permetterà di seguire nel tempo l'evoluzione dell'habitat dunale della Pelosa.

6.1 - Materiali e metodi

I rilievi vegetazionali sono stati realizzati fra l'autunno e l'inverno del 2008, combinando osservazioni lungo transetti e su superfici omogenee dal punto di vista floristico-strutturale. La scelta delle aree di rilevamento è stata casuale, in modo tale da annullare la componente di soggettività.

Una volta individuate le differenti realtà vegetazionali, queste sono state esaminate con rilevamento di una superficie minima che contenga i caratteri tipici della comunità, sia dal punto di vista floristico che ecologico. Tale superficie minima è denominata popolamento elementare e il campionamento così ottenuto è stato definito rappresentativo della vegetazione studiata.

Nella fase di rilevamento è stato difficile non evitare le zone di transizione, che rappresentano il passaggio da una comunità ad un'altra e comportano il rischio di mescolare caratteri floristici ed ecologici tipici di comunità distinte. Dopo aver individuato i tipi vegetazionali presenti nel sistema dunale, si è passati alla definizione dei tipi cartografici, corredati della descrizione fisionomico-strutturale dell'aggruppamento e, quando è stato possibile, del suo inquadramento sinsistemico. I dati raccolti sono stati elaborati e trasferiti in una Carta della Vegetazione (Allegato 4).

6.2 - Caratteristiche climatiche

Negli ecosistemi le strutture biotiche ed i processi relativi alle funzioni sistemiche principali (flussi energetici e ciclizzazione dei materiali) sono condizionati dai fattori climatici. Pertanto, è stato ritenuto opportuno valutare le caratteristiche climatiche della zona. In tal senso, sono stati considerati i dati termometrici e pluviometrici. I valori di temperatura sono stati rilevati dalla stazione meteorologica di Stintino

[9 m s.l.m.] e si riferiscono ad un periodo di nove anni di osservazioni compreso tra gli anni 1974 e 1984 (Tabella 6.1). La temperatura media annua è di 16,1 °C, con valori medi mensili di 23,8 °C raggiunti nel mese di Agosto e minimi di 10,1 °C nel mese di Gennaio. La media delle temperature massime raggiunge il suo apice nel mese di Luglio con ben 28,9 °C; mentre la media delle temperature minime si riscontra nel mese di Gennaio con 7,0 °C.

Tabella 6.1 - Temperatura media stazione di Stintino [9 m m.s.l.]

	Media della massima (°C)	Temperatura media mensile (°C)	Media della minima (°C)
GENNAIO	13,3	10,1	7,0
FEBBRAIO	15,5	10,3	7,1
MARZO	15,2	11,6	8,0
APRILE	17,3	13,3	9,4
MAGGIO	20,7	16,3	12,0
GIUGNO	25,6	20,6	15,7
LUGLIO	28,9	23,7	18,5
AGOSTO	28,5	23,8	19,1
SETTEMBRE	25,8	21,1	16,4
OTTOBRE	21,7	17,7	13,5
NOVEMBRE	17,5	13,8	10,2
DICEMBRE	14,5	11,1	7,7
MEDIA ANNO	20,4	16,1	12,0

I dati pluviometrici della stazione di Stintino sono stati associati anche ai dati rilevati dalla stazione pluviometrica di Porto Torres (2 m s.l.m.) riferiti a un periodo di 33 anni di osservazioni, ovvero comprese tra il 1958 ed il 1980. Nella Tabella 6.2 sono riportate le indicazioni relative sia alle precipitazioni medie, sia alla media dei giorni piovosi rilevati mensilmente ed annualmente dalle due stazioni considerate.

La precipitazione media annua non indica una differenza sostanziale tra le due stazioni di misura (485 mm Stintino - 519 mm Porto Torres), mentre la media del numero di giorni piovosi mostra una sostanziale differenza: 62 giorni per Porto Torres e circa 49 per Stintino.

Con i dati termo-pluviometrici della stazione di Stintino è stato costruito, in accordo con quanto proposto da Rivas-Martinez et al. (2002), il diagramma termo-pluviometrico (Figura 6.1) dove, graficamente, è rappresentato l'andamento annuale delle precipitazioni e delle temperature, utile per la classificazione bioclimatica.

L'area viene pertanto riferita al bioclina Mediterraneo pluvistagionale oceanico e al piano fitoclimatico termomediterraneo superiore, secco inferiore, euoceanico.

Tabella 6.2 - Precipitazioni media nelle stazioni di Stintino e di Porto Torres.

	Stazione Stintino (9 m s.l.m.)		Stazione Porto Torres (2 m s.l.m.)	
	Precipitazioni mm	Giorni piovosi	Precipitazioni mm	Giorni piovosi
GENNAIO	49,9	6,0	51,1	7,4
FEBBRAIO	46,6	5,6	50,0	6,8
MARZO	45,3	5,4	52,4	7,2
APRILE	33,4	4,2	35,9	5,6
MAGGIO	20,3	2,6	28,5	3,5
GIUGNO	7,4	1,1	11,5	1,7
LUGLIO	7,3	0,4	4,2	0,5
AGOSTO	9,4	1,1	12,2	1,4
SETTEMBRE	34,4	2,9	38,3	3,7
OTTOBRE	72,3	5,7	75,3	6,9
NOVEMBRE	87,4	7,0	91,3	8,7
DICEMBRE	71,3	6,8	68,4	8,6
ANNO	485,0	48,8	519,1	62,0

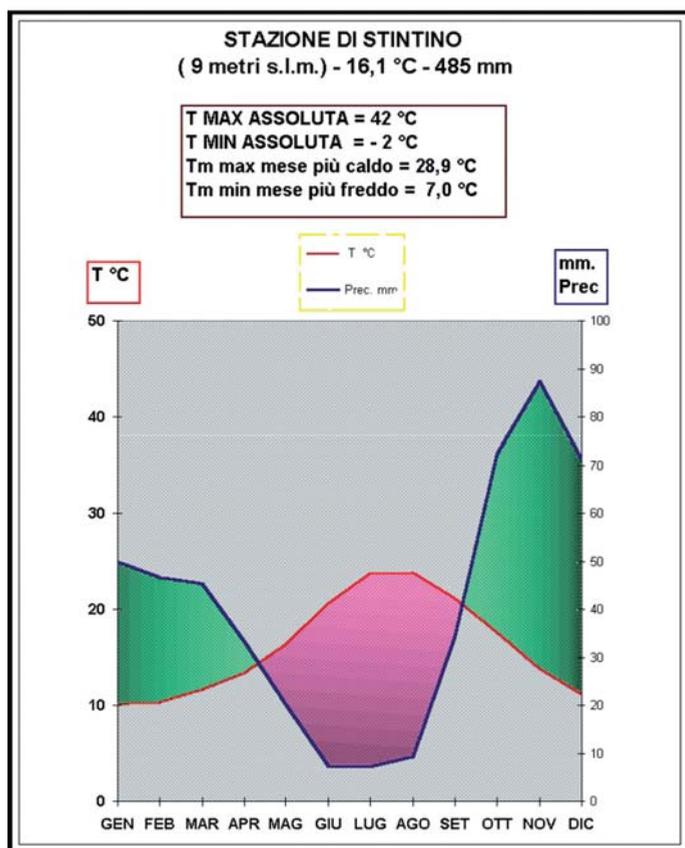


Figura 6.1 - Diagramma termo-pluviometrico della stazione meteorologica di Stintino [SS].

Dall'intersezione delle curve ottenute si individua una stagione arida compresa fra due periodi umidi. In base alla classificazione dei climi elaborata da De Martonne (1926) si ottiene l'indice di aridità:

$$A = P / (T + 10)$$

dove A = indice di aridità;

P = media precipitazione annua [mm];

T = media temperatura annua [°C].

Per la stazione di Stintino si ottiene un indice di aridità A = 18,6.

Tale valore, secondo De Martonne, rappresenta un clima di tipo semiarido (per confronto, in un periodo di riferimento simile, Tunisi ha un indice circa pari a 16). La zona esaminata, secondo Arrigoni (1968), appartiene all'orizzonte delle boschie e delle macchie litoranee, che rappresenta una variante del clima termoxerofilo tipico delle zone litoranee soprattutto della Sardegna centromeridionale, dei versanti orientali dell'isola, di parte della Nurra e delle isole sarde minori.

6.3 - Descrizione della vegetazione

Solitamente col termine "vegetazione" ci si riferisce all'insieme degli aggruppamenti vegetali presenti in un dato territorio, nei quali le diverse specie che li costituiscono risultano "associate" fra loro in funzione dell'ambiente in cui vivono.

I dati qui presentati, dal punto di vista della vegetazione, possono essere considerati come una "fotografia" della situazione attuale del sistema dunale della spiaggia della Pelosa; i vari aspetti vegetazionali sono stati esaminati e studiati da un punto di vista fisionomico-strutturale, anche se, grazie al materiale bibliografico a disposizione ed alle osservazioni dirette di campagna, si è potuto quasi sempre associare, ad ogni fitocenosi osservata, la propria definizione fitosociologica.

La vegetazione dell'area vasta, ed in particolare delle aree interne della penisola di Stintino, è caratterizzata dalla presenza della serie sarda termo-mesomediterranea del leccio, riferibile all'associazione *Prasio majoris-Quercetum ilicis*, Bagella, Biondi, Farris, Filigheddu e Mossa 2004 a cui si legano le due subassociazioni *quercetosum ilicis* Bacch., Bagella, Biondi, Farris, Filigheddu e Mossa 2004 e *phillyreetosum angustifoliae* Bacch., Bagella, Biondi, Farris, Filigheddu e Mossa 2004. In relazione agli aspetti edafici, microclimatici, antropici in ambito costiero si evidenziano cenosi di sostituzione, rappresentate dalla macchia dell'*Erico arboreae-Arbutetum unedonis* Molinier 1937.

In particolare su substrati acidi le comunità arbustive sono riferibili all'associazione *Pistacio lentisci-Calicotometum villosae* (Biondi et al., 2001), mentre su substrati più alcalini all'associazione *Clematido cirrhosae-Pistacietum lentisci* Gamisans e Muracciolo 1985 corr.

Per ulteriore degradazione della macchia soprattutto nelle zone più interne si manifesta la presenza di aree a garighe con *Cistus monspeliensis* L. (*Lavandulo stoechadis-Cistetum monspeliensis* (Arrigoni, Di Tommaso, Camarda e Satta, 1996) tipiche delle aree percorse ripetutamente da incendio, fino ai prati stabili emicriptofitici della classe *Poetea bulbosae* Rivas Goday e Rivas-Martínez, 1978 .

In corrispondenza di substrati, sia carbonatici che silicei limitatamente si sviluppa una macchia rappresentata dalla serie dell'*Oleo-Juniperetum turbinatae* Arrigoni, Bruno, De Marco e Veri in De Marco 1985 corr. e dalla serie sarda dell'olivastro

Asparago albi-Oleetum sylvestris Bacch., Bagella, Biondi, Farris, Filigheddu e Mossa 2003.

I principali aspetti fisionomici della vegetazione costiera descrivono un paesaggio fortemente condizionato dalla macchia nelle sue diverse varianti strutturali: bassa, rada, alta. E' costituita da piante arbustive sempreverdi e ricopre la maggior parte del territorio, con aspetti cromatici al variare delle stagioni. Si identificano vari tipi di macchia a seconda della specie prevalente o caratteristica: a lentisco (*Pistacia lentiscus*) e olivastro (*Olea oleaster*), a euforbia (*Euphorbia dendroides*), a ginepro (*Juniperus phoenicea*) che caratterizzano il paesaggio per gli effetti verdi, gialli e rossi, a *Calicotome villosa*, e a *Cistus monspeliensis*, con piccoli fiori bianchi e con un particolare profumo.

Nelle aree costiere occidentali della penisola di Stintino, nei settori a strapiombo sul mare possono essere distinte due fasce di vegetazione.

La prima, maggiormente esposta all'azione dell'aerosol marino, è caratterizzata dalla presenza di specie alofile in cui predominano *Crithmum maritimum*, *Limonium acutifolium* e *Erodium corsicum*.

La seconda fascia è caratterizzata dall'associazione a *Centaurea horrida* e *Astragalus terraccianoi*, a cui si aggiungono altre specie come *Thymelaea hirsuta* e *Euphorbia pithyusa*.

Nella costa orientale si alternano cale sabbiose e stagni salmastri; sulle spiagge vivono specie che, con il loro apparato radicale, fissano le sabbie fra queste vi sono *Agropyron junceum* e *Ammophila littoralis*.

Lungo la spiaggia della Pelosa, per quanto concerne la zonazione e la disposizione della vegetazione psammofila, si osserva che le diverse cenosi tendono a distribuirsi in relazione a cumuli di sabbia presenti a partire immediatamente dal limite inferiore delle aree di intervento rispetto alla linea di riva. Esse seguono un gradiente ecologico in modo disomogeneo, legato soprattutto alla stabilità del substrato sabbioso.

L'ambiente delle sabbie è un tipico esempio di ambiente estremo, poiché dominato dall'azione di forze fisiche, chimiche e meccaniche, che sono fattori limitanti per la vita a cui vanno sommati i disturbi antropici.

In condizioni di elevata naturalità le cenosi vegetali pioniere sono costituite esclusivamente da terofite alonitrofile; si tratta di cenosi sempre paucispecifiche, che presentano una copertura altamente frammentaria e discontinua. Le comunità e le associazioni catenali in realtà risultano molto alterate e si distinguono superfici limitate di aspetti di vegetazione maggiormente evoluti e caratterizzate da specie più esigenti.

Nella spiaggia si rinvencono minimi aspetti vegetazionali riferibili all'associazione *Salsolo kali-Cakiletum maritimae* Costa e Manz, 1981 *corr.*, costituita esclusivamente da specie annuali effimere quali *Cakile maritima* Scop. subsp. *maritima*, che si inserisce isolatamente e sporadicamente ai margini delle dune embrionali lungo tutta la prima fascia del campo dunale. La copertura vegetale dell'associazione ne risulta assai rarefatta, costituita soprattutto da piante carnosette di *Cakile maritima* [Figura 6.2].

L'alterazione strutturale del complesso dunale in relazione agli eventi sinergici di origine antropica e marina ha sicuramente determinato la distruzione di tali aspetti di vegetazione, modificando di conseguenza le condizioni ecologiche e impedendo l'ulteriore naturale evoluzione del sistema verso stadi di vegetazione più maturi.



Figura 6.2 - *Cakile maritima*.

Tale fenomeno si registra su tutta l'area costiera della Pelosa. Generalmente, sulle dune embrionali che si sono formate per accumulo e progressiva stabilizzazione di sedimento, si insedia la vegetazione perenne dominata da graminacee rizomatose e principalmente da *Elymus farctus* (Viv.) Runemark ex Melderis subsp. *farctus*; tale entità caratterizza l'associazione *Sileno corsicae-Elytrigetum junceae* [Malcuit, 1926] Bartolo et al., 1992 *corr.*, endemica sardo-corsa.

Tale cenosi lungo la spiaggia è caratterizzata dalla presenza di altre specie perenni, quali *Eryngium maritimum* L., *Otanthus maritimus* (L.) Hoffmanns. et Link e, nelle situazioni in cui si ha un maggiore calpestio è rinvenibile nei cumuli sabbiosi che si sono formati all'interno dei pannelli di incannucciata lungo la sede stradale provinciale, da *Sporobolus pungens* Kunth. (Figura 6.3).

Nell'associazione *Sileno corsicaea* definita da Bartolo et al., 1992, la specie endemica *Silene corsica* DC risulta per ora assente, insieme a numerose altre specie che caratterizzano le unità superiori; l'associazione si presenta degradata con coperture limitate. Rari risultano *Glaucium flavum* e *Crithmum maritimum* (Figura 6.4).

In generale, in corrispondenza delle dune embrionali con presenza di specie perenni, si innescano processi evolutivi del sistema dunale, che inducono ad una colonizzazione e accrescimento di piccoli cumuli sabbiosi, che vengono progressivamente stabilizzati e consentono un'ulteriore evoluzione della seriazione psammofila. Questo è quello che si sta registrando, anche se limitatamente, nel fronte dunale della Pelosa ed in prevalenza nel settore centrale (Figura 6.5).



Figura 6.3 - Fronte duna.



Figura 6.4 - Crithmum maritimum.



Figura 6.5 - Piede della duna embrionale con interventi di stabilizzazione.

Sulle porzioni di duna parzialmente e/o limitatamente consolidate, esposte anche a venti forti che creano instabilità dei sedimenti sabbiosi, e in assenza di disturbo, si individuano segni dell'associazione *Sileno corsicae-Ammophiletum arundinaceae* Bartolo, 1992 (Figura 6.6). Questa associazione in alcune zone si ritrova a mosaico con formazioni camefitiche e fanerofitiche, indicando una chiara regressione della vegetazione dovuta al disturbo antropico; tale disposizione provoca una maggiore instabilità delle sabbie e, di conseguenza, determina una maggiore esposizione ai fenomeni erosivi eolici.

Oltre a *Ammophila littoralis*, le specie caratteristiche di questa associazione sono *Eryngium maritimum* L., *Calystegia soldanella* L., *Pancratium maritimum* L., *Elymus farctus* L. accompagnate da *Lotus cytisoides* L.

Nell'area questa associazione è presente in situazioni di forte destrutturazione e degrado, che sono dovute principalmente, come già evidenziato, alla forte pressione antropica e ai fenomeni erosivi in atto.

Sporadicamente, è possibile osservare, soprattutto nelle zone che sono state maggiormente soggette a calpestio, qualche individuo isolato di *Euphorbia pithyusa* L. (Figura 6.7).

Nell'area della Pelosa le dune stabili (qui intese come formazioni sabbiose, più o meno elevate ed estese, che non vengono modificate, o quasi, dall'azione del mare e del vento), sono definite dall'azione stabilizzatrice dovuta alla presenza di specie vegetali che in relazione allo sviluppo degli apparati radicali sia in profondità (fino a un massimo di 60 cm), sia superficiale (fino a 1-2 m²), creano una rete tridimensionale avente un'estensione e una resistenza tali da limitare i movimenti della massa sabbiosa e contrastare, di conseguenza, l'azione erosiva del mare e degli agenti atmosferici.

Le specie stabilizzatrici delle dune appartengono alla famiglia delle Graminacee, le più rappresentative delle quali sono *Agropyron junceum*, *Sporolobus pungens* e *Ammophila littoralis*; la presenza di quest'ultima è fortemente limitata (Figura 6.8).



Figura 6.6 - Dune stabili.



Figura 6.7 - Euphorbia pithyusa L.



Figura 6.8 - *Ammophila littoralis*.

Tale carenza è probabilmente da imputare alle opere di urbanizzazione e alle infrastrutture stradali, oltre all'elevata frequentazione della spiaggia che avveniva in modo disordinato durante i mesi estivi.

Tra le specie stabilizzatrici si individuano, in funzione della loro capacità di adattamento ecologico a suoli incoerenti e in assenza di acqua, le Leguminose *Lotus cytoides* e, secondariamente, *Medicago marina*: queste sono protette, contro la forte evapotraspirazione, da una fitta pelosità bianco-argentea; anche la santolina delle spiagge (*Otanthus maritimus*) e la violaciocca (*Matthiola tricuspidata*) si difendono per mezzo di un tipo di pelosità fitta e biancastra. In corrispondenza della duna sabbiosa si individua *Eryngium maritimum* e numerosi esemplari di giglio marino (*Pancratium maritimum*), i cui grandi semi neri permangono dalla fine dell'estate sino al tardo inverno (Figura 6.9).

Pancratium maritimum si localizza soprattutto nelle depressioni interdunali e in prossimità del ginepreto a *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *macrocarpa* (Sibth. et Sm.) Neilr.

In corrispondenza delle sabbie più stabili e compatte con copertura estremamente ridotta, si ritrova a mosaico tra *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* una vegetazione di tipo camefitico riferibile a lembi di gariga primaria. Sono cenosi estremamente vulnerabili in seguito alla destrutturazione della duna, ma di elevato valore naturalistico in quanto caratterizzate da entità fitogeograficamente rilevanti come *Helichrysum microphyllum* (Willd.) Camb. subsp. *tyrrhenicum* Bacch., Brullo et Giusso. Sulle dune consolidate si sviluppano suffrutici più o meno legnosi, come *Helichrysum italicum* subsp. *microphyllum*, *Euphorbia cupanii* ed *Euphorbia pithyusa*, ai quali seguono specie arbustive di maggiori dimensioni (Figura 6.10).



Figura 6.9 - *Pancratium maritimum*.



Figura 6.10 - *Helichrysum italicum* subsp. *microphyllum*.

Nella stagione invernale, accanto alla vegetazione psammofila camefitica, si ritrovano specie terofitiche a seguito di accumulo e/o saturazione di acqua nei suoli. Le specie presenti alla Pelosa appartengono all'associazione *Senecioni leucanthemifolii-Matthioletum tricuspidatae* (Paradis et Piazza, 1992; Biondi, 1994). L'associazione è legata a caratteri nitrofilo del suolo in cui si evidenzia, tra cumuli stabilizzati, una elevata frequenza di esemplari dell'endemica *Anchusa crispa*, una Borraginacea erbacea biennale a portamento prostrato e foglie tomentose (Figura 6.11).



Figura 6.11 - *Anchusa crispa*.

In relazione a dati pregressi (Biondi et al., 2001), l'associazione *Senecioni leucanthemifolii-Matthioletum tricuspidatae* nel presente lavoro non viene definita in egual misura, dato probabilmente legato alla brevità del periodo di indagine svolto. Si ritiene comunque di dover tenere in considerazione lo stato dell'associazione a forte determinismo antropico in eventuali e successive indagini, in riferimento ad una potenziale riduzione delle caratteristiche nitrofile della stessa.

La copertura vegetale della Pelosa presenta fitti tappeti formati dalla Aizoacea *Carpobrotus acinaciformis* che, unitamente agli ampi cuscini di *Lotus cytisoides* (Figura 6.12), costituisce una comunità vegetale erbacea che ricopre per più del 46% la formazione della Pelosa. La presenza consolidata della specie esotica rappresenta un'ulteriore minaccia per la biodiversità e per il patrimonio naturale. Il *Carpobrotus acinaciformis* è presente lungo tutta la fascia della duna stabilizzata, fino a cingere la vegetazione con le tipiche essenze della duna mediterranea che creano delle "macchie" dense, compatte, dominate da *Juniperus oxycedrus* subsp. *Macrocarpa*, *Pistacia lentiscus*.



Figura 6.12 - Cuscini di *Lotus cytisoides*.

Nelle dune stabilizzate si osserva l'instaurarsi della vegetazione forestale psammofila, costituita da macchie non superiori ai 3÷4 m di altezza a *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa*, riferibili all'associazione *Asparago-Juniperetum macrocarpae* Molinier 1955, Biondi 1994; la vegetazione di macchia a ginepro chiude le formazioni vegetali della duna (Figura 6.13).

L'*Asparago-Juniperetum macrocarpae*, che si può considerare come la prima forma di vegetazione fanerofitica relativa ai processi di colonizzazione delle spiagge sabbiose, presenta nell'area di indagine un'ampia diffusione ed estensione anche se frammentata a causa dell'eccessiva pressione antropica.

Juniperus oxycedrus subsp. *macrocarpa* permette il consolidarsi definitivo della duna, tra cui si sviluppano fanerofite cespitose sclerofilliche, quali *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus* L. (raro, un solo esemplare rinvenuto) e *Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata* (Guss.) Nyman (Figura 6.14).

Frequenti tra queste sono le specie lianose ed in particolare *Smilax aspera* L., *Rubia peregrina* L., *Prasium majus* L., oltre alla geofita *Asparagus acutifolius* L. Nelle parti più esposte all'azione erosiva del vento, questa associazione assume normalmente una struttura a macchia, mentre nelle aree più riparate assume una struttura a boscaglia (Bacchetta et al., 2008a); tale differenza risulta evidente agli estremi dell'area indagata, dove meno frequenti risultano i passaggi e gli attraversamenti da parte dei bagnanti.

In relazione alla degradazione dell'associazione, non si rilevano però fenomeni generalizzati di scalzamento dunale con conseguente esposizione degli apparati radicali di *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *macrocarpa*, che potenzialmente possono



Figura 6.13 - Formazione macchia di *Juniperus oxycedrus subsp. macrocarpa*.



Figura 6.14 - *Juniperus phoenicea L. subsp. Turbinata*

determinare una limitazione allo sviluppo delle piante con conseguente e progressiva regressione di questa cenosi.

A mosaico con le formazioni cespugliate di ginepro e a ridosso degli stessi, si ritrovano popolamenti di *Pistacia lentiscus* che, salvo interferenze "esterne", preludono ad un'evoluzione verso il climax termoxerofilo delle boscaglie e delle macchie litoranee definito da Arrigoni (1968).

Al limite della duna, in prossimità della sede stradale, si individuano formazioni erbacee sinantropiche e degli incolti con specie caratteristiche dell'ambiente fortemente antropizzato definito dalla sede stradale, dall'edificato limitrofo e dall'elevato calpestio durante i mesi estivi.

Presenti lungo il margine stradale, spesso con intrusione nella formazione dunale, sono *Urtica dioica*, *Parietaria diffusa*, *Papaver rhoeas*, *Papaver hybridum*, *Capsella bursa-pastoris* e, diffusissima, *Scolimus hispanicus* (Figura 6.15).

Le specie erbacee legate agli ambienti degradati si rilevano in tutto il cordone dunale della Pelosa in cui è manifesta la potenzialità di sviluppo in condizioni riparate e con suolo stabile.

La loro diffusione, unitamente ad un numero limitato di specie caratteristiche della Pelosa (*Agrophyon junceum*, *Sporobolus pungens*, *Cakile maritima*, *Lotus cytoides*, *Plantago coronopus*, *Elymus fractus*, *Lavatera arborea*, *Asparagus acutifolius*), si evidenzia in corrispondenza degli interventi di controllo erosivo e calpestio effettuati alla base della duna e in corrispondenza del suo limite superiore, ovvero lungo la sede stradale provinciale.



Figura 6.15 - *Scolimus hispanicus*.

6.4 - Aspetti floristici

Col termine "flora" s'intende normalmente l'insieme delle specie botaniche presenti in un dato territorio, organizzate secondo un criterio sistematico, cioè suddivise per famiglie, generi, specie, sottospecie e, talvolta, varietà.

Per quanto concerne l'inquadramento tassonomico e per la nomenclatura ci si è riferiti a quanto proposto da Pignatti (1982); per alcuni particolari gruppi di piante, come per le specie endemiche, sono stati presi in considerazione studi specialistici (Arrigoni, 1976; Valsecchi, 1978, 1980, 1995).

Il contingente floristico descritto è limitato al periodo di indagini effettuato e, quindi, non rappresenta nella sua completezza la presenza reale delle specie (vedi l'Allegato 3 - Elenco floristico).

6.5 - Schema sintassonomico

I rilevamenti di campagna, integrati con i dati emersi dalle ricerche bibliografiche, hanno consentito di identificare, nel sistema dunale della Pelosa, un certo numero di aspetti vegetazionali di cui di seguito viene indicato l'inquadramento sinsistematico del Geosigmeto psammofilo sardo dei sistemi dunali litoranei, già rilevato da Biondi et al., 2001.

Vegetazione psammofila

AMMOPHILETEA Br.-Bl. & Tuxen ex Westhoff, Dijk & Passchier 1946

Ammophiletalia Br.-Bl. 1933

Ammophilenion australis

Sileno corsicae-Ammophiletum arundinaceae Bartolo, 1992

Sileno corsicae-Elytrigetum junceaee (Malcuit, 1926) Bartolo et al., 1992

Vegetazione psammofila terofitica

HELIANTHEMTEA GUTTATI Br.-Bl., (Roussine & Nègre 1952), Rivas-Martínez 1963

Malcomimetalia Rivas Goday 1958

Senecioni leucanthemifolii-Matthioletum tricuspidatae (Paradis et Piazza, 1992), Biondi, 1994.

Vegetazione di macchia

QUERCETEAE ILICIS Br.-Bl. ex A. & O. Bolos 1950

Pistacio lentisci-Rhamnetalea alaterni Rivas-Martínez 1975

Juniperion turbinatae Rivas-Martínez 1975

Asparago-Juniperetum macrocarpae Molinier 1955, Biondi 1994

Sulla base dell'individuazione dei tipi vegetazionali presenti, sono stati definiti i tipi cartografici che costituiscono la legenda nella Carta della Vegetazione (Allegato 4). Ognuno di essi è di seguito brevemente descritto:

- **Vegetazione psammofila dei litorali sabbiosi** (frammenti di associazioni dell'*AMMOPHILETEA*)

Comprende formazioni molto frammentate e discontinue, soggette ad una pres-

sione antropica notevole (calpestio, rimaneggiamento, movimento sabbie). Tale situazione costituisce un fenomeno diffuso in molte altre zone dello stesso tipo, anche se nell'area in questione il disturbo ed il degrado appaiono piuttosto accentuati.

Al di là della zona definita "afitoica", si estende una stretta e discontinua fascia di vegetazione pioniera psammo-nitrofila, formata prevalentemente da piante annuali.

– **Vegetazione di macchia primaria a ginepri**

Sono costituiti essenzialmente da nuclei di vegetazione arbustiva bassa di specie sempreverdi della macchia mediterranea, in cenosi fortemente degradate e frammentate in quanto esposte a zone di transito di bagnanti e limitate dalla presenza delle sedi stradali.

– **Vegetazione erbacea delle aree degradate**

Vegetazione pioniera costituita per lo più da specie erbacee annuali e caratterizzata dalla costante e spesso massiccia presenza di specie ad ampia diffusione. Si osservano estesi tappeti erbacei costituiti da vegetazione bassa, strisciante, a ginestrino delle scogliere (*Lotus cytisoides*).

– **Copertura a *Carpobrotus acinaciformis***

Questo tipo cartografico comprende popolamenti vegetali monospecifici, rappresentati esclusivamente da *Carpobrotus acinaciformis* con copertura del soprasuolo dunale compresa tra il 70% e 100%.

6.6 - Transetti vegetazionali

Le suddette categorie, alcune delle quali sono state "visualizzate" con l'ausilio di transetti, comprendono: 1) vegetazione psammofila dei litorali sabbiosi; 2) vegetazione erbacea degradata a dominanza di *Lotus cytisoides*; 3) copertura a *Carpobrotus acinaciformis*; 4) lembi di macchia bassa.

Una volta identificati i vari aspetti vegetazionali presenti nel sistema dunale, è stato possibile individuare i tipi cartografici da riportare nella Carta della Vegetazione. Nell'insieme, risulta che la naturalità del sito è estremamente limitata a seguito delle modificazioni antropiche avvenute nel corso degli anni. Ad un più elevato grado di naturalità corrisponde una maggiore presenza di specie e/o di fitocenosi che si alternano e si compenetrano l'una con l'altra, in funzione delle caratteristiche ecologiche del sito che le ospita.

6.7 - Conclusioni

Tenendo conto che i dati acquisiti sono rappresentativi di una specifica stagionalità (autunno-inverno), essi permettono di constatare la prevalenza di forme biologiche terofite e di specie stenomediterranee; tali forme sono in relazione con le peculiarità climatiche della zona, coerentemente con quanto ci si aspetta per la maggior parte delle coste del Mediterraneo e, in particolare, della Sardegna.

Le comunità riscontrate sono primarie in una stretta fascia costiera, ma diventano secondarie (vegetazione di sostituzione della vegetazione potenziale) quando la vegetazione potenziale retrostante (prevalentemente a ginepro fenicio) subisce

delle forti ingressioni [calpestio, presenza di sedi stradali, edificato]. In funzione degli interventi effettuati sulla gestione degli accessi alla spiaggia, si evidenzia un potenziale recupero da parte della vegetazione a ginepro con un incremento generale della superficie di copertura. La vegetazione della Pelosa si presenta comunque come poco stabile.

L'alterazione degli habitat è sicuramente la causa della destrutturazione del microgeosigmeto psammofilo della spiaggia. È degno di nota sottolineare l'assenza totale delle comunità psammofile camefitiche ascrivibili all'alleanza *Crucianellion maritimae*, incluse nella Direttiva Habitat 43/92/CEE. Allo stesso modo va evidenziata la limitata presenza della vegetazione perenne edificatrice e stabilizzatrice delle dune embrionali, riferita, per la Sardegna, all'associazione *Sileno corsicae-Elytrigetum junceae*.

La presenza/assenza, l'integrità/destrutturazione di serie e microgeoserie di vegetazione deve continuare ad orientare le strategie gestionali del sito, specialmente per ciò che concerne l'impatto rappresentato dall'accesso dei bagnanti, dalla diffusione di specie esotiche invasive e, secondariamente, dalla presenza delle strutture di urbanizzazione sulla cresta del cordone dunale.

Molta attenzione dovrà essere prestata riguardo alla gestione di entità aliene (Bacchetta et al. 2008b), tra le quali vanno ricordate la specie sudafricana *Carpobrotus acinaciformis* e la specie sudamericana *Cortaderia selloana*: per queste si rende necessario elaborare strategie di contenimento o eradicazione, come quelle esposte nel capitolo successivo.

6.8 - Bibliografia

- ARRIGONI P.V. (1968) - Fitoclimatologia della Sardegna. *Webbia* 23: 1-100.
- ARRIGONI P.V. (1976) - Le piante endemiche della Sardegna: introduzione. *Boll. Soc. Sarda Sci. Nat.*, 16: 259-264.
- BACCHETTA G., FENU G., MATTANA E., MULÈ P. (2008a) - Monitoraggio e conservazione delle formazioni costiere a *juniperus* sp. pl. della sardegna. In *Atti II Simposio Internazionale: Il monitoraggio costiero mediterraneo: problematiche e tecniche di misura*, Napoli, 4 - 6 Giugno 2008: 167-176.
- BACCHETTA G., MAYORAL GARCÍA-BERLANGA O. E PODDA L. (2008b) - Comparazione della flora aliena della Sardegna e della Spagna insulare e peninsulare. In: *Le specie alloctone in Italia: censimenti, invasività e piani di azione*. Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano. Volume XXXVI - Fascicolo I.
- BIONDI E, FILIGHEDDU R. E FARRIS E. (2001) - Il paesaggio vegetale della Nurra. *Fitosociologia*, 38, 2, suppl.2: 3-105.
- DE MARTONNE E. (1926) - Areism et indice d'aridite. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 182: 1935-1938.
- PIGNATTI S. (1982) - Flora d'Italia. I° - II° - III°. Edagricole, Bologna.
- RIVAS-MARTÍNEZ S., PENAS A., LUENGO M.A., E RIVAS-SÁENZ S. (2002) - Worldwide bioclimatic Classification System. *Climate and Biosphere CD-Series II*. Backhuys Publishers, Leiden, NL.

- VALSECCHI F. (1995) - Indagini sistematiche, tassonomiche e corologiche nel gruppo "*Silene colorata* Poir. *S. sericea* All. *S. canescens* Ten.". Boll. Soc. Sarda Sci. Nat. 30: 447-476.
- VALSECCHI F. (1980) - Piante endemiche della Sardegna: *Anchusa crispa* Viv. Boll. Soc. Sarda Sci. Nat. - Scheda 81 - Vol. 19, 327 pp.
- VALSECCHI F. (1978) - Piante endemiche della Sardegna: *Erodium corsicum* Léman in Lam. & DC. Boll. Soc. Sarda Sci. Nat. - Scheda 37 - Vol. 17, 313 pp.
- VALSECCHI F. (1980) - Piante endemiche della Sardegna: *Euphorbia cupanii* Guss. ex Bertol. Boll. Soc. Sarda Sci. Nat. - Scheda 83 - Vol. 19, 336 pp.

7. ATTIVITÀ SPERIMENTALE DI ELIMINAZIONE CONTROLLATA DI *CARPOBROTUS ACINACIFORMIS*

Strettamente connessa alle azioni descritte in precedenza, è la sperimentazione della rimozione controllata di *Carpobrotus acinaciformis*, specie vegetale aliena fortemente invasiva ed estremamente diffusa nell'area di studio. Questa specie, dopo l'erosione da calpestio che in periodi antecedenti gli interventi ha raggiunto forme parossistiche, costituisce la maggiore minaccia alla conservazione della biodiversità e dell'equilibrio ecologico del litorale della Pelosa.

7.1 - Introduzione

Una specie viene definita aliena quando si trova al di fuori del proprio habitat naturale, mentre diventa invasiva solo quando si riproduce allo stato selvatico e le sue popolazioni cominciano ad espandersi.

La diffusione delle specie aliene invasive (animali e vegetali) è una delle più grandi minacce alla biodiversità. Nel Mediterraneo specie tropicali e subtropicali trovano un ambiente sempre meno ostile, anche in connessione ai cambiamenti climatici di questi ultimi decenni. La loro capacità invasiva porta alla scomparsa delle specie autoctone con conseguenti danni all'agricoltura, alla pesca (ad esempio con il cambiamento delle specie pescate) e all'uomo.

L'impatto delle specie invasive in un nuovo ambiente agisce comportando una graduale degradazione dell'habitat, con il conseguente declino delle specie native spinte, a volte, fino all'estinzione. Tutto ciò comporta una diminuzione della biodiversità locale e una omogeneizzazione della fauna e della flora.

Uno dei più evidenti esempi di invasione di specie vegetali nel Mediterraneo è costituito proprio dalla Aizoacea *Carpobrotus acinaciformis*.

Conosciuto come Fico degli Ottentotti, questa specie ha origine nell'Africa meridionale, da cui è stata introdotta in Europa verso la metà del secolo scorso.

Il *Carpobrotus* è una pianta succolenta, con appariscenti fioriture: anche per questo lato estetico, la sua presenza è stata favorita nel passato; inoltre, questa pianta è in un certo senso funzionale alle dune, contribuendo alla stabilizzazione delle stesse anche in virtù della sua efficace azione comprente. La velocità di espansione comporta evidentemente una sottrazione di spazio alle specie autoctone. Per questo sono stati effettuati tentativi di rimozione. Tuttavia, nel lavoro di Carta et al. (2004), dopo la rimozione di *Carpobrotus* si osserva che la ricomparsa delle specie autoctone è solo limitata, a fronte di una ricolonizzazione da parte delle specie aliene. Seppure sussistano tali difficoltà, è comunque possibile realizzare interventi estesi di rimozione, come quelli riportati in Fraga et al. (2006), eseguiti nell'arcipelago delle Baleari (Spagna).

Va inoltre segnalato che in prossimità della spiaggia della Pelosa esiste un'altra specie invasiva neofita della Sardegna, *Cortaderia selloana* (Schult.) Asch. e Graebn., (Figura 7.1).



Figura 7.1 - *Cortaderia selloana*.

7.2 - Presenza di *Carpobrotus acinaciformis* sulla duna della Pelosa

7.2.1 - Consistenza e problematiche

Dai rilievi diretti con GPS differenziale, effettuati contemporaneamente al monitoraggio morfo-topografico, si è evidenziato come la specie invasiva copra circa 1400 m², vale a dire circa il 15% dell'intera superficie del corpo dunale (circa 9000 m²), e rappresenti il 46% della copertura vegetale totale (circa 3000 m²). L'impatto sulla biodiversità locale è quindi elevatissimo e la tendenza evolutiva appare, sotto questo aspetto, drammatica. Le uniche specie in grado di competere sembrerebbero essere quelle arbustive come il ginepro e il lentisco. Lo sviluppo delle specie legnose è comunque limitato alle piante presenti che, con fisionomia fortemente prostrata in assenza di disturbo, sono in lieve accrescimento. Non sono stati infatti registrati fenomeni di rinnovazione con nuove plantule di *Juniperus oxycedrus* e *Pistacia lentiscus*. Dai rilievi, indagini di campo e storico-bibliografiche si evidenzia come lo sviluppo e l'espansione del *Carpobrotus acinaciformis* sia strettamente legato all'elevata disponibilità di suolo privo di comunità vegetali stabili. La mancata stabilità permette la diffusione di questa specie che, altrimenti, avrebbe difficoltà ad inserirsi nella vegetazione naturale già presente, in quanto estranea all'ecosistema ed inadatta a competere con successo laddove esiste una compagine vegetale compatta ed indisturbata. Proprio l'assenza di una compagine sviluppata della vegetazione e il deterioramento delle dune ha permesso a questa specie l'espansione attuale. Seppure le opere di salvaguardia stanno favorendo la rinaturalizzazione della Pelosa, questo non basta a scongiurare la progressiva estinzione delle

specie autoctone in questa località. Strategie per l'eliminazione del *Carpobrotus acinaciformis* devono tenere conto di una moltitudine di aspetti, quale quello relativo allo smaltimento della biomassa. Appartenendo alla categoria di "scarti vegetali" nell'ambito dell'Elenco Europeo dei Rifiuti (Direttiva 9 aprile 2002, allegato B, Ministero dell'Ambiente) con il codice 02 01 03 tale materiale è classificabile come rifiuto non pericoloso. In termini di recuperabilità, sotto il profilo normativo, la biomassa prodotta è compostabile, anche se il prodotto derivato avrebbe scadenti caratteristiche agronomiche; inoltre, in relazione all'alto contenuto in acqua, non è facilmente bruciabile.

In termini quantitativi, sulla base delle prove descritte nel paragrafo successivo, che hanno individuato coperture con una media delle biomasse unitarie dell'ordine di $10 \pm 2 \text{ kg/m}^2$ (peso umido), ammettendo la presenza sulla duna della Pelosa di una superficie massima coperta pari a 1500 m^2 , si può stimare una produzione complessiva pari a circa $12.000 \div 18.000 \text{ kg}$, corrispondenti ad un volume dell'ordine dei $35 \div 50 \text{ m}^3$.

I valori esposti risultano confrontabili con quanto misurato nell'Isola di Minorca (Spagna; Fraga et al., 2006), dove da una superficie di circa 2,5 ettari, sono state rimosse 177,3 tonnellate ($d \approx 0,33 \text{ t/m}^3$) di *Carpobrotus* (circa 7 kg/m^2).

Sempre in riferimento alle osservazioni condotte per quello che riguarda la rimozione accidentale di sabbia, la frazione di sedimento accidentalmente asportata ($2 \div 3\%$ del totale), avrebbe un ordine di grandezza compreso fra 250 e 500 kg di sabbia, ovvero meno di 1 m^3 .

Deve essere inoltre sottolineato che nel paraggio della Pelosa, qualsiasi intervento di rimozione su vasta scala dovrà tenere in debito conto l'apporto esterno dei giardini privati; questo costituisce certamente una fonte molto attiva nella produzione di semi che, disseminati dal vento e, ancor più, dagli animali (ingestione e diffusione tramite le feci), renderebbe meno efficace qualsiasi azione di rimozione.

7.2.2 - Sperimentazione di estirpazione controllata su parcelle campione

Come accennato precedentemente, esperimenti di rimozione del *Carpobrotus acinaciformis* sono stati testati anche in altre realtà mediterranee. Nelle isole Baleari l'invasione di questa specie ha comportato un dimezzamento del patrimonio di flora endemica (Fraga et al., 2006). Dopo diversi tentativi, attraverso un programma LIFE Natura (LIFE00 NAT/E/007355 - <http://lifeflora.cime.es>), fra il 2001 e 2004 è stato tentato il recupero della biodiversità in diversi SIC della Rete Natura 2000. L'intervento, esteso su una superficie di circa 140 ha, è stato realizzato manualmente.

Forti di questa esperienza internazionale, è stata sperimentata una tecnica omologa sulle dune della Pelosa.

Per procedere ad una azione controllata e razionale di rimozione del *Carpobrotus acinaciformis* sono state individuate 6 aree campione; queste sono state sottoposte ad una azione di estirpazione manuale della specie. L'estirpazione ha riguardato sia la parte epigea della pianta (foglie, fusti e rizomi) sia quella ipogea (fusti e rizomi sepolti, porzioni di apparati radicali). Tre aree (A1, A2 e A3), rispettivamente Figure 7.2, 7.3 e 7.4, sono state realizzate a fine Marzo 2008, le altre tre (A4, A5 e A6), Figure 7.5, 7.6 e 7.7, sono state realizzate nel mese di Novembre 2008. Nella Tabella 7.1 sono riportate le superfici interessate ed il quantitativo della biomassa rimossa (peso umido).

Tabella 7.1 - Superfici interessate dall'azione sperimentale di estirpazione controllata.

Area campione	Data	Sup. m ²	Biomassa tot. Kg	Biomassa sp. Kg/m ²
A ₁	04/2008	4	44	11
A ₂	04/2008	4	60	15
A ₃	04/2008	8	36	4,5
A ₄	11/2008	9	-	-
A ₅	11/2008	4	-	-
A ₆	11/2008	4	40 ÷ 50	10 ÷ 12,5

La scelta delle aree ha tenuto conto della necessità di rappresentare differenti condizioni di copertura, relazioni vegetazionali, esposizione e topografia, al fine di raccogliere utili indicazioni nell'ipotesi di poter attuare un intervento maggiormente esteso e radicale.

L'esperienza ha consentito di trarre alcune considerazioni:

- L'estirpazione manuale permette una rimozione molto selettiva e ben controllata. Tuttavia, la profondità e lo sviluppo dell'apparato radicale condizionano i tempi e l'efficacia dell'azione. In settori dove il deposito eolico è più attivo, rizomi e radici sono più profondi e la rimozione è più difficoltosa e lenta.
- Il materiale dell'apparato radicale residuo, sepolto, è abbondante; le possibilità di ricrescita da esso sembrerebbero piuttosto improbabili e le prime osservazioni (A₁, A₂ e A₃) confermerebbero questa ipotesi.



[a]



[b]



[c]



[d]

Figura 7.2 - Area campione A1: [a] primavera 2008 ante eradicazione; [b] primavera 2008 post eradicazione; [c] autunno 2008; [d] primavera 2009.

- La maggiore profondità costituisce fattore che incrementa il disturbo alle altre specie presenti. Tale disturbo, tuttavia, dipende dalle caratteristiche delle singole specie, in particolare in relazione alle caratteristiche degli apparati radicali.
- Si è notato un disturbo molto limitato a specie come *Ammophila littoralis*, *Agropyron junceum*, al contrario questo è sensibile per la *Calystegia soldanella*.
- Il *Pancratium maritimum* è risultato spesso in associazione al *Carpobrotus acinaciformis*, che rimane insieme a *Lotus cytisoides* la specie prevalente all'interno delle aree campione. La presenza delle specie autoctone è rimasta per lo più costante all'interno dei plot, anche se si assiste ad una lieve riduzione della copertura nell'Area A2 (Figura 7.3). Presenti costantemente nelle aree campione, anche se con coperture che non superano il 2%, *Plantago coronopus* e *Calystegia soldanella* che comunque risultano molto diffuse in tutto il cordone dunare.
- Frequente è *Sporobolus pungens*, specie resistente alle situazioni in cui si ha un maggiore degrado.
- Nelle aree campione ubicate in settori dove l'attività eolica risulta meno intensa (o dove sono meno intensi i suoi effetti), la rimozione risulta meno difficoltosa e anche il disturbo è più contenuto: le superfici che residuano dall'azione sono evidentemente meno esposte all'erosione eolica indotta dalla rimozione della vegetazione, la profondità del "dissodamento" è più contenuta e quindi anche il disturbo alle altre specie è più limitato.
- A circa 7 mesi dalla rimozione del *Carpobrotus acinaciformis* nelle aree A1, A2 e A3 si osserva, in generale, l'assenza di nuove piante con qualche limitata variazione, mentre lo sviluppo, all'interno delle singole celle, è definito esclusivamente da ramificazioni provenienti da piante esterne di *Carpobrotus acinaciformis*, di cui non se ne rinvenivano invece nuove plantule. In particolare, per



Figura 7.3 - Area campione A2: [a] primavera 2008 ante eradicazione; [b] primavera 2008 post eradicazione; [c] autunno 2008; [d] primavera 2009.

quanto minimo in relazione al campionamento invernale in corrispondenza dell'area A3, si rileva un limitato incremento delle superfici cespitose di *Agropyron junceum* (Figura 7.4).

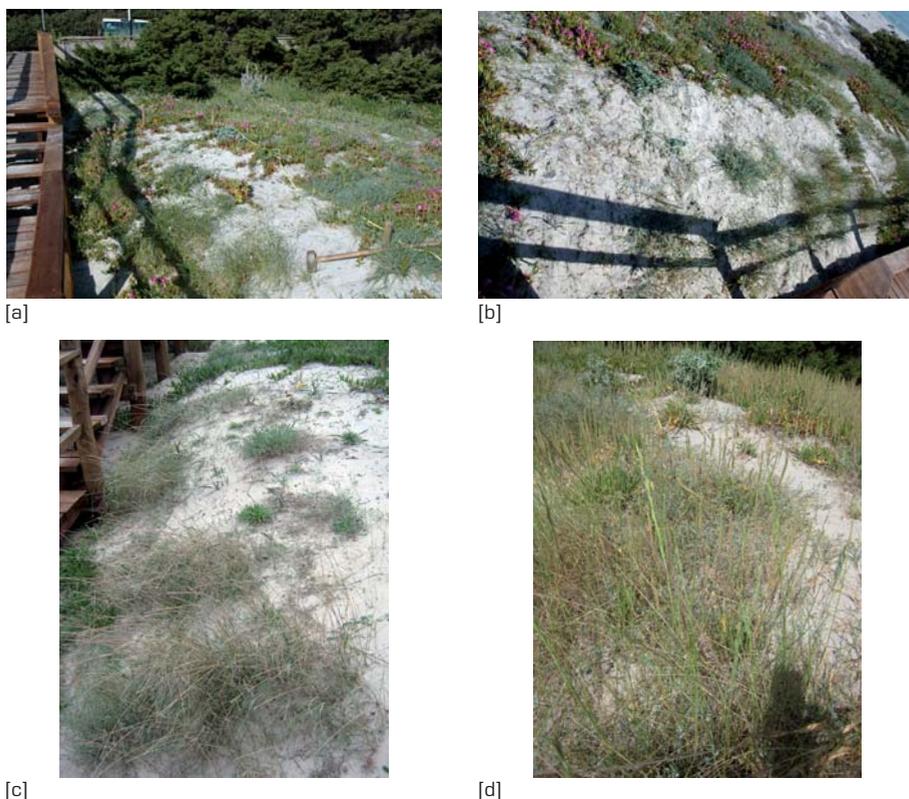


Figura 7.4 - Area campione A3: [a] primavera 2008 ante eradicazione; [b] primavera 2008 post eradicazione; [c] autunno 2008; [d] primavera 2009.

Le aree campione A4- A5- A6 sono state scelte anche per la presenza di superfici dunali stabilizzate dalle emicrittofite a grande sviluppo di radici, che rappresentano lo stadio pioniere della vegetazione perenne degli arenili, come *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, o come le classiche graminacee fissatrici, *Ammophila littoralis*, *Sporobolus pungens* e *Agropyron junceum*, che consentono la formazione delle dune e le consolidano. Saranno necessari successivi monitoraggi per analizzare le dinamiche evolutive che potenzialmente si innescano sulle aree campione realizzate.

La scelta effettuata risulta differenziata non solo nelle caratteristiche ambientali di base, quale esposizione, inclinazione, stabilità del suolo, ma anche nella copertura vegetale oltre che di specie presenti all'interno dei nuovi plots e nell'intorno degli stessi.

In particolare, nel plot A4 si è scelta un'area in cui fosse già presente una buona copertura di *Ammophila littoralis*; nell'area campione A5 è quasi esclusivamente

presente *Calystegia soldanella* con singoli esemplari di *Eryngium maritimum* e *Agropyron junceum*; dove nell'area A6 si è definito un settore con diversità in specie e copertura, tra le specie sinantropiche, sono presenti *Pistacia lentiscus*, *Smilax aspera*, *Calystegia soldanella*, *Ammophila littoralis*, *Sporobolus pungens* e *Lotus cytisoides*.

La sperimentazione sopra descritta ha permesso di evidenziare come, nelle condizioni della duna della Pelosa, la tecnica della rimozione manuale è certamente la più perseguibile; se condotta da personale esperto o comunque ben addestrato e responsabilizzato si può ottenere: una maggiore efficacia attraverso la corretta asportazione delle parti vitali della pianta; un limitato danneggiamento della vegetazione autoctona; la riduzione dell'asportazione accidentale di sabbia.

Considerando l'estensione della copertura a *Carpobrotus*, l'eradicazione totale da questo paraggio può necessitare di circa 400 ÷ 500 ore uomo (50 ÷ 60 giorni/uomo).

L'intervento dovrebbe essere esteso anche oltre il limite del corpo dunale e, in particolare, dovrebbe riguardare anche i giardini adiacenti all'area di intervento. Un monitoraggio da annuale a bi-annuale potrebbe permettere di intervenire tempestivamente per eliminare le probabili ricomparsa della specie.



[a]



[b]

Figura 7.5 - Area campione A4: [a] autunno 2008; [b] primavera 2009.



[a]



[b]

Figura 7.6 - Area campione A5: [a] autunno 2008; [b] primavera 2009.



[a]



[b]

Figura 7.7 - Area campione A6: [a] autunno 2008; [b] primavera 2009.

7.3 - Bibliografia

- BIONDI E. (1999) - Diversità fitocenotica degli ambienti costieri italiani. In: Bon M., Sbrulino G., Zuccarello V., eds - Aspetti ecologici e naturalistici dei sistemi lagunari e costieri. Arsenale Editrice, Venezia: 39 - 102.
- CAMARDA I. (2001) - Ricerca sulle specie vegetali aliene in Sardegna. Rapporto Finale. Convenzione tra il Servizio Conservazione della Natura del Ministero dell'Ambiente e il Dipartimento di Botanica ed Ecologia vegetale. DBEV, Sassari.
- CARTA, L., MANCA, M. & BRUNDU, G. (2004) - Removal of *Carpobrotus acinaciformis* (L.) L.Bolus from environmental sensitive areas in Sardinia, Italy. In: Ariannoutsou, M. & Papanastasis, V. P. (eds.). Proceedings of the 10th MEDECOS - International Conference on Ecology, Conservation and Management. Millpress Science Publishers, Rotterdam.
- FRAGA, P., ESTAUN, I., OLIVES, J., DA CUNHA, G., ALARCON, A., COTS, R., JUANEDA, J. AND RIUDAVETS, X. (2006). Eradication Of *Carpobrotus* (L.) N.E. Br. In Minorca. http://www.iucn.org/places/medoffice/invasive_species/case_studies/eradication_carpobrotus_minorca.pdf
- GEHU J. M., COSTA M., SCOPPOLA A., BIONDI E., MARCHIORI S., PERIS J. B., FRANCK J., CANIGLIA G., VERI L. (1984) - Essai systématique et synchrologique sur les végétations littorales italiennes dans un but conservatoire. I - Dunes et vases saalées. Doc. Phytosoc. n.s. 8: 393 - 474.
- GEHU J. M., BIONDI E. (1994) - Antropizzazione delle dune del Mediterraneo. In: Alterazioni ambientali ed effetti sulle piante. Edagricole, Bologna: 169 - 176.

8. VALUTAZIONE DELLA CARRYING CAPACITY

8.1 - Obiettivi e metodo

La determinazione della *carrying capacity* effettuata sulla spiaggia della Pelosa si basa sui principi proposti da Arisci et al., 2000; verificati ed integrati attraverso successive applicazioni a cura di Arisci et al. (2001, 2002) e Aritzu et al. (2005). In sostanza, il metodo prevede la redazione di tabelle tematiche che contengano informazioni relative agli aspetti fisici, ecologici e sociali che caratterizzano il tratto di costa in esame. A queste, in base alle applicazioni adottate e supportate dall'analisi spaziale, vengono associati diversi valori che, opportunamente combinati, conducono alla determinazione della *carrying capacity* di quel tratto specifico di costa.

In questa ottica, per il raggiungimento di una valutazione attendibile della *carrying capacity*, risulta di fondamentale importanza lo studio di dettaglio dei vari temi che poi rientrano nella valutazione dei valori di analisi e successivamente di sintesi. La valutazione della *carrying capacity* della Pelosa ha seguito due distinte direttrici. La prima incentrata sulle conoscenze scientifiche del sito esistenti in letteratura, derivanti dal progetto o integrate con rilievi di campo; questi ultimi hanno riguardato in particolare la fotointerpretazione e l'analisi diacronica delle immagini (recenti o attuali) per tener conto delle specifiche condizioni locali e delle tendenze evolutive della fascia costiera. Tale metodologia si è basata sostanzialmente sull'uso di indicatori ambientali di sostenibilità sui quali, grazie anche al lavoro di organismi internazionali, come l'Organizzazione mondiale del turismo e di numerose applicazioni pratiche condotte anche a livello regionale dall'Università di Cagliari, esiste ormai una vasta letteratura.

La seconda si basa sulla cosiddetta *Social Carrying Capacity*. Questa richiede un ben organizzato processo di partecipazione pubblica come un elemento fondamentale che distingue la valutazione della capacità di carico dagli altri processi di pianificazione generale o settoriale. Si tratta di un approccio tipicamente anglosassone che, progressivamente, si sta facendo strada anche nel contesto mediterraneo.

Il coinvolgimento di tutti gli attori privati e pubblici permette di arrivare sia ad una valutazione della capacità di carico estremamente più efficace e condivisa, sia ad una presa di coscienza più matura e compiuta sull'importanza della tutela e della conservazione del patrimonio ambientale e paesaggistico.

La *Social Carrying Capacity* richiede l'identificazione di scenari di sviluppo turistico per l'area presa in considerazione: un'isola, un parco naturale, un'area costiera, un determinato ambito geografico, ecc. Successivamente, vengono formulate ipotesi di scenari di sfruttamento e di conservazione, a partire da quelli più estremi e via via per i vari scenari intermedi, fino ad identificare lo scenario di sviluppo voluto.

8.2 - I dati di riferimento per l'analisi spaziale e la rappresentazione

Lo studio e l'analisi dei dati utilizzati per operare ragionamenti e valutazioni nell'ambito del lavoro è stato supportato da un database geografico appositamente orientato per l'archiviazione e l'elaborazione di informazioni territoriali di interesse inerenti la *Carrying Capacity Assessment*.

L'implementazione del database ha previsto l'archiviazione di immagini aeree e di cartografia tecnica, indispensabili come supporto di base; la ricerca è stata indirizzata verso l'acquisizione di strumenti esistenti e conosciuti:

- CTR al tratto sez. A3 (1978) scala 1: 10.000
- CTR numerica sez. 440-030 (1997) scala 1: 10.000
- Ortofoto AIMA Sez. 440-030, anno 1997, toni di grigio, ris. 1 metri
- Ortofoto AGEA Sez. 440-030, anno 2003, toni di grigio, ris. 1 metri
- Ortofoto RAS Sez. 440-030, anno 2006, colori, ris. 0,5 metri

Per soddisfare il dettaglio richiesto dall'analisi è stata scartata l'ipotesi di utilizzare, come base di riferimento, la ortofoto a colori con risoluzione 0,5 metri, in quanto non aggiornata e con forti limitazioni di scala.

Sono state così utilizzate, a partire dalle visualizzazioni on line, le immagini offerte dal web-gis Google Earth^{©2008}GoogleTM (<http://earth.google.it/>): l'area di studio è coperta con una immagine di elevato dettaglio e datata al 17 Agosto 2007, estremamente utile allo scopo del lavoro.

A tale fine è stata predisposta l'immagine attraverso una serie di elaborazioni:

- scelta della dimensione della finestra di acquisizione da Google Earth^{©2008}GoogleTM;
- acquisizione tramite stampa virtuale di 7 fotogrammi singoli;
- elaborazione di ogni fotogramma, ritaglio e compressione dei file;
- georeferenziazione di ogni fotogramma in funzione della CTR numerica e della ortofoto a colori;
- mosaicatura dei singoli fotogrammi;
- esportazione dell'immagine e georeferenziazione secondo il sistema nazionale di coordinate piane di riferimento Gauss-Boaga - Roma 40 Fuso Ovest.

L'immagine ricampionata con un pixel pari a 14 cm al suolo, consente a video una visualizzazione in scala pari a circa 1:400 con una elevata definizione utile per una precisa e dettagliata interpretazione delle caratteristiche fisiche, biologiche e antropiche del sistema spiaggia-duna e, visto il dettaglio e il periodo di acquisizione, consente anche di estrarre informazioni relativamente ad importanti aspetti numerici inerenti la frequentazione della spiaggia (Figura 8.1).

Gli altri dati archiviati sono stati utili per supportare la georeferenziazione delle informazioni e per il confronto delle modificazioni ambientali nel tempo, con particolare riguardo alla duna ed alla linea di riva.

Il database geografico creato consta di vari livelli informativi in diverso formato digitale georeferenziati secondo il sistema di coordinate di riferimento Gauss-Boaga - Roma 40 Fuso Ovest.

8.3 - Tourism Carrying Capacity Assessment (TCCA)

Il concetto di *carrying capacity* turistica si basa sull'assunto generale che ogni forma di sviluppo che interessa la capacità di carico di un ecosistema necessariamente deve essere sostenibile.



Figura 8.1 - Mosaicatura dei singoli fotogrammi estratti da Google Earth©2008 Google™ [<http://earth.google.it/>].

In accordo con le definizioni generalmente riconosciute nell'ambito della valutazione della *carrying capacity*, lo sviluppo sostenibile del turismo può definirsi come quella forma di sviluppo turistico che usa le risorse naturali e il patrimonio culturale e paesaggistico per incrementare il numero di frequentatori e conseguentemente il profitto delle attività turistiche, ma preserva le risorse stesse per le future generazioni, ovvero un turismo che non supera la *carrying capacity* delle risorse turistiche (Figura 8.2).

L'ambizione di sviluppo turistico sostenibile si manifesta come un compromesso tra il modello intensivo promosso da imprenditori turistici e quello generalmente sostenuto dagli ecologisti.

Tutte le metodologie partono dal presupposto che la valutazione dei limiti della *carrying capacity* sono raramente individuabili, e ciò dipende anche dal punto di vista soggettivo di chi è preposto a tale valutazione.

Per tale motivo si ritiene che la valutazione della *carrying capacity* turistica non debba essere impostata su un rigido sistema di valutazione strettamente matematico, ma su un sistema ragionato, adattabile alle diverse realtà territoriali e che si esplica su due concetti basilari:

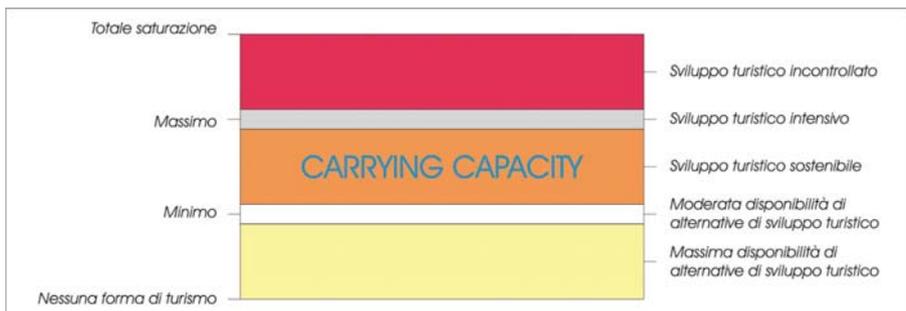


Figura 8.2 - Concetto di *carrying capacity* turistica espresso secondo una rappresentazione grafica.

- mutabilità degli aspetti fisici, ecologici, infrastrutturali, socio-demografici e politico-economici che, nel contesto di applicazione, rivestono la stessa importanza;
- necessità di individuare e indicare diversi scenari di sviluppo prima di predisporre la valutazione finale della *carrying capacity*.

La stima del numero di frequentatori che può accogliere una specifica località turistica senza che ne subisca i danni ambientali, ovvero la *Tourism Carrying Capacity Assessment* (TCCA), è diventata una pratica di fondamentale importanza nella gestione dello sviluppo turistico sostenibile.

Ma, come accennato in precedenza, la TCCA deve essere considerata come una pratica basata su concetti e ragionamenti scientifici e non come una semplice formulazione matematica che consente di individuare un numero comunque approssimato di turisti.

La TCCA deve essere concepita come un metodo e uno strumento di gestione dello sviluppo turistico, sostenibile, flessibile ed adattabile, che consente di indicare il livello ottimale di capacità di una determinata area in una specifica condizione ambientale.

In accordo con quanto proposto dalla WTO (*World Tourism Organization*), che fu la prima organizzazione a proporre una definizione di TCCA successivamente adottata anche dall'UNEP nell'ambito del MAP (*Mediterranean Action Plan*) e nel PAP (*Priority Actions Programme*) anche in questo caso specifico si intende per *Tourism Carrying Capacity* il numero massimo di visitatori che possono frequentare uno specifico luogo più o meno contemporaneamente senza causare danni fisici, ecologici e socio-culturali all'ambiente ed al paesaggio e l'inaccettabile decremento della qualità di soddisfazione del turista.

Nell'area costiera mediterranea i parametri che influenzano direttamente il processo di *Carrying Capacity Assessment* per il turismo sono: sensitività dell'ecosistema, condizioni climatiche globali e generali, caratteri e processi geomorfologici, tradizioni culturali, tradizioni locali e stili di vita.

Tutte queste specifiche caratteristiche dovrebbero essere prese in considerazione nell'analisi e nella predisposizione di un modello concettuale per la valutazione della *carrying capacity*.

All'interno del processo di pianificazione e di gestione delle aree costiere, la TCCA si inserisce come strumento decisionale e regolatore di un flusso di informazioni che possono essere raggruppate in tre gruppi principali, la caratterizzazione dei quali è indispensabile nel processo integrato di valutazione della *carrying capacity*. Questi principali aspetti sono quelli che riguardano:

- l'aspetto fisico ambientale;
- l'aspetto ecologico ambientale;
- l'aspetto socio demografico.

Queste caratteristiche devono essere concepite e considerate in un modello concettuale del sistema che si sta analizzando nel processo di valutazione della *carrying capacity*.

Questo aspetto conferma il fatto che la TCCA è un processo dinamico e in evoluzione con i caratteri che regolano i diversi aspetti della *carrying capacity* stessa.

Lo schema di Figura 8.3 consente di riassumere il modello concettuale di integrazione della *Tourism Carrying Capacity Assessment* nel complesso processo di pianificazione e gestione delle aree costiere, ma indica anche come la TCCA sia complessivamente il risultato di una analisi ragionata che coinvolge la *Physical*

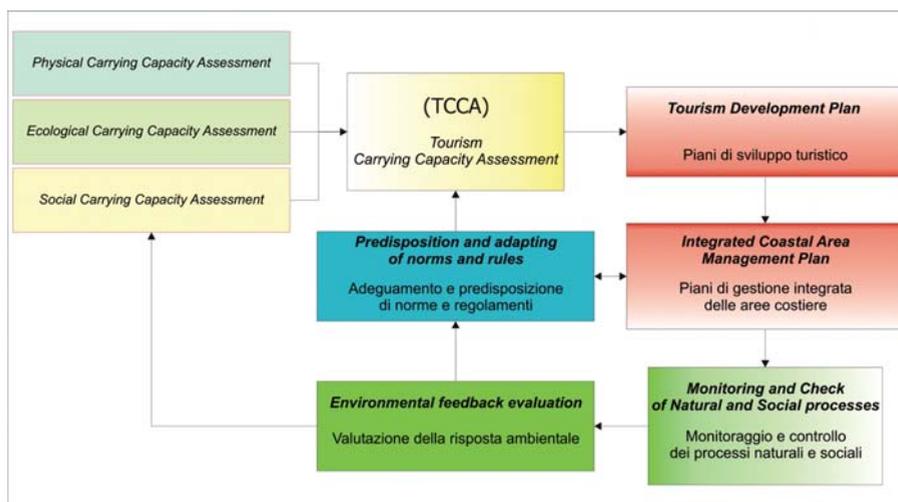


Figura 8.3 - Modello di flusso delle attività di analisi e valutazione della carrying capacity a supporto della conoscenza e dello sviluppo di attività di gestione delle aree costiere.

Carrying Capacity Assessment, la *Ecological Carrying Capacity Assessment* e la *Social Carrying Capacity Assessment*.

Si tratta, ovviamente, di una valutazione integrata, dove gli aspetti ambientali e sociali devono essere presi in considerazione. Infatti, per esempio la *Social Carrying Capacity Assessment*, che nel presente lavoro viene utilizzata con lo scopo di poter analizzare e comprendere gli aspetti socio-demografici, ovvero di psicologia ambientale, strettamente connessi alla frequentazione e all'uso attuale della spiaggia, svolge certamente un ruolo di base nella conoscenza a supporto delle scelte di gestione, ma da sola non consente di supportare un processo integrato di gestione (*management*) dell'uso della spiaggia.

Ne consegue che agli aspetti socio-demografici e psicologici devono assolutamente accompagnarsi ed integrarsi gli aspetti fisici e ambientali, conoscibili per mezzo della *Physical Carrying Capacity Assessment* e della *Ecological Carrying Capacity Assessment*, al fine di consentire una valutazione (*assessment*) integrata dei meccanismi concettuali che regolano il funzionamento di un sistema complesso, delicato e sensibile come quello della spiaggia della Pelosa.

8.3.1 - Analisi degli aspetti geoambientali

L'analisi sugli aspetti fisici generali dello sviluppo costiero del Comune di Stintino ha consentito, attraverso l'aerofotointerpretazione e la digitalizzazione dei tratti costieri, di suddividere la costa in quattro tipologie principali e di indicarne la distribuzione percentuale (Tabella 8.1).

Come si può osservare nella tabella 8.1, appare evidente che lo sviluppo costiero del Comune di Stintino è fortemente caratterizzato da coste alte e rocciose, che si presentano con continuità sul versante occidentale.

Questa tipologia caratterizza circa il 50% della costa ed è impostata sulle litologie metamorfiche paleozoiche che definiscono morfologie alte e fortemente acclivi, con

Tabella 8.1 - Sintesi dei dati elaborati sull'intero sviluppo della costa stintinese con suddivisione delle tipologie individuate.

Tipologia costa	Lunghezze parziali (m)	% sullo sviluppo totale
Alta - Rocciosa - Inaccessibile	26533	48,90%
Bassa - Rocciosa	14501	26,73%
Bassa - Rocciosa - Antropizzata	4320	7,96%
Bassa - Sabbiosa	8902	16,41%
Sviluppo totale costa	54256	100,00%

versanti a falesie attive che generano un ambiente ostile e non utilizzabile per la fruizione turistica.

I tratti sabbiosi della costa stintinese sono circa il 16% dello sviluppo totale, mentre una percentuale pari a circa il 7,9% è definita da costa antropizzata, nella quale si includono alcune aree sistemate a banchina e i porticcioli. Il resto della costa del Comune di Stintino è caratterizzato da costa bassa rocciosa, comunque usufruibile ai fini turistici, che si presenta in buona parte sul versante orientale e in minima parte sul versante occidentale che, come detto in precedenza, è caratterizzato da coste alte rocciose inaccessibili (Figura 8.4).

Prendendo a riferimento il tratto di costa sabbioso della spiaggia della Pelosa, misurato tramite interpretazione dell'immagine aerea di riferimento, ovvero relativo all'estate 2007, questo è pari a circa 270 m. Conseguentemente si deduce che, mediamente, il tratto di spiaggia della Pelosa caratterizza circa il 3% del litorale sabbioso o sabbioso-ghiaioso e ciottoloso del Comune di Stintino.

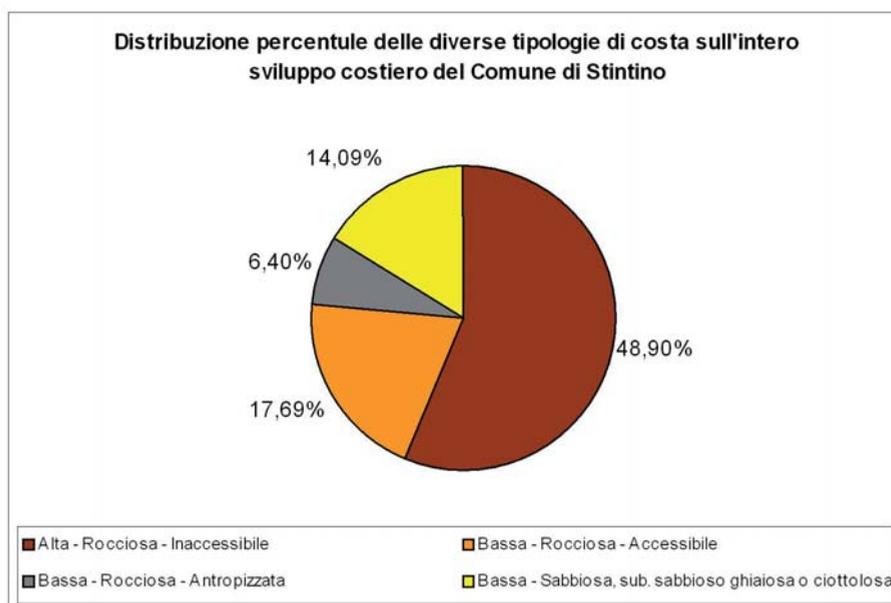


Figura 8.4 - Diagramma a torta della distribuzione percentuale sull'intero sviluppo costiero delle varie tipologie di costa considerate.

8.3.1.1 - Analisi fisica e morfometrica dell'ambiente emerso

L'analisi fisica del complesso spiaggia - duna, ed in particolare della spiaggia, è chiaramente orientata verso la conoscenza dei parametri dimensionali e morfologici della porzione emersa e sommersa.

Infatti, l'esigenza principale a cui si è andati incontro è stata quella di poter disporre di una base cartografica di riferimento da cui partire per poter condurre le analisi di diverso tipo, siano esse morfometriche a supporto della *Physical Carrying Capacity Assessment*, o interpretative a supporto della *Ecological Carrying Capacity Assessment* o della *Social Carrying Capacity Assessment*.

A tal fine, come anche precisato in precedenza, l'immagine aerea utilizzata, insieme a tutti gli altri dati residenti nel database geografico, sono dati indispensabili per poter condurre le analisi, ma anche per poter predisporre tabelle, grafici e mappe di sintesi.

La problematica principale affrontata è stata quella di definizione dell'area di spiaggia emersa. Poiché quest'area, per caratteristiche geomorfologiche e morfodinamiche, è soggetta a repentine trasformazioni, con avanzamenti, arretramenti e modificazioni della linea di riva, si è ragionevolmente optato di fare riferimento alla linea di riva interpretata dalla immagine aerea di base e di individuare il limite superiore della spiaggia emersa al contatto con la duna.

Per poter definire questi aspetti fisici dell'area in studio è stata redatta una mappa dei substrati che caratterizzano l'ambiente emerso; quindi attraverso la fotointerpretazione e il rilievo sul campo è stata definita una mappa che consente una lettura geolitologica del sito, per mezzo della quale si definiscono la forma e le dimensioni della spiaggia.

Ad ausilio di questa delimitazione si è provveduto a definire la linea di riva ed il limite inferiore della duna, in modo tale da avere un quadro di uno stadio fisico e morfometrico di riferimento per la verifica delle modificazioni fisiche e morfologiche della spiaggia, le quali inevitabilmente si riflettono nella dimensione degli spazi fruibili dai frequentatori della spiaggia, quindi sulla percezione della stessa fruibilità e nell'insieme della qualità del paesaggio.

Le Figure 8.5 e 8.6, ricavate attraverso la fotointerpretazione e successivi controlli sul campo, consentono di individuare alcuni aspetti geologici, morfologici e morfometrici dell'ambiente emerso ed è infatti da questi aspetti, interpretati e rappresentati in mappa, che si è partiti per la delimitazione degli spazi di spiaggia fruibili della costa stintinese.

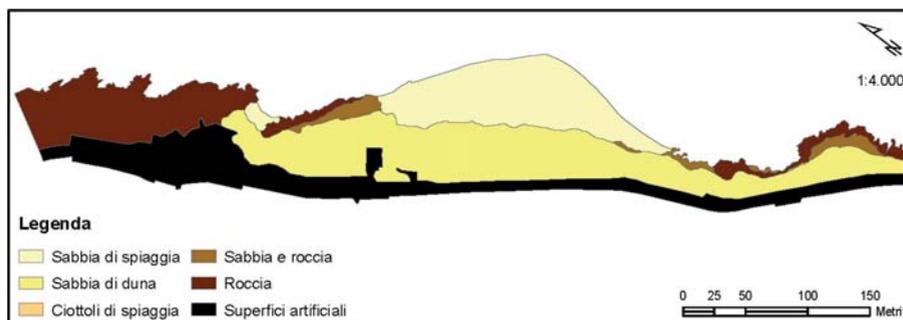


Figura 8.5 - Mappatura del substrato geologico caratterizzante l'ambiente emerso della spiaggia della Pelosa e della costa adiacente.



Figura 8.6 - Interpretazione del limite inferiore della duna e della spiaggia emersa alla data dell'immagine aerea [17 Agosto 2007].

Questi elementi conoscitivi non sono risultati sufficienti per delimitare correttamente la superficie della spiaggia effettivamente fruibile; infatti, poiché nella duna sono presenti le opere realizzate per la delimitazione e la protezione, si è ritenuto di dover reinterpretare il limite superiore della spiaggia fruibile, non coincidente con il limite inferiore della duna, ma esattamente coincidente con le opere di protezione e/o di accesso presenti (Figura 8.7). Per fare questo, attraverso l'analisi della immagine aerea ricostruita ed i rilievi e gli studi realizzati in precedenza, è stato possibile rappresentare in una mappa le opere realizzate e suddividerle per tipologia.

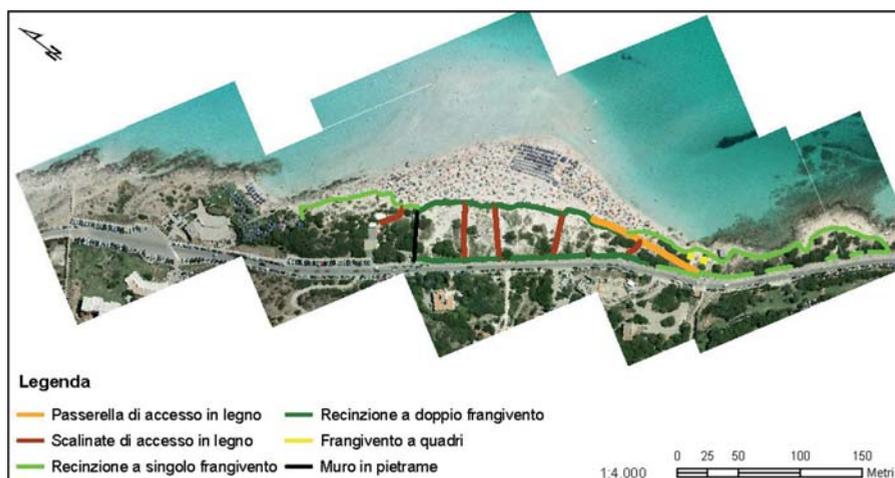


Figura 8.7 - Mappatura degli interventi realizzati sulla duna per gli accessi alla spiaggia e a salvaguardia della duna stessa, alla data dell'immagine aerea [17 Agosto 2007].

In base alle precedenti considerazioni e alla mappatura realizzata, risulta che la spiaggia, nell'Agosto 2007, avesse una superficie pari a circa 8980 m².

Come osservato nel Capitolo 3, le modificazioni della linea di riva, particolarmente rilevanti, rendono questo valore di superficie suscettibile di inevitabili variazioni, non solo nel medio periodo stagionale, ma anche settimanalmente e quotidianamente a causa di una serie di aspetti che governano la morfodinamica costiera. In tal senso, il dato è decisamente coerente con le misurazioni effettuate o interpolate (vedi anche la Figura 3.4).

Le importanti modificazioni cui è soggetta la spiaggia, sia stagionalmente e sia anche periodicamente, in funzione delle condizioni meteomarine, determinano la dimensione e la distribuzione degli spazi frequentabili.

Dall'analisi dei caratteri geometrici e dimensionali della spiaggia fruibile, intrecciata con la studio della predisposizione delle opere di accesso, emerge che le superfici disponibili sono ben distribuite rispetto alle vie di accesso, anche se i settori di spiaggia sono di esigue dimensioni. Ne consegue comunque una buona funzionalità delle scalinate e delle passerelle che riduce anche la necessità di attraversamento tra i bagnanti e, dunque, l'effetto disturbo.

Anche questo aspetto, più strettamente connesso alla frequentazione, è comunque legato alla dinamica della spiaggia e alle sue modificazioni geometriche e morfometriche, infatti queste comportano delle variazioni sia in termini di superficie sia in termini di forma complessiva dell'arenile.

8.3.1.2 - La dinamica geomorfologica della linea di riva

L'analisi geometrica e morfologica delle linee di riva consente di osservare come la dinamica della spiaggia emersa sia caratterizzata da una periodica migrazione verso Nord o verso Sud dell'apice del lobo (capitolo 3).

Questa variazione di forma, che non comporta conseguenze rilevanti per la fruizione, si associa anche una variazione, seppur meno rilevante, della conformazione della spiaggia sommersa.

Se le variazioni di forma della spiaggia emersa e sommersa non comportano effetti per l'entità dello spazio disponibile e la qualità della fruizione, ben diverso è il discorso connesso alle variazioni, sostanzialmente in progressiva diminuzione, della superficie della spiaggia nel medio-lungo periodo.

La ricostruzione delle variazioni diacroniche della linea di riva (Capitolo 3) ha permesso di definire l'entità delle variazioni geometriche, morfologiche ed ecologiche del complesso spiaggia-duna della Pelosa nel tempo (un esempio di queste evidenti variazioni si può osservare nella sovrapposizione di un'immagine prospettica del 1982 con la linea di riva dell'Agosto 2007; Figura 8.8).

La spiaggia, in questi primi decenni del cosiddetto "involvement" (coinvolgimento) e "development" (sviluppo) turistico, ha, in qualche misura, beneficiato degli apporti di sedimento derivanti dal progressivo degrado del sistema dunare prodotto da sentieramento e da transito incontrollato.

Nella foto aerea del 1982 è possibile osservare persino la presenza di autovetture lungo uno dei percorsi di accesso alla spiaggia.

Nel tempo, questa forma di degrado fisico e biologico, ha prodotto la formazione di ampi e profondi canali nel sistema dunare, cui ha contribuito il deficit sedimentario connesso all'edificazione e della frammentazione del paesaggio in lotti, della creazione di muretti a secco e siepi e dell'impianto di prati erbosi, nonché l'asportazione da parte degli avventori. Quest'ultimo fattore è stretta-

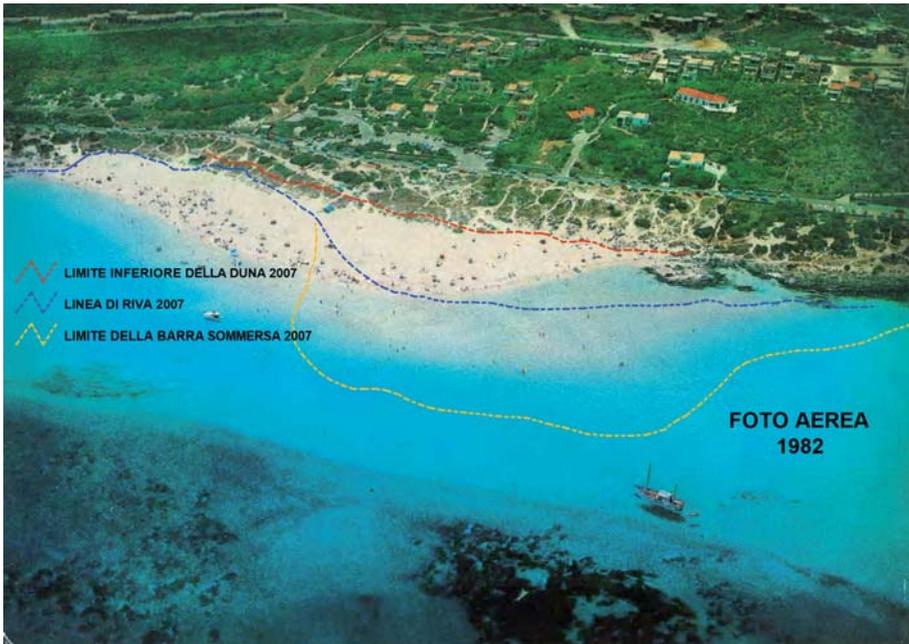


Figura 8.8 - Confronto tra le condizioni del sistema spiaggia-duna nel 1982 [data dell'immagine aerea rielaborata da una cartolina dell'epoca] e quelle del 2007.

mente connesso alla composizione mineralogica della sabbia: l'abbondante frazione bioclastica del sedimento [descritta quali - quantitativamente nel Capitolo 4], è alquanto leggera in peso di volume e dunque facilmente mobilizzabile dal vento quando asciutta e nello stesso tempo molto adesivo alla pelle e agli indumenti dei frequentatori della spiaggia, che inconsapevolmente agiscono anche loro da detrattori ambientali.

Questo aspetto riguardante specificatamente la spiaggia, ma in generale gli aspetti fisici, ecologici, sociali, sottolinea l'importanza che si è data in precedenza al fatto che la TCCA sia un processo complesso, integrato, variabile nel tempo e nello spazio e che quindi necessita di una valutazione di riferimento e di una base cognitiva di elevato dettaglio spazio temporale per l'analisi delle modificazioni ambientali.

8.3.1.3 - Analisi fisica e morfometrica dell'ambiente sommerso

La ricostruzione dell'andamento dei fondali riveste un ruolo di fondamentale importanza, per collegare l'informazione morfometrica alla movimentazione dei sedimenti sul fondo marino in termini di trasporto e sedimentazione.

Inoltre, nell'ambito di una valutazione più strettamente legata alla fruizione, l'andamento della batimetria consente di individuare le zone della spiaggia sommersa caratterizzate da più o meno brusche variazioni del fondale e, di conseguenza, serve ad indicare le aree più o meno sicure in termini di balneazione.

A tal fine, è stata analizzato in ambiente GIS l'andamento dei fondali, restituendo il rilievo batimetrico eseguito nel giugno 2008 dalla GeoCoste s.n.c., con intervallo delle isobate pari a 1 metro [Figura 8.9].

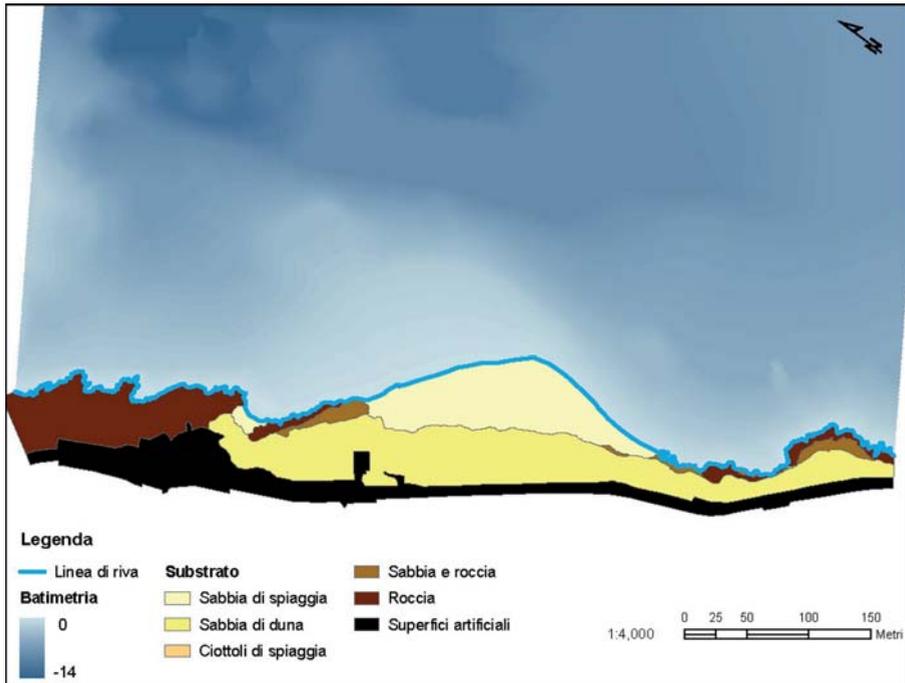


Figura 8.9 - Sviluppo continuo su base raster (DTM) dell'andamento batimetrico della spiaggia sommersa e del fondale marino con indicazione della linea di riva interpretata alla data dell'immagine aerea (17 Agosto 2007) e del substrato geologico del settore emerso.

Questo ha permesso di individuare le superfici caratterizzate da intervalli di profondità definiti che indicano una complessiva condizione di debole variazione del profilo del fondale (Figura 8.10). Questo determina un buon grado complessivo di sicurezza per la frequentazione della spiaggia sommersa, pur in presenza di un rapido incremento delle pendenze dei fondali nel lato Sud-orientale.

8.3.2 - Analisi degli aspetti ecologici ambientali

Nel presente lavoro, al fine di poter indagare gli aspetti ecologici del sito costiero che comprende la spiaggia della Pelosa, si è fatto riferimento all'individuazione delle aree di interesse naturalistico istituzionalmente tutelate, ma anche a quelle riconosciute ed in fase di analisi e studio orientati all'assunzione di strumenti di gestione e tutela. A tal proposito è stata condotta un'analisi dell'area vasta comprendente l'intero territorio stintinese e uno studio specificatamente orientato a mettere in evidenza la tipologia di copertura vegetale e l'uso della duna e, conseguentemente, le forme di degrado fisico, morfologico e vegetazionale che interessano la stessa.

8.3.2.1 - Valenze naturalistiche e paesaggistiche dell'area vasta

Come detto, l'individuazione degli aspetti ecologici a supporto della *Ecological Carrying Capacity Assessment* si è avvalsa anche dell'analisi territoriale, estesa al

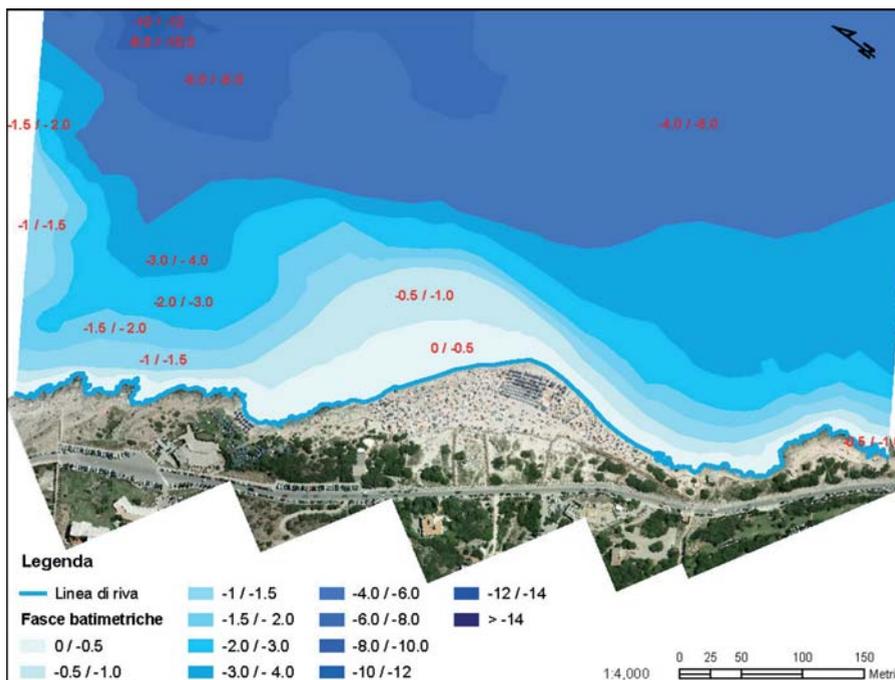


Figura 8.10 - Estrapolazione di fasce batimetriche in funzione di intervalli di profondità da porre in relazione con la sicurezza della balneazione.

contorno della spiaggia della Pelosa, che ha consentito valutazioni sui territori che, in qualche modo, rappresentano delle specifiche valenze ecologiche ed ambientali e che, a vario grado istituzionale, sono tutelati [Fig. 8.11; vedere anche l'Appendice 1 per eventuali approfondimenti normativi].

Dall'analisi emerge che la spiaggia della Pelosa non ricade direttamente all'interno di territori tutelati o individuati come aree significative dal punto di vista ambientale ed ecologico, ma si evince comunque che i territori circostanti la stessa spiaggia sono ampiamente interessati da forme di tutela istituzionale o di riguardo ambientale ed ecologico.

Nella fattispecie, la spiaggia della Pelosa si trova a breve distanza dai limiti del Parco Nazionale dell'Asinara e quasi all'interno delle ZPS e dei SIC che interessano l'Isola Piana e la stessa Isola dell'Asinara ed, in generale, si inquadra in un contesto ambientale costiero ad elevata valenza ecologica, definito dai SIC "Coste e Isolette a Nord Ovest della Sardegna" e "Stagno di Pilo e di Casaraccio", dalla ZPS "Stagno di Pilo, Casaraccio e Saline di Stintino" e comunque in un territorio in cui sono presenti: oasi naturali di protezione faunistica, riserve naturali ai sensi della L.R. 31/89 e anche aree di ulteriore interesse naturalistico.

Si deve inoltre tenere in considerazione che buona parte del territorio costiero del Comune di Stintino, come si può osservare nella Figura 8.11, è particolarmente interessato da aree tutelate o a valenza ecologica riconosciuta. Questo aspetto ambientale, visto nell'ottica della gestione integrata delle aree costiere ai fini delle fruizione turistica, consente di ampliare e diversificare l'offerta ricreativa, mantenendo uno standard di qualità ecologico e ambientale elevato in tutte le aree dispo-

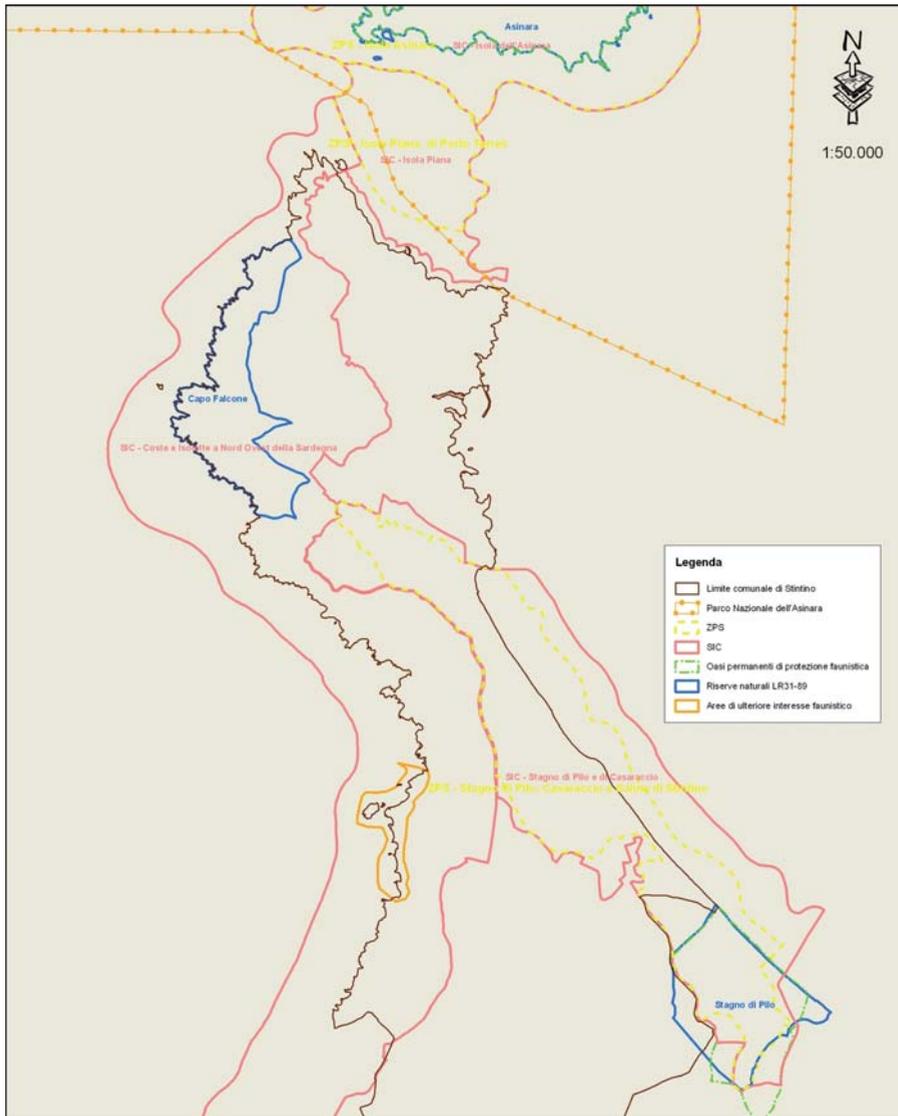


Figura 8.11 - Mappa delle aree tutelate istituzionalmente e delle aree con valenza ecologica e ambientale riconosciuta, interessanti il territorio comunale di Stintino e l'area vasta attorno alla spiaggia della Pelosa.

nibili alla fruizione, nella fattispecie le spiagge della costa orientale, distraendo l'attenzione dalla spiaggia della Pelosa e consentendo la predisposizione e/o l'adattamento delle norme di tutela e delle regole per una frequentazione controllata.

8.3.2.2 - La copertura vegetale e l'uso del suolo

Nell'ottica di una visione più specificatamente orientata alla valutazione della qualità ecologica del sistema spiaggia-duna della Pelosa, attraverso la consultazione della Carta della Vegetazione [Capitolo 6 e Allegato 4], redatta nel Novembre 2008, è

stato possibile individuare le caratteristiche ecologiche della duna, ma soprattutto le forme di degrado fisico morfologico e vegetazionale che interessano la stessa. La successiva elaborazione ai fini della *carrying capacity* ha permesso di confrontare le varie tipologie di uso del suolo, indicate come superfici edificate generalmente adibite a strutture ricettive e di ristorazione, con le diverse tipologie di copertura vegetale della duna, le opere di accesso e di protezione che in essa sono state realizzate e, in definitiva, a ricondurre l'analisi alle forme di degrado che interessano il sistema (Figure 8.12 e 8.13).

8.3.2.3 - Il degrado morfologico e vegetazionale della duna

Come detto in precedenza, attraverso l'analisi diacronica di immagini aeree zenitali e prospettiche ed i rilievi diretti sul campo è stato possibile mettere in evidenza che la duna della Pelosa è interessata da processi di degrado morfologico vegeta-

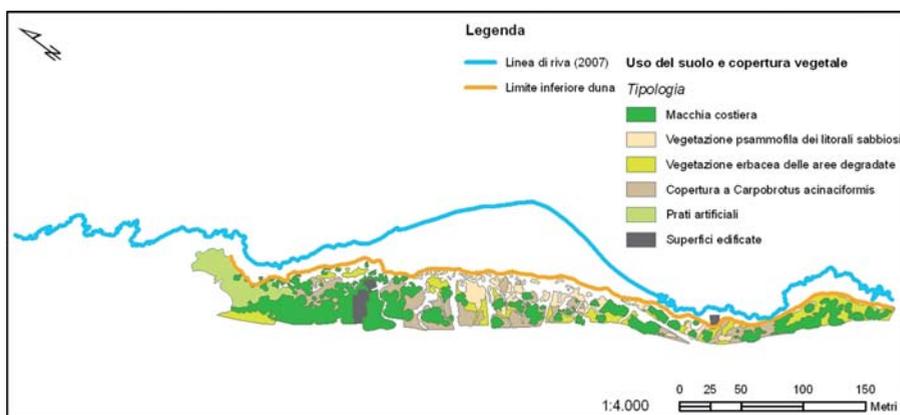


Figura 8.12 - Mappatura dell'uso del suolo e della copertura vegetale della duna della Pelosa con indicazione del limite inferiore della duna e della linea di riva interpretata dalla immagine aerea del 2007.

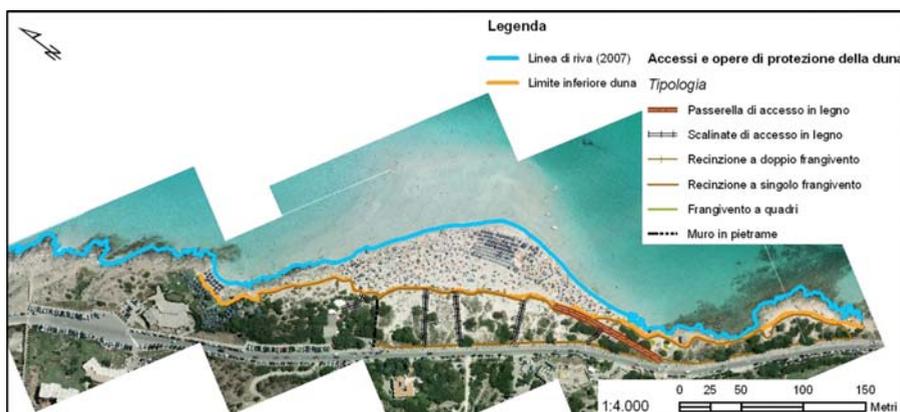


Figura 8.13 - Mappatura delle opere di protezione e di accesso che interessano la duna della Pelosa, che rappresentano una forma di uso del suolo con indicazione del limite inferiore della duna e della linea di riva interpretata dalla immagine aerea del 2007.

zionale che derivano da decine di anni di incuria e cattiva gestione del sistema spiaggia-duna. In particolare, la duna ha risentito del fenomeno di degrado prodotto da eccessivo sentieramento e da transito incontrollato anche di autoveicoli.

Queste forme di fruizione della duna, dovute alla inconsapevolezza dei turisti, ma anche allo scarso interesse delle istituzioni verso i beni ambientali costieri, ha condotto alla formazione di solchi di deflazione che ormai sono evoluti in ampi canali che nel tempo hanno trasferito i volumi di sedimento eolico verso valle sulla spiaggia.

Lo stato di abbandono ed il progressivo uso incontrollato hanno certamente prodotto un degrado fisico morfologico della duna, ma ne hanno anche impostato e successivamente incrementato il depauperamento biologico, come concausa della progressiva mancanza di orizzonti di radicazione per le specie arbustive ed arboree della macchia mediterranea e la susseguente mancanza di orizzonti organici per lo sviluppo delle specie erbacee e psammofile litoranee.

Nella Figura 8.14 si può osservare come le forme di degrado che interessano la duna siano prevalentemente a sviluppo lineare: questa geometria deriva dal fatto che l'origine del degrado è legata al sentieramento incontrollato che ha generato vie preferenziali per l'erosione eolica e idrometeorica.

Risulta interessante notare che le attuali vie d'accesso alla spiaggia, scalinate e passerelle, sono state realizzate lungo le principali direttrici di queste forme di degrado, questo ha conferito al sistema delle ulteriori strutture di cattura del sedimento in movimento, contribuendo alla ricostituzione della duna e dei suoi volumi di sabbia.

8.4 - Analisi degli aspetti socio demografici

8.4.1 - Metodologie di indagine

La metodologia di indagine si è basata sullo studio, la ricerca e l'elaborazione di un questionario-intervista per individuare le caratteristiche, la percezione e il livello di consapevolezza degli *stakeholders* della spiaggia della Pelosa.

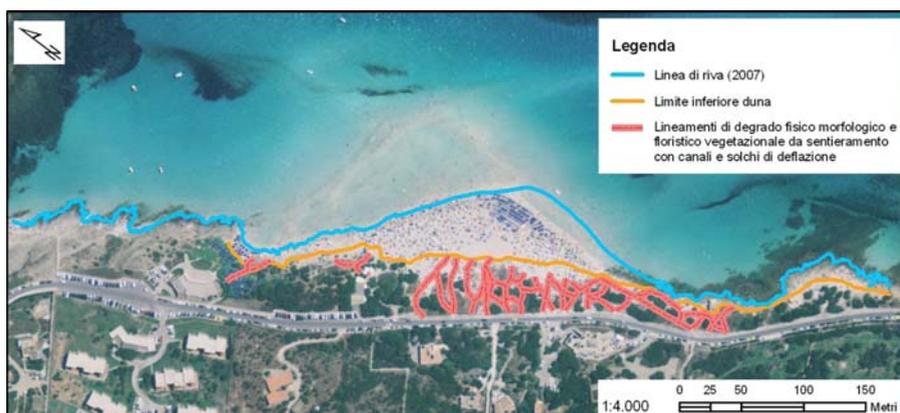


Figura 8.14 - Rappresentazione dei lineamenti del degrado fisico morfologico e flogistico vegetazionale della duna sulla Ortofoto 2006 con indicazione della linea di riva e del limite inferiore della duna del 2007.

Il questionario è stato preparato attraverso l'analisi della letteratura, l'analisi di indagini condotte in Sardegna e la formulazione di domande ideate specificatamente per il contesto locale, in base alla conoscenza della tipologia di frequentatori della costa di Stintino.

Le domande sono state create allo scopo di investigare quattro aspetti principali:

- a) il profilo del frequentatore;
- b) la percezione della spiaggia da parte dell'utenza;
- c) il livello di informazione e di consapevolezza dell'utente;
- d) il metodo di frequentazione della spiaggia.

Al termine del questionario una sezione è stata lasciata libera per consentire all'intervistato di poter esprimere le proprie osservazioni e le proprie opinioni liberamente dalle domande precedenti.

Il questionario, in prima analisi, è stato concepito in due interviste distinte per turisti e residenti ma, considerato il relativo ritardo rispetto alla stagione estiva e la necessità di impostare una indagine sociale, parallela a quella ambientale, è stato ristrutturato e prodotto in un unico modulo di 3 pagine da somministrare indistintamente alla popolazione frequentante la spiaggia.

Contemporaneamente alla stesura del questionario-intervista, è stata elaborata una cartella di lavoro, tramite la quale sono state sia archiviate le informazioni che derivano dalle interviste proposte ai frequentatori della spiaggia, sia elaborate le informazioni di sintesi.

Infatti, la cartella di lavoro è stata strutturata in modo tale da poter supportare semplici analisi ed estrazioni di dati riassuntivi numerici e percentuali, ma anche analisi relativamente complesse attraverso l'utilizzo di filtri e interrogazioni.

Attraverso l'uso dei dati puri e/o sintetizzati è stato possibile realizzare i necessari grafici riassuntivi per l'esplicazione dei risultati dell'analisi sociale.

Allo stato attuale, come verifica della metodologia, sono stati somministrati circa 50 questionari e di questi ne sono stati archiviati 17.

Come accennato precedentemente, il ritardo rispetto alla stagione estiva non ha consentito una diffusione sistematica del questionario predisposto a supporto dell'analisi sociale, pertanto il campione di riferimento è costituito da 34 elementi, che comunque costituiscono un sufficiente insieme di informazioni da cui trarre preziose indicazioni per la *Social Carrying Capacity Assessment*.

Di seguito vengono riportate le 3 pagine del questionario nella loro struttura integrale.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI
Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali

**Studio della capacità di carico della spiaggia "La Pelosa" di Stintino
finalizzata alla salvaguardia dell'arenile e del paesaggio costiero**

SCHEDA INTERVISTA

DATA ___/___/___

PROVENIENZA

Stintino e dintorni Sardegna Italia Estero

CLASSE DI ETÀ'

0 - 20 anni 20 - 40 anni 40 - 60 anni più di 60 anni

DA QUANTI ANNI FREQUENTA LA SPIAGGIA "LA PELOSA"

Da anni

IN QUALE MESE O PERIODO DELLA STAGIONE ESTIVA FREQUENTA LA SPIAGGIA

giugno luglio agosto settembre intera stagione

QUANTO DURA IL SUO PERIODO DI FREQUENTAZIONE DELLA SPIAGGIA

1 settimana 2 settimane 3 settimane 1 mese Più di un mese

MEDIAMENTE QUANTE ORE AL GIORNO FREQUENTA LA SPIAGGIA

2 - 3 3 - 4 4 - 5 5 - 6 intera giornata

IN QUALI ORE DEL GIORNO FREQUENTA LA SPIAGGIA

6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21

Pag. 1

NELLA SPIAGGIA "LA PELOSA" HA PREFERENZA A FREQUENTARE

La spiaggia libera non attrezzata La spiaggia in concessione attrezzata

FREQUENTA LA SPIAGGIA "LA PELOSA" DA SOLO/A O IN COMPAGNIA

Da solo/a Con amici Con la famiglia

MEDIAMENTE QUANTE PERSONE FREQUENTANO LA SPIAGGIA INSIEME A LEI

Mediamente persone

CHE TIPO DI ATTREZZATURA PORTA CON SE SULLA SPIAGGIA

Tende n° Ombrelloni n° Lettini n° Sdraio n° Spiaggine n° Teli n°

Stuoie n° Materassini n° Canotti n° Borsoni n°

NEL PERIODO DI FREQUENTAZIONE DELLA SPIAGGIA RITIENE CHE ESSA SIA

Troppo affollata Molto affollata Mediamente affollata Poco affollata

NELLE ORE DI FREQUENTAZIONE DELLA SPIAGGIA RITIENE CHE ESSA SIA

Troppo affollata Molto affollata Mediamente affollata Poco affollata

IN QUALE PERIODO RITIENE CHE LA SPIAGGIA SIA SOVRAFFOLLATA O MOLTO AFFOLLATA

Sempre Nei giorni festivi Nel fine settimana Anche nei giorni feriali

RITIENE CHE LO SPAZIO DI SPIAGGIA OCCUPATO DA LEI E/O DALLA SUA COMPAGNIA SIA

Adeguito Sufficiente Troppo contenuto

LE È CAPITATO DI PROVARE FASTIDIO A CAUSA DELL'ECCESSIVO AFFOLLAMENTO

Sempre Molto spesso Frequentemente Raramente Mai

NEGLI ULTIMI ANNI LA FREQUENTAZIONE DELLA SPIAGGIA DA PARTE DEI BAGNANTI

È aumentata È rimasta uguale È diminuita

NEGLI ULTIMI ANNI LA QUALITÀ DEI SERVIZI OFFERTI AI BAGNANTI

È migliorata nettamente È migliorata sensibilmente È rimasta uguale È peggiorata

Pag. 2

RITIENE CHE I PARCHEGGI REALIZZATI OLTRE LA SPIAGGIA SIANO

Adeguati Sufficienti Insufficienti

RITIENE CHE LE SISTEMAZIONI DEGLI ACCESSI ALLA SPIAGGIA

Hanno reso la qualità del paesaggio e della spiaggia migliore peggiore sono state ininfluenti

Hanno reso la spiaggia più facilmente accessibile difficilmente accessibile

Creano un impatto visivo gradevole sgradevole

Hanno incrementato la frequentazione sì no non so

Svolgono un ruolo di salvaguardia della duna e della spiaggia sì no non so

CHE GIUDIZIO DA RELATIVAMENTE AI SEGUENTI ASPETTI DELLA SPIAGGIA

Qualità e pulizia della spiaggia buono sufficiente scarso

Qualità e pulizia dell'acqua buono sufficiente scarso

Qualità e quantità dei servizi ristorazione buono sufficiente scarso

Qualità e quantità dei servizi ricreativi buono sufficiente scarso

Sicurezza buono sufficiente scarso

Qualità della costa emersa eccellente molto buona buona scadente

Qualità dei fondali eccellente molto buona buona scadente

MOTIVI PRINCIPALI PER CUI LEI FREQUENTA LA SPIAGGIA "LA PELOSA" (anche più di una risposta)

Mare pulito Mare poco profondo e sicuro Caratteristiche della sabbia

Pulizia della spiaggia Sicurezza (servizi salvataggio) Servizi ristorazione (chioschi/bar)

Stabilimenti (ombreggi/lettini/docce/cabine) Attività sportive ricreative

Bellezze paesaggistiche Vicinanza alla residenza fissa Vicinanza alla residenza estiva

COSA SUGGERIREBBE PER RENDERE MIGLIORE LA SPIAGGIA E LA SUA FRUIZIONE

.....
.....
.....
.....
.....

GRAZIE PER LA COLLABORAZIONE

Pag. 3

8.4.2 - Analisi dei dati conseguiti dall'elaborazione delle schede intervista

Di seguito viene presentata, attraverso dei grafici e delle brevi note illustrative, la sintesi dei risultati ottenuti dall'elaborazione delle informazioni contenute nelle schede intervista. In esse vengono esposti i contenuti fondamentali per descrivere il campione esaminato e per esprimere la percezione della spiaggia della Pelosa e il livello di informazione e consapevolezza da parte degli utenti, nonché le modalità di frequentazione.

Il primo grafico (Figura 8.15) mette in evidenza la distribuzione percentuale della provenienza del campione esaminato dal quale emerge chiaramente che questo è prevalentemente costituito da utenti italiani con una chiara maggioranza dell'utenza sarda. I risultati ottenuti sono condizionati dal fatto che il questionario è stato proposto per buona parte fuori stagione.

La Figura 8.16 rappresenta la distribuzione percentuale del campione per fascia d'età.

Sotto il profilo generale si rileva che il campione esaminato (Figure 8.17 e 8.18) è composto per il 91% da persone che preferiscono frequentare la spiaggia libera e che il 100 % del campione frequenta la spiaggia in compagnia o con amici o con la famiglia.

La Figura 8.19 mette in evidenza la consistenza della compagnia con cui gli intervistati frequentano la spiaggia e il numero di persone presente in ogni gruppo.

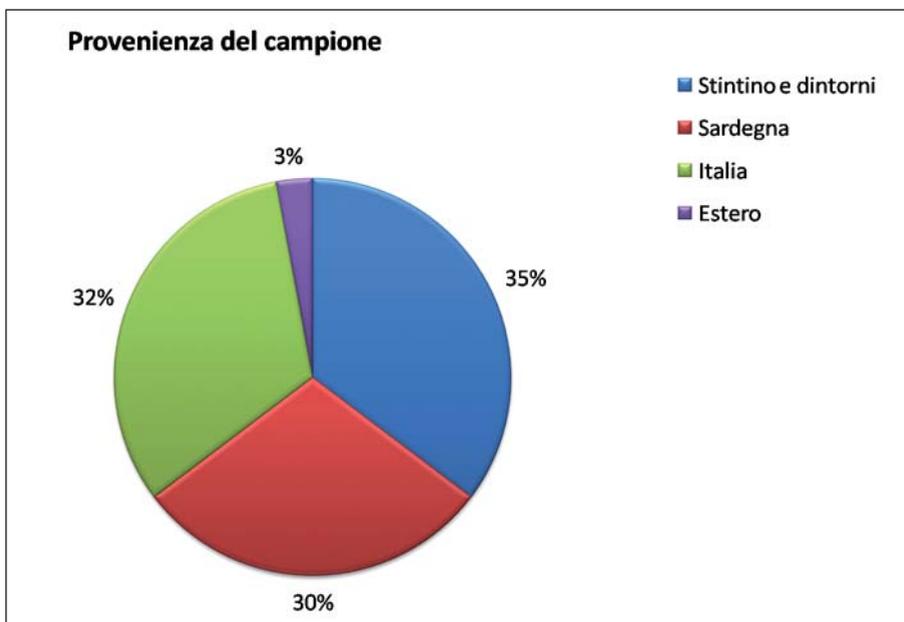


Figura 8.15 - Distribuzione percentuale della provenienza del campione esaminato dal quale emerge chiaramente che questo è prevalentemente costituito da utenti italiani con una chiara maggioranza dell'utenza sarda. I risultati ottenuti sono condizionati dal fatto che il questionario è stato proposto per buona parte fuori stagione.

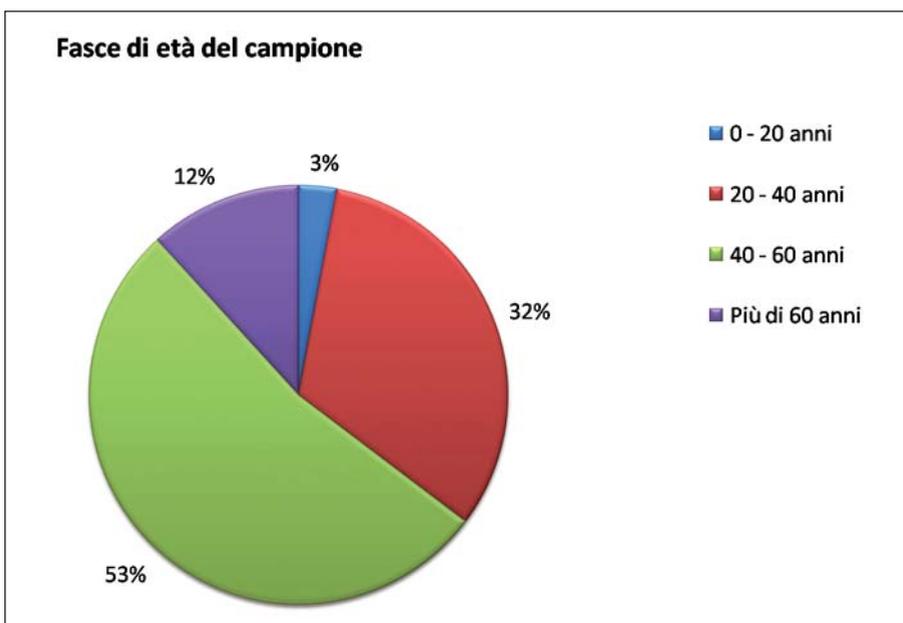


Figura 8.16 - Distribuzione percentuale del campione per fascia d'età e mette in luce che il campione esaminato è prevalentemente costituito da persone di età compresa tra i 20 e i 60 anni.

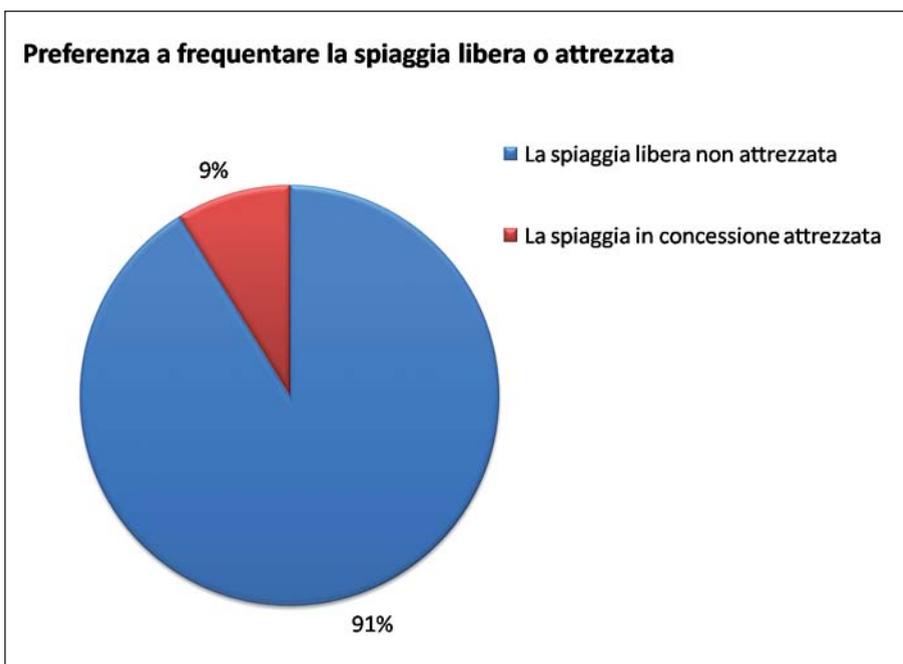


Figura 8.17 - Distribuzione percentuale della preferenza di frequentare la spiaggia libera o attrezzata: il campione esaminato è composto per il 91% da persone che preferiscono frequentare la spiaggia libera.

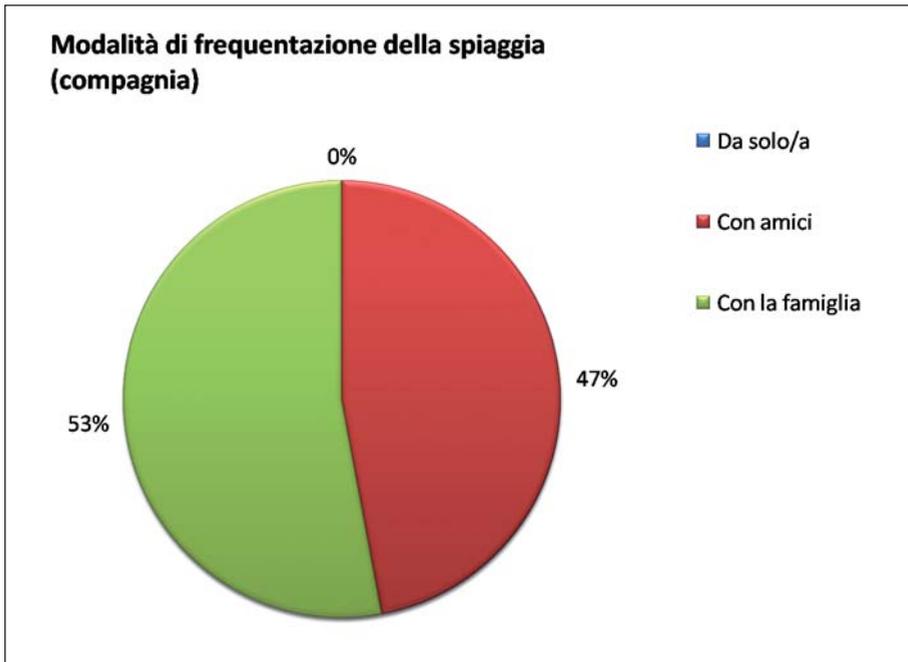


Figura 8.19 - Distribuzione percentuale della modalità di frequentazione della spiaggia. Il grafico mette in evidenza la consistenza della compagnia con cui gli intervistati frequentano la spiaggia.

Questo parametro è particolarmente utile, come si dirà in seguito, per valutare il numero medio approssimato di frequentatori della spiaggia, in relazione alla quantificazione delle presenze in spiaggia effettuata attraverso l'aerofotointerpretazione dell'immagine aerea dell'estate 2007.

I grafici seguenti (Figure 8.20 e 8.21) sono relativi alla percezione dell'affollamento della spiaggia in relazione al periodo ed alle ore di frequentazione.

Dall'analisi dei grafici emerge chiaramente che la spiaggia è percepita dai più come troppo affollata o molto affollata, con valori del 70% in ambedue i casi.

Questo fatto fa ragionevolmente pensare che la spiaggia sia soggetta generalmente ad un elevato carico antropico per l'intera stagione estiva. Infatti, incrociando i dati derivanti da varie risposte emerge che, chi risponde che la spiaggia è molto o troppo affollata nel periodo di frequentazione, ritiene in generale che è molto o troppo affollata anche nelle ore di effettiva frequentazione. Poiché queste persone costituiscono il 50% di coloro che affermano di frequentare la spiaggia per periodi superiori alle tre settimane o al mese, e generalmente per l'intera stagione o nella piena stagione estiva, tali dati confermano il fatto che la spiaggia è effettivamente percepita come sovraffollata durante la stagione estiva.

Le Figure riportate di seguito (Figure 8.22 e 8.23) confermano che la maggior parte del campione esaminato considera la spiaggia sempre sovraffollata o molto affollata e ritiene che lo spazio occupato personalmente sia troppo contenuto (44%) o anche sufficiente (32%) o adeguato (24%).

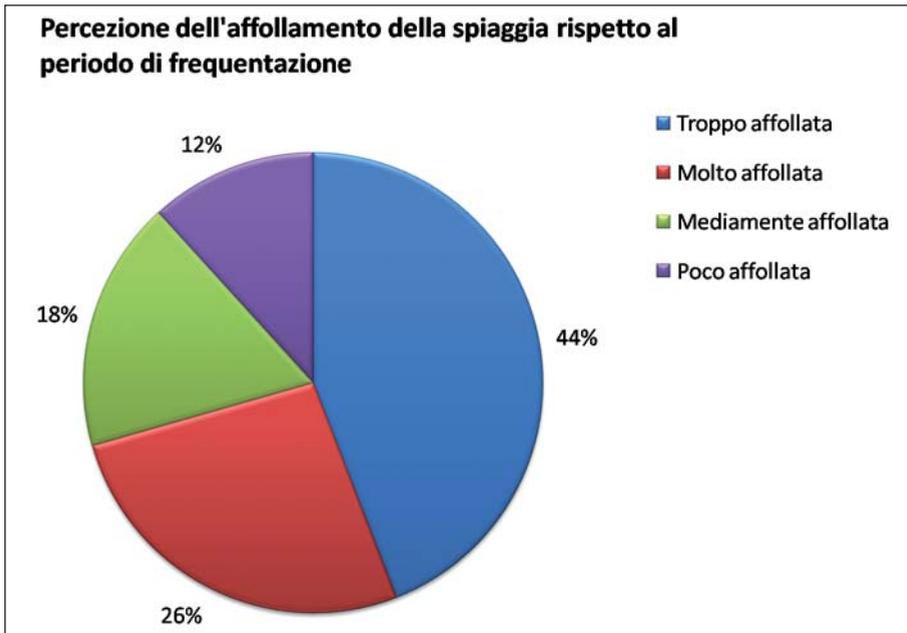


Figura 8.20 - La distribuzione percentuale della percezione dell'affollamento dimostra che la spiaggia è percepita dai frequentatori come troppo affollata o molto affollata nel periodo stagionale di frequentazione, con somma dei valori percentuali pari al 70%.

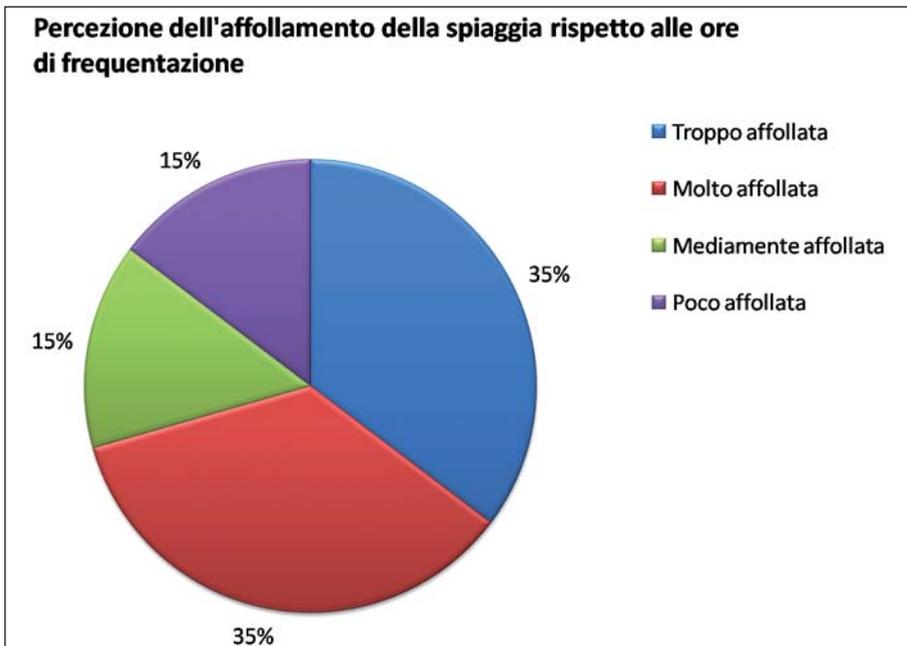


Figura 8.21 - Distribuzione percentuale della percezione dell'affollamento della spiaggia rispetto alle ore di frequentazione: il grafico dimostra che la spiaggia è percepita dai frequentatori come troppo affollata o molto affollata negli orari di frequentazione, con somma dei valori percentuali pari al 70%.

Sempre a riguardo della percezione che l'utenza ha dell'affollamento della spiaggia, la Figura 8.24 mette in evidenza che il 40% del campione esaminato molto spesso prova fastidio per il troppo affollamento; il 21% prova questa sensazione sempre.

Oltre al fatto che la spiaggia è considerata o percepita come troppo affollata, il grafico precedente mostra che l'eccessivo affollamento determina sensazioni di disturbo e fastidio alla maggior parte dei frequentatori intervistati.

Dall'analisi dei risultati sulla percezione del livello di frequentazione emerge che quest'ultimo, negli ultimi anni, è avvertito in aumento, come si evince dalla Figura 8.25, nella quale si osserva che il 60% del campione esprime questa sensazione.

Di contro emerge che la percezione relativa alla dotazione dei servizi offerti ai frequentatori della spiaggia negli ultimi anni non è variata (Figura 8.26).

La Figura 8.27, relativa alla percezione del numero di parcheggi, denota che il 41% degli intervistati ritiene insufficienti i parcheggi mentre il 24% li ritiene sufficienti; questo dato può essere correlato alla prevalente sensazione di affollamento che si rispecchia certamente anche nella difficoltà a trovare aree di sosta in prossimità della spiaggia.

Una sezione del questionario-intervista è stata dedicata a valutare la percezione che i frequentatori della spiaggia hanno relativamente alla presenza delle opere di accesso e delle opere di protezione, messe in essere per il recupero ambientale dell'apparato dunale.

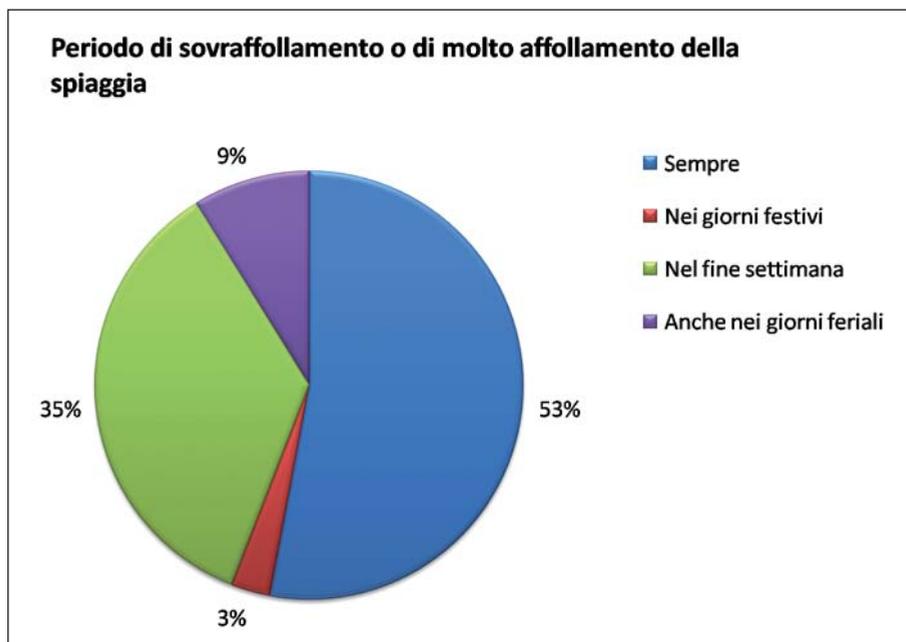


Figura 8.22 - Distribuzione percentuale della percezione del periodo di maggiore affollamento della spiaggia: il grafico conferma che la maggior parte del campione esaminato percepisce e considera la spiaggia sempre come sovraffollata o molto affollata.

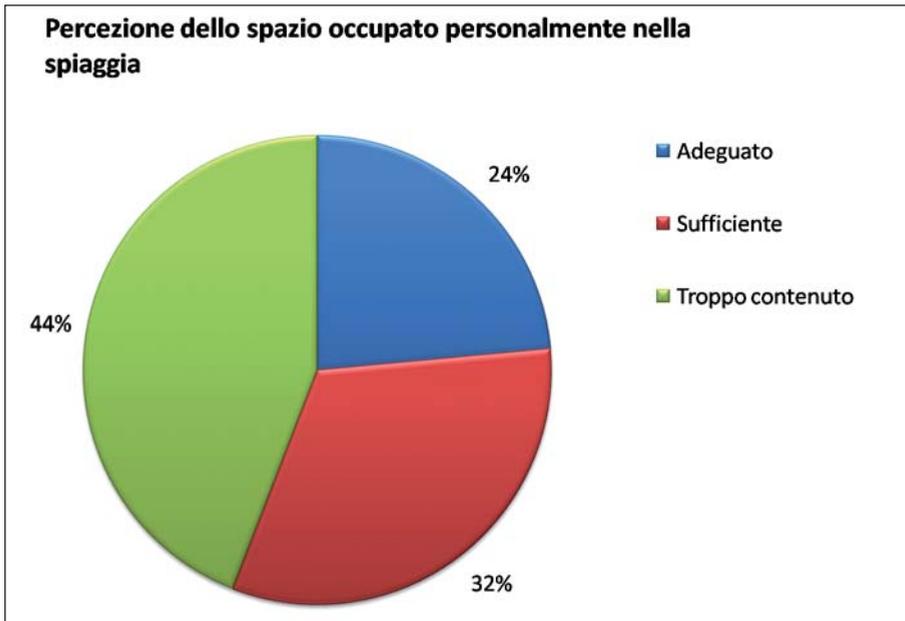


Figura 8.23 - Distribuzione percentuale della percezione dello spazio occupato personalmente nella spiaggia: i dati confermano che la maggior parte del campione esaminato ritiene che lo spazio occupato personalmente sia troppo contenuto (44%) o anche sufficiente (32%) o adeguato (24%).

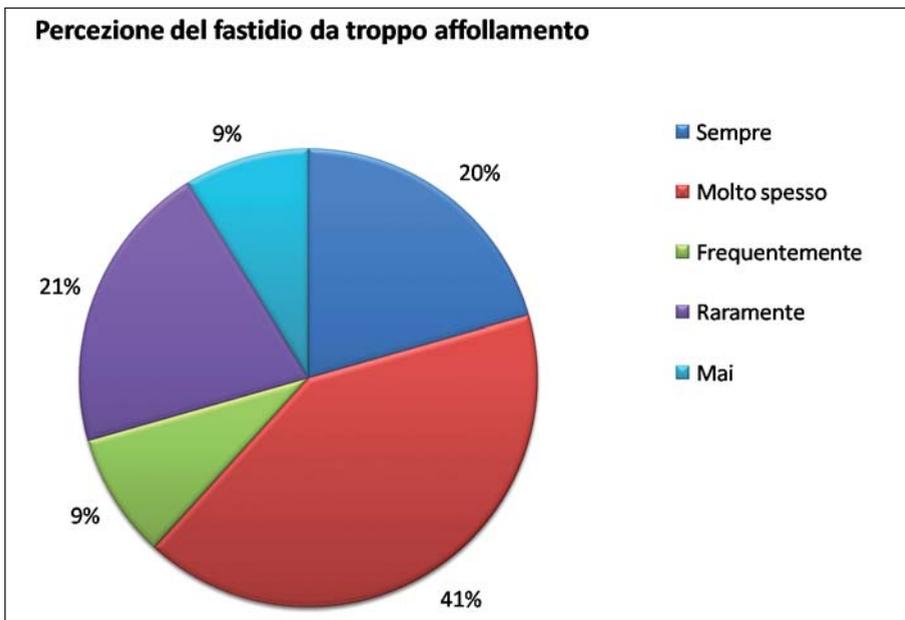


Figura 8.24 - Distribuzione percentuale della percezione del fastidio da troppo affollamento della spiaggia: la percezione che l'utenza ha dell'affollamento della spiaggia, mette in evidenza che il 40% del campione esaminato, molto spesso prova fastidio per il troppo affollamento ed il 21% prova questa sensazione sempre.

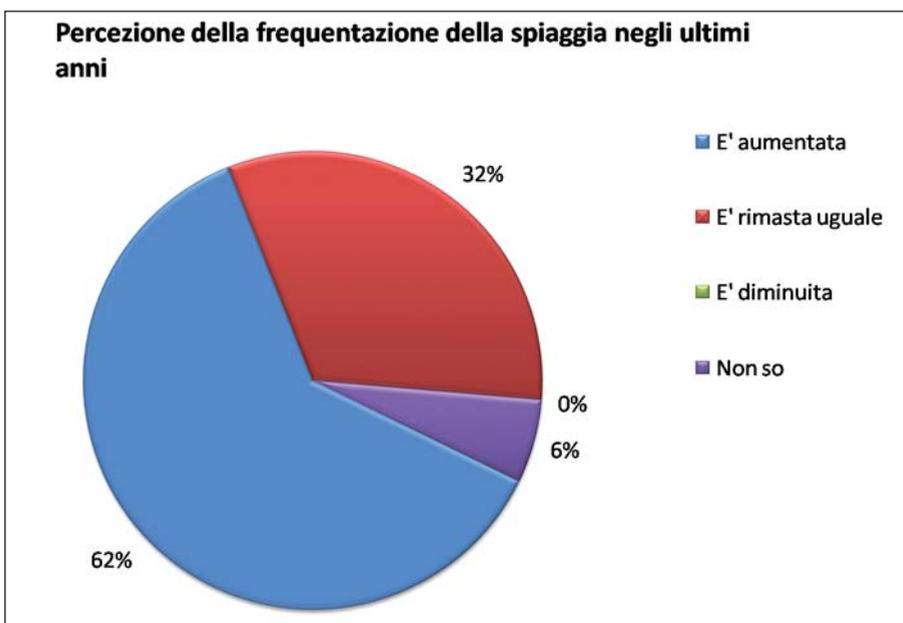


Figura 8.25 - Il grafico mette in evidenza che il livello di frequentazione della spiaggia, negli ultimi anni è avvertito in aumento e che oltre il 60% del campione esprime questa sensazione.

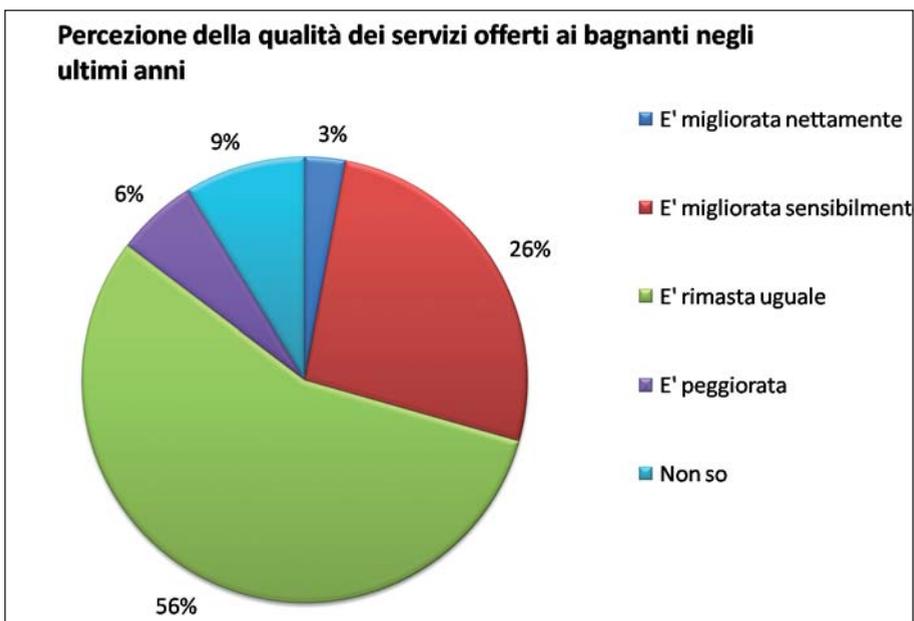


Figura 8.26 - Distribuzione percentuale della percezione relativa alla dotazione dei servizi offerti ai frequentatori della spiaggia negli ultimi anni: la maggior parte del campione esaminato avverte che la dotazione dei servizi offerti ai frequentatori della spiaggia non è variata negli ultimi anni.

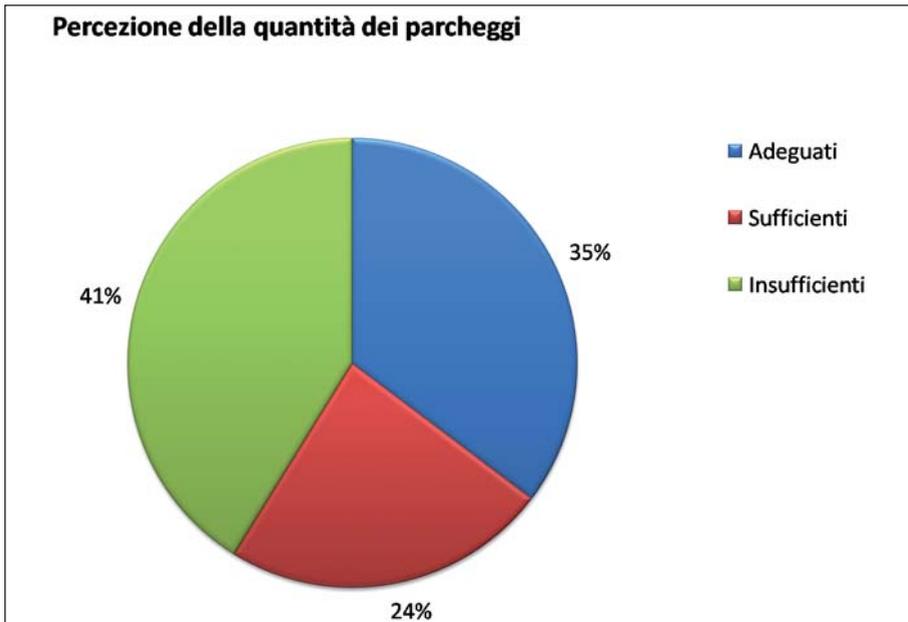


Figura 8.27 – Il grafico, relativo alla percezione del numero di parcheggi, denota che il 41% degli intervistati li ritiene numericamente insufficienti, mentre il 24% li ritiene sufficienti; questo dato può essere correlato alla prevalente sensazione di affollamento che si rispecchia certamente anche nella difficoltà a trovare aree di sosta in prossimità della spiaggia.

Dall'elaborazione dei risultati (Figure da 8.28 a 8.31) emerge chiaramente che il 100% degli intervistati ritiene che la realizzazione degli accessi obbligati alla spiaggia abbia reso la stessa più facilmente accessibile; il 67% degli intervistati ritiene che gli accessi e le sistemazioni abbiano reso migliore la qualità del paesaggio e della spiaggia e, ancora, che l'82% ritiene che queste sistemazioni determinano un impatto visivo gradevole.

Questa rilevazione consente di affermare che l'intervento di recupero ambientale, non solo ha avuto una elevata valenza ecologica nell'arresto del degrado e nella riqualificazione della duna, ma è anche valutato positivamente sotto il profilo estetico-percettivo.

In sostanza, l'interpretazione dei dati consente di dedurre che i frequentatori della Pelosa hanno accolto di buon grado la messa in opera delle sistemazioni per gli accessi in spiaggia e a protezione della duna, riconoscendone il ruolo di salvaguardia che svolgono; tuttavia si denota una certa incertezza sul fatto che gli accessi abbiano o meno un ruolo sull'aumento della frequentazione della spiaggia.

Dall'esame dei dati si registra in generale che gli intervistati esprimono un giudizio positivo sulle qualità della spiaggia e dell'acqua per la balneazione, ma anche in relazione ai servizi di ristorazione, ricreazione e sicurezza. Nei grafici seguenti (Figure 8.32 e 8.33) si possono osservare le percentuali delle varie risposte registrate.

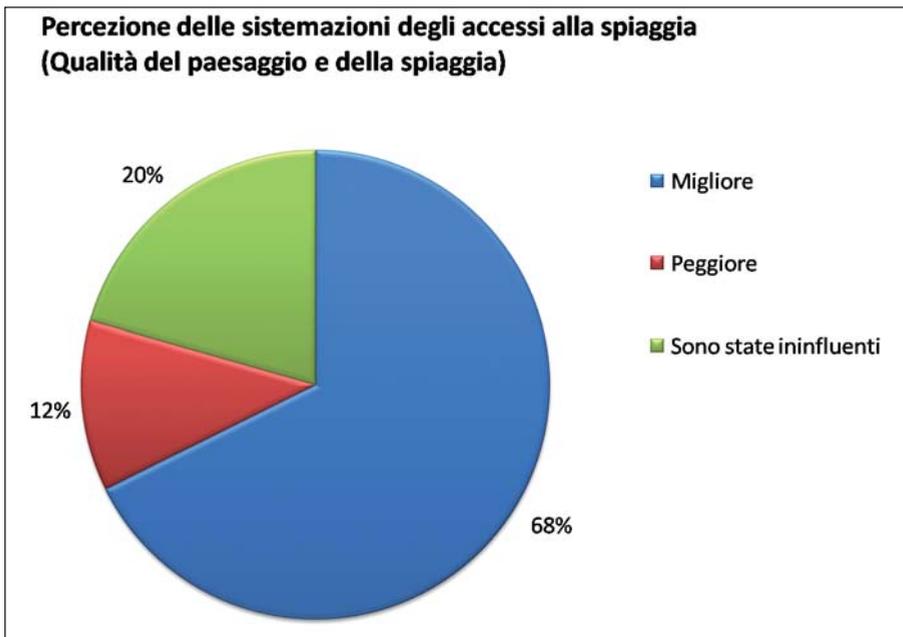


Figura 8.28 - Distribuzione percentuale della percezione della sistemazione degli accessi alla spiaggia: il 68% degli intervistati ritiene che gli accessi e le sistemazioni abbiano reso migliore la qualità del paesaggio e della spiaggia.

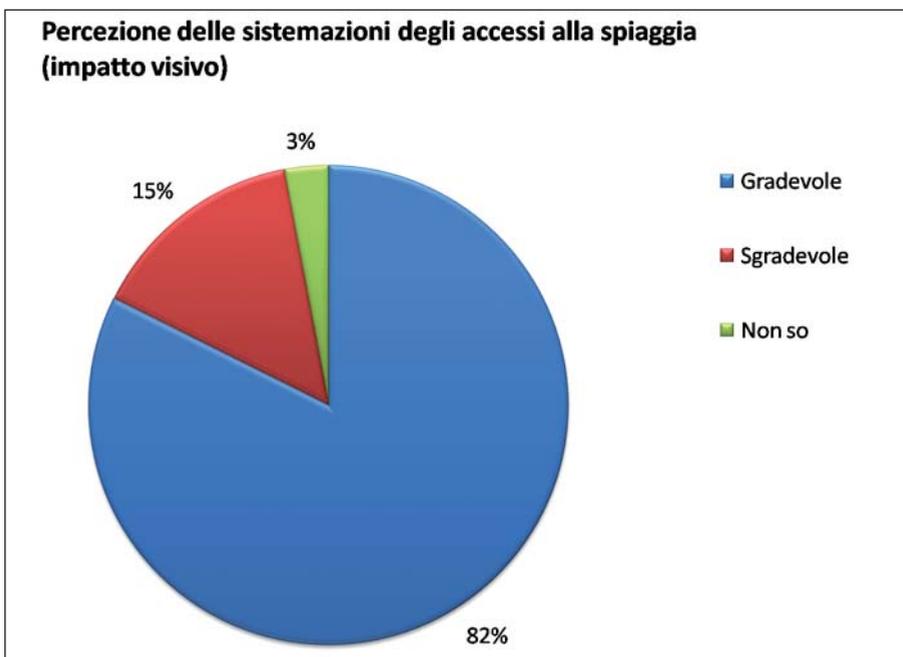


Figura 8.29 - Distribuzione percentuale della percezione della sistemazione degli accessi alla spiaggia come impatto visivo: solo il 15% degli intervistati ritiene che gli accessi e le sistemazioni abbiano reso sgradevole l'aspetto della spiaggia e della duna.

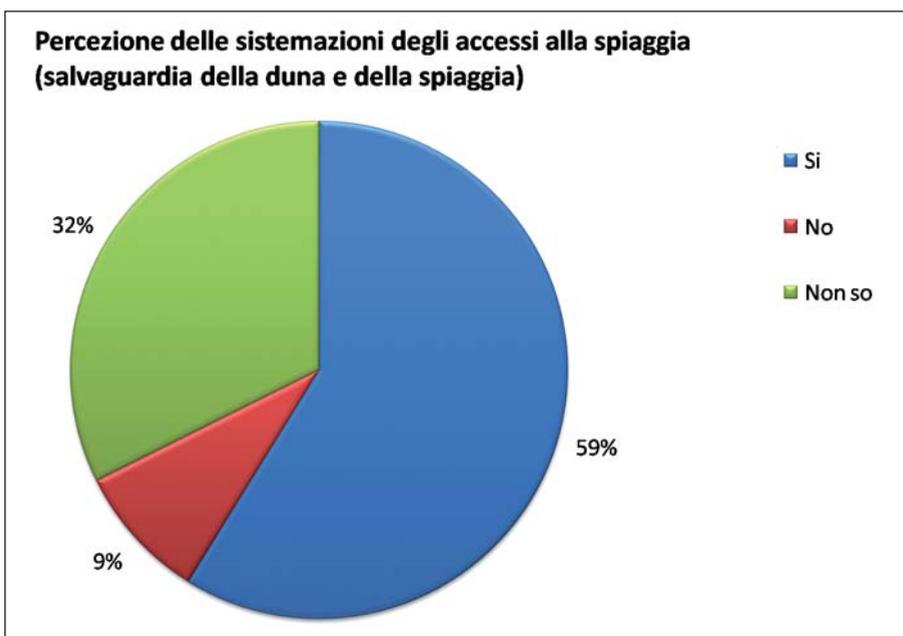


Figura 8.30 - Distribuzione percentuale della percezione della sistemazione degli accessi come salvaguardia della duna e della spiaggia. Circa il 60% degli intervistati ritiene che gli accessi e le sistemazioni svolgano un ruolo di salvaguardia nei confronti della spiaggia e della duna.

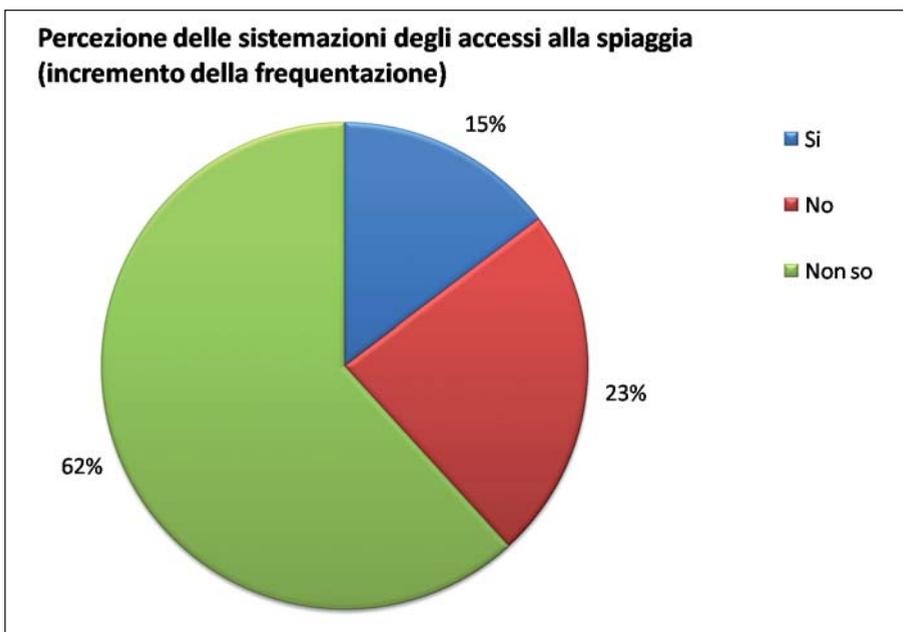


Figura 8.31 - Distribuzione percentuale della percezione della sistemazione degli accessi come incremento della frequentazione. I risultati mostrano come vi sia una dominante incertezza sul fatto che le opere di sistemazione abbiano o meno incrementato la frequentazione della spiaggia.

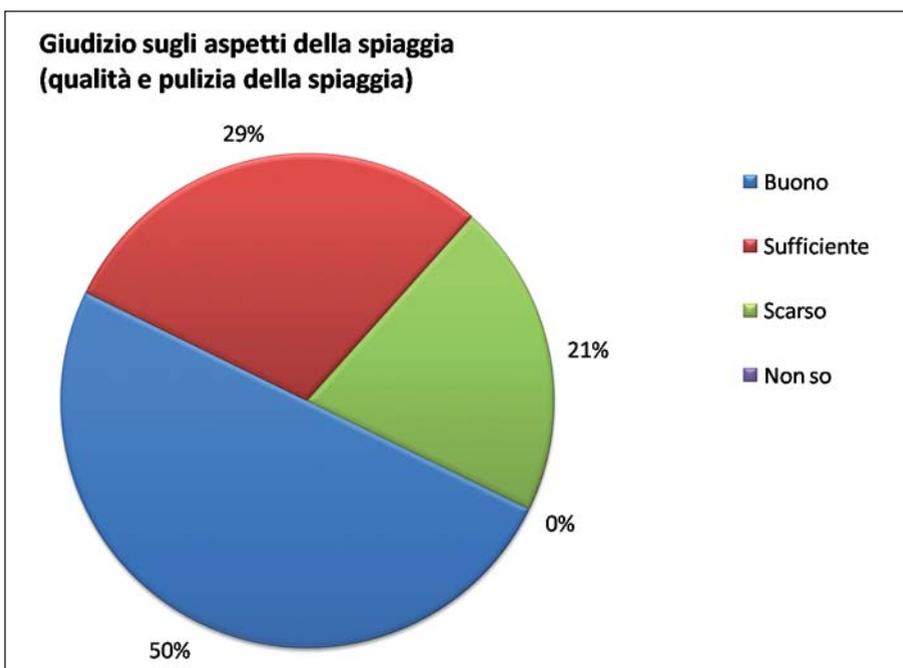


Figura 8.32 - Distribuzione percentuale del giudizio sulla qualità e pulizia della spiaggia: buona parte del campione esaminato ritiene questa buona (50%) o sufficiente (29%).

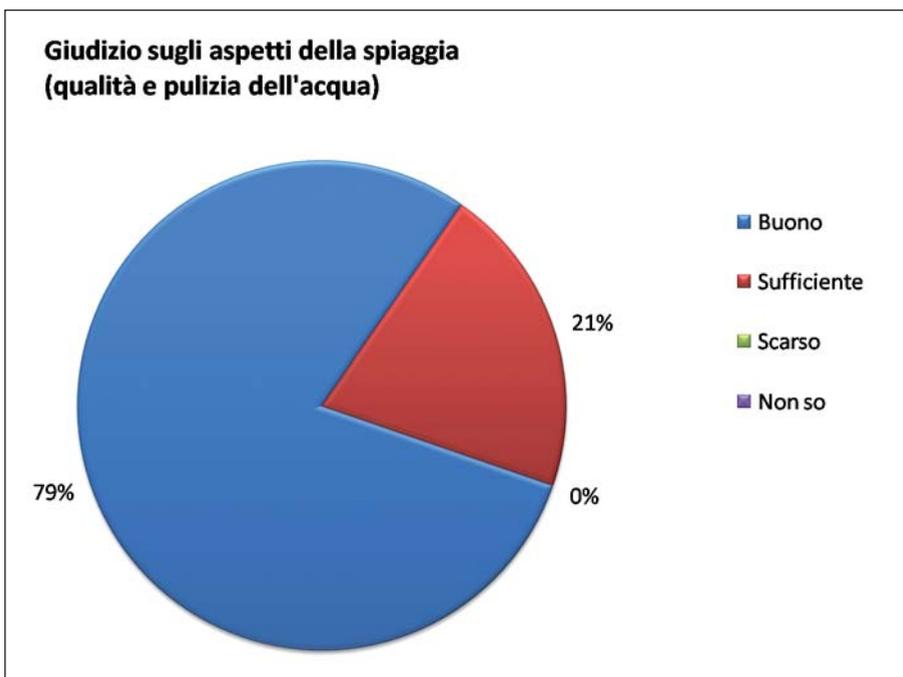


Figura 8.33 - Distribuzione percentuale del giudizio sulla qualità e pulizia dell'acqua: il campione esaminato esprime un giudizio generalmente positivo secondo le seguenti percentuali: buona (79%) e sufficiente (21%).

Anche in relazione alla percezione dell'ambiente circostante la spiaggia, costa emersa e qualità dei fondali, si registrano importanti percentuali: 41% di valutazione eccellente e 29% di molto buona per la costa emersa, 57% di eccellente e 15% di molto buona per la qualità dei fondali. Tali dati denotano un forte apprezzamento e un livello di consapevolezza elevato relativamente alla qualità del territorio e del paesaggio costiero [Figure 8.34 e 8.35].

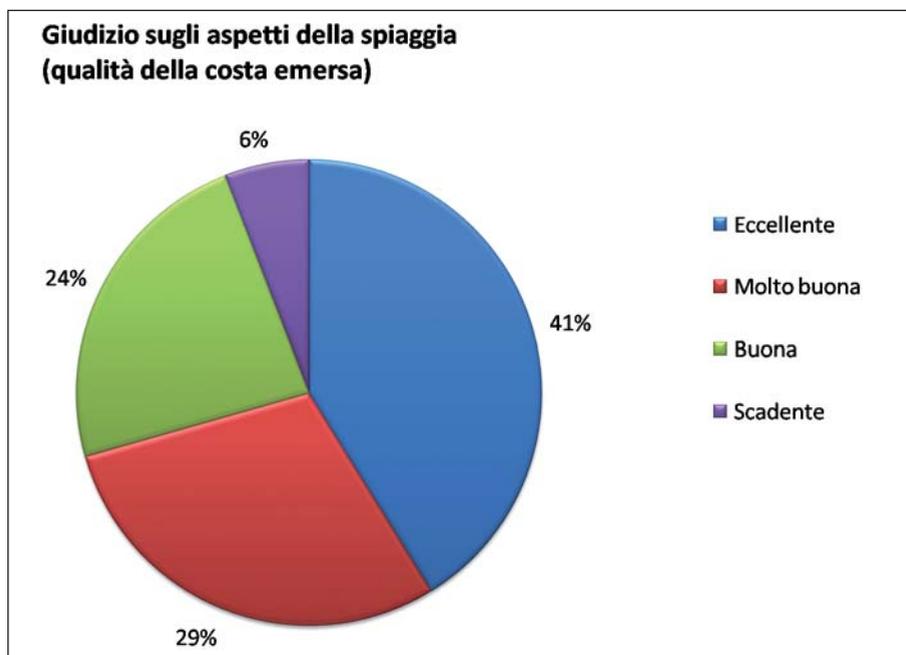


Figura 8.34 - Distribuzione percentuale del giudizio sulla qualità della costa emersa. Il giudizio è generalmente positivo.

Quanto detto viene confermato anche dalle risposte che vengono riassunte nella Figura 8.36, nella quale si rileva che più del 90% del campione risponde di frequentare la spiaggia per le bellezze paesaggistiche o per il mare pulito. Altri fattori importanti, come la vicinanza alla residenza fissa, le caratteristiche della sabbia e la sicurezza per la balneazione sembrano assumere un ruolo secondario.

Una ulteriore riflessione su questo istogramma induce a ritenere che il sito della Pelosa debba essere tutelato e gestito con estrema attenzione, specie per quanto attiene le sue caratteristiche ecologiche e paesaggistiche, come, per altro, l'Amministrazione comunale e la cittadinanza dimostrano di voler fare.

8.5 - Metodologia di valutazione del carico effettivo sulla spiaggia

L'analisi del carico effettivo sulla spiaggia è stata condotta per mezzo di una metodologia indiretta, attraverso la quale è stato possibile stimare il numero di persone che, in una giornata di alta stagione e di forte affollamento, frequentano la Pelosa.

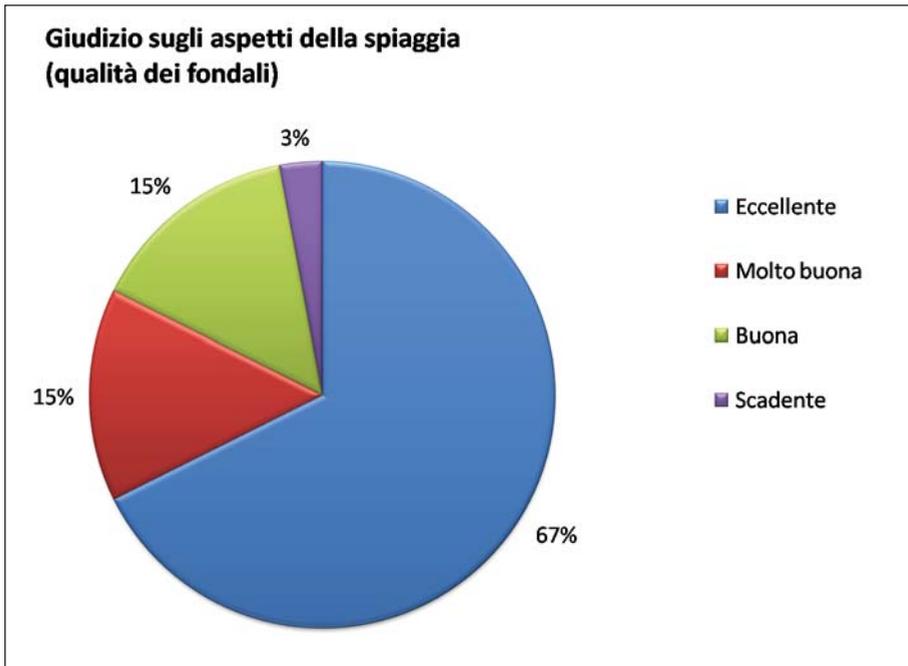


Figura 8.35 - Distribuzione percentuale del giudizio sulla qualità dei fondali. Anche in questo caso il campione esaminato esprime un giudizio generalmente positivo.

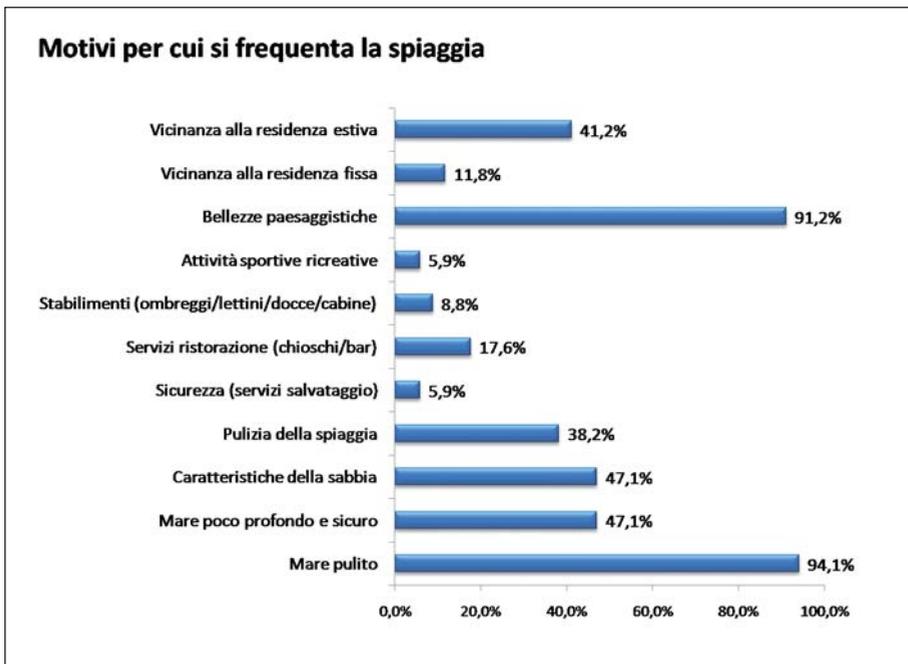


Figura 8.36 - Distribuzione percentuale dei motivi per cui si frequenta la spiaggia della Pelosa.

Tale scelta è motivata dall'oggettiva difficoltà di contare le persone presenti in una spiaggia.

La metodologia utilizzata si basa sulla aerofotointerpretazione e fa riferimento alle informazioni relative alla modalità di frequentazione della spiaggia desunte dal questionario-intervista, per giungere indirettamente ad una valutazione significativa del carico antropico sulla spiaggia della Pelosa.

8.5.1 - Analisi fotointerpretativa

Come detto in precedenza, il supporto di base utilizzato nell'ambito della *Physical Carrying Capacity Assessment* e della *Ecological Carrying Capacity Assessment* è stata l'immagine aerea ricostruita a partire dai fotogrammi acquisiti dal web-gis Google Earth^{©2008}GoogleTM (<http://earth.google.it/>), ma anche nell'ambito della valutazione del carico effettivo sulla spiaggia questo strumento è risultato di fondamentale utilizzo.

L'immagine infatti, grazie alla elevata risoluzione e al periodo di acquisizione, consente di esaminare con efficacia alcuni aspetti legati alla frequentazione della spiaggia nel periodo di alta stagione.

Dato per certo quanto rilevabile sul web-gis Google Earth^{©2008}GoogleTM, ovvero che l'immagine risale a Venerdì 17 Agosto 2007 (fine settimana a ridosso di ferragosto), il primo fattore di interesse che si può dedurre è che questa immagine è stata acquisita più o meno a metà mattinata, come si può interpretare dall'orientazione delle ombre, e che si tratta di una giornata di forte afflusso alla spiaggia, già abbondantemente affollata e con tendenza all'aumento per il fine della mattinata.

Il lavoro di interpretazione è consistito nell'indicazione con geometria puntuale di tutti gli ombrelloni, facilmente individuabili sia per forma sia per colore e sia per la presenza a terra delle ombre proiettate e definitivamente quantificati in 505 unità. Nel numero complessivo degli ombrelloni sono compresi anche quelli presenti all'interno dello stabilimento balneare in uno spazio in concessione demaniale, questi ombrelloni, seppur non aperti, risultano inseriti in uno spazio non disponibile alla libera frequentazione e di conseguenza vengono considerati come occupati, ai fini del conteggio del carico sulla spiaggia.

Inoltre, dall'interpretazione dell'immagine aerea emerge che una certa superficie della spiaggia, stimata in circa 200 m² è occupata da strutture di supporto allo stabilimento balneare, alla postazione di salvamento nonché al ricovero di natanti; se la destinazione di questa superficie rimarrà invariata, essa andrà sottratta a quella disponibile per la fruizione balneare in quanto non disponibile.

8.5.2 - Interpretazione e valutazione delle risposte al questionario

Al fine di ottenere un'informazione utile a indicare le modalità di frequentazione della spiaggia e la percezione dello stato di affollamento della stessa nei vari periodi della stagione estiva, lo strumento utilizzato è stato il questionario-intervista ed, in particolare, alcune sezioni dello stesso.

Per quanto riguarda le modalità di frequentazione della spiaggia, con lo scopo di ottenere un dato numerico da poter mettere in relazione con il numero di ombrelloni rilevato dalla aerofotointerpretazione, l'analisi è stata prettamente incentrata sulla sintesi integrata dei dati relativi alle risposte date dagli intervistati in relazione

all'utilizzo della spiaggia libera, all'utilizzo dell'ombrellone e quindi al numero medio di persone che compongono la compagnia degli intervistati.

Dalla sintesi intrecciata delle diverse informazioni emerge che coloro i quali hanno preferenza ad usufruire della spiaggia libera e dichiarano di portare con se un ombrellone e di frequentare la spiaggia in compagnia, si recano sull'arenile in gruppo composto mediamente da 3,5 persone: ciò indica che per ogni ombrellone presente sulla spiaggia possono individuarsi mediamente 3,5 bagnanti.

Per quanto riguarda l'analisi effettuata sul livello di percezione e consapevolezza degli utenti, la spiaggia è percepita troppo affollata o molto affollata con valori attorno al 70% sia in relazione al periodo, sia in relazione alle ore di frequentazione. Inoltre, emerge che il 40% del campione esaminato molto spesso prova fastidio per il troppo affollamento, il 21% prova questa sensazione sempre. La percezione che lo spazio a propria disposizione è visto come troppo contenuto nel 44% del campione, o sufficiente nel 32% del campione.

In sintesi, dalle risposte analizzate si deduce una percezione ed una consapevolezza fortemente negative in merito all'affollamento; questa condizione negativa si riflette, ovviamente, in un degrado della qualità sociale e relazionale della frequentazione della spiaggia e, quindi, della possibilità di poter fruire, a livello adeguato, della qualità marino-balneare del sito e del paesaggio costiero; ciò definisce una dimensione psicologica negativa in chi vorrebbe usufruire di momenti ricreazionali e rigenerativi di qualità. Quest'ultimo aspetto, nel tempo e qualora non si intervenga con rigorose misure di controllo dei flussi, potrebbe indurre ad un senso di disaffezione.

8.5.3 - Valutazione del carico effettivo sulla spiaggia e delle superfici utili

Come indicato precedentemente, per la valutazione del numero dei bagnanti che frequentano la spiaggia in una giornata di alta stagione è stata utilizzata una metodologia indiretta: questa si è basata sul conteggio del numero di ombrelloni su base aerofotointerpretativa e sull'associazione, ad ogni ombrellone, di un numero medio di persone pari a quello che deriva dalla sintesi dei dati estratti dal questionario-intervista.

L'analisi ha condotto all'individuazione di 505 ombrelloni posizionati sull'arenile, compresi quelli dello stabilimento in concessione demaniale. Dall'analisi del questionario emerge che chi dichiara di frequentare la spiaggia in compagnia e portando con se l'ombrellone, fa parte mediamente di una compagnia di 3,5 persone.

Il prodotto di questi numeri esprime un risultato che effettivamente caratterizza l'occupazione di spazio usufruibile nella spiaggia, al netto delle superfici indisponibili ed al netto della variazione di superficie dovuta all'escursione di marea o al moto ondoso.

In definitiva, risulta che il 17 Agosto 2007 la spiaggia era occupata da circa 1760 persone. Tale dato è valutato attinente alla realtà e, quindi, è attendibile per una stima del carico antropico effettivo a cui è sottoposta la spiaggia in giornate estive di forte affollamento.

In base a quanto interpretato dall'immagine aerea, la superficie specifica della spiaggia (8980 m²), al netto dello spazio non disponibile ai bagnanti (200 m²), è pari a 8780 m²: lo spazio destinato ad ogni singolo frequentatore della spiaggia è di 5 m², comprese le superfici di transito e gli spazi necessari a mantenere una condizione di piacevole frequentazione e di privacy.

Questo risultato mette in evidenza quanto ridotti siano gli spazi della Pelosa durante una giornata di forte affollamento che, come verrà indicato in seguito, non sono sufficienti a garantire una frequentazione piacevole dell'arenile e del paesaggio costiero, confortata anche da una certa privacy.

8.5.4 - Stima dello spazio minimo indispensabile per bagnante

La stima dello spazio minimo indispensabile destinato ad ogni singolo bagnante viene effettuata attraverso una serie di osservazioni e di considerazioni relative agli effettivi spazi occupati dalle attrezzature di spiaggia, agli spazi destinati al transito e agli spazi necessari ed indispensabili per una fruizione piacevole, ricreativa e rigerante del paesaggio costiero specifico della Pelosa.

Presupposto che la maggior parte delle persone che si recano in spiaggia porta con se un ombrellone, come emerge dal questionario-intervista, ma anche dalla immagine aerea, lo spazio fisico che questo occupa è chiaramente ad esclusiva disposizione del proprietario e/o della sua compagnia; allo spazio ombrellone deve evidentemente aggiungersi una ulteriore superficie che, generalmente e come si evince dall'analisi del questionario-intervista, è potenzialmente occupata da teli, stuoie, spiaggine e sdraio.

Considerato che mediamente un ombrellone da spiaggia ha un diametro medio pari a 1,8 m, se ne deduce che la superficie proiettata a terra sia pari a circa 2,50 m²; tuttavia, l'ombra proiettata a terra copre una superficie maggiore di quella effettiva dell'ombrellone e, generalmente, in tutta la giornata è mediamente proiettata esternamente alla proiezione verticale dell'ombrellone. Da ciò si deduce che lo spazio minimo indispensabile occupato da un ombrellone e dall'ombra proiettata può stimarsi pari a circa 3,50 m².

Supposto che un telo da spiaggia medio occupi circa 1,80 m² (considerando dimensioni pari 1,80 m per 1,00 m), risulta che la superficie occupata da ogni compagnia di bagnanti, composta mediamente da 3,5 persone, è pari a 6,30 m². Dalle osservazioni precedentemente esposte emerge che lo spazio effettivamente occupato dai frequentatori della spiaggia è la somma della superficie dell'ombra, più la superficie occupata dalle proprie attrezzature, più alcuni spazi che consentano la possibilità di movimento nell'area dell'ombrellone.

Un semplice calcolo applicato alla compagnia media rilevata nella spiaggia, indica come essa occupi 9,80 m²; la superficie minima destinata ad ogni componente la compagnia risulta pari a 2,80 m².

La somma delle superfici è evidentemente variabile in funzione del numero di persone che frequentano la spiaggia: se, per esempio, una persona sola porta con se un ombrellone, un telo e una spiaggina, occupa in media circa 5 m²; una compagnia composta da 5 persone dovrebbe occupare almeno 20 m². Questo generalmente non accade perché lo spazio ombrellone risulta comune e suddiviso, come anche gli spazi di movimento; quindi è ipotizzabile che nel complesso una compagnia, mediamente composta da 3,5 persone, come deriva dalle considerazioni fatte in precedenza, occupa in media circa 15 m², che si traducono in circa 4,30 m² effettivi a persona.

Questo spazio occupato da un singolo componente di un gruppo di persone che contemporaneamente frequentano la spiaggia, si traduce fisicamente nella superficie del telo spiaggia, in un minimo spazio ombra e in minimi spazi di movimento, apparendo appena sufficiente se confrontato con quello che potenzialmente occuperebbe una singola persona.

È evidente che le considerazioni fatte finora escludono le superfici di transito che garantiscono la separazione degli spazi frequentati da compagnie diverse, a favore di una fruizione piacevole, supportata anche da una certa riservatezza.

In quest'ottica, le tre ipotesi di valutazione della superficie di spiaggia minima indispensabile consentono di individuare diversi scenari:

- 2,8 m² a persona è una superficie assolutamente insufficiente, per cui si delinea una condizione di elevato sovraffollamento con ricadute psicologicamente negative tra i fruitori della spiaggia e, nella fattispecie della spiaggia della Pelosa, il degrado fisico e ambientale del paesaggio costiero.
- 4,3 m² a persona è una superficie appena sufficiente, considerata sulla base della distribuzione di una compagnia composta mediamente tra 3,5 persone che, di contro, necessitano di più superfici di movimento nello spazio ombrellone.
- 5,0 m², valutata per un singolo frequentatore che porta con sé un ombrellone, un telo e una spiaggia, è una superficie ritenuta sufficiente per una frequentazione piacevole e riservata della spiaggia, che, come verrà successivamente illustrato, si adatta alle condizioni fisiche, ecologiche e sociali dell'area costiera della Pelosa.

In definitiva, tenendo conto delle considerazioni fin qui esposte, delle ipotesi di valutazione delle minime superfici e del fatto che una confortevole frequentazione della spiaggia presuppone una certa libertà di movimento e privacy, oltre agli spazi occupati dalle proprie attrezzature, ombrellone e telo, ma anche sedia sdraio, borsa e giochi per i più piccoli, si ritiene che lo spazio adeguato per una persona, comprese le superfici di transito, sia pari a 5,5 - 6,0 m².

8.6 - Risultati della valutazione della *carrying capacity* della spiaggia della Pelosa

La *carrying capacity*, come discusso in precedenza, esprime il numero massimo di bagnanti ammissibili nella spiaggia e dipende direttamente dall'estensione planimetrica dello spazio spiaggia fruibile.

In tal senso le valutazioni proposte in questo lavoro saranno soggette a modifiche in funzione delle variazioni morfometriche della spiaggia, dovute alla dinamica costiera, sia nel breve periodo e sia nel lungo periodo. Infatti, l'analisi diacronica delle linee di riva ha dimostrato che la superficie della spiaggia non è stabile nel tempo, essa è soggetta ad importanti modificazioni morfologiche che si riflettono sulle varianti morfometriche, quali superficie, larghezza, lunghezza ed è stato rilevato che queste condizioni si ripetono nel tempo con una tendenza migratoria del colmo della spiaggia, verso Nord o verso Sud in relazione alla dominanza delle mareggiate.

Ne consegue che il monitoraggio delle variabili ambientali è indispensabile per condurre un'analisi integrata rivolta ad individuare i parametri che sono indicati dalla metodologia applicata e che nella fattispecie della spiaggia della Pelosa ha condotto ai risultati di seguito esposti.

La valutazione della *carrying capacity* si è avvalsa dell'analisi delle caratteristiche fisiche della spiaggia. Queste, riassunte nella Tabella 8.2, si sono accompagnate all'elaborazione dei dati ecologici e paesaggistici (Tabella 8.3; *sensu* Arisci et al., 2000, 2001 e 2002, e Aritzu et al., 2005).

Tabella 8.2 - Sintesi dei dati elaborati per l'analisi fisica della spiaggia della Pelosa (riferimento Agosto 2007).

Tratto di costa	Litologia aree adiacenti	Morfologia della costa	Lunghezza (m)	Larghezza massima (m)	Tessitura del sedimento	Tipologia
Spiaggia della Pelosa	Rocce metamorfiche	Arco convesso	270	56	Sabbia fine	Pocket beach

Tabella 8.3 - Sintesi dei dati elaborati per l'analisi ecologica e paesaggistica della spiaggia della Pelosa.

Tratto di costa	Ig	Fl	Fa	Th	H	Te	It	Vs	Totale Qa
Spiaggia della Pelosa	1	2	1	Sa/Crb	2	2	3	3	14

Ig = Interesse geologico-geomorfologico; **Fl** = Flora; **Fa** = Fauna; **Th** = Tipologia di habitat (Sa = Sabbia, Crb = Costa rocciosa bassa, Cra = Costa rocciosa alta, F = Foce, Du = Dune embrionali); **H** = Grado di diversità di habitat, con valutazione del livello di interesse scientifico, didattico-culturale e paesaggistico; **Te** = Tendenza evolutiva; **It** = Interesse turistico (Accessibilità e servizi nelle vicinanze); **Vs** = Valenza scenografica; **Qa** = Qualità ambientale che tiene conto delle caratteristiche e dello stato di conservazione della spiaggia e dell'unità fisiografica che la contiene.

Le classi di punteggio assegnate ai singoli parametri vanno da 1 (qualità/valenza/tipologia/diversità meno elevata) a 3 (più elevata).

Nella Tabella 8.4 è sintetizzato il calcolo del coefficiente di carico della spiaggia, mentre nella Tabella 8.5, sulla base dei risultati esposti, viene determinata la sua capacità di carico: questa, per una situazione morfologico-ambientale simile a quella dell'Agosto 2007 è stimata in circa 1350 bagnanti.

Tabella 8.4 - Sintesi dei dati elaborati per la valutazione del rischio di degrado e del coefficiente di carico della spiaggia della Pelosa.

Tratto di costa	Accessibilità	Pf	Qualità ambientale	Rischio di degrado	Coefficiente di carico
Spiaggia della Pelosa	3	3	14	20	0,15

Accessibilità: 1 = difficile; 2 = di media difficoltà; 3 = facile;

Pressione di fruizione (Pf): 1 = poco frequentata, 2 = mediamente frequentata, 3 = molto frequentata;

Rischio di degrado = Accessibilità + Pressione di fruizione + Qualità ambientale;

Coefficiente di carico: valutato in funzione del rischio di degrado: fino a 19 = 0,2 unità/m² pari a 5 m² di spiaggia a persona, da 20 a 23 = 0,15 unità/m² pari a 7,5 m² di spiaggia a persona, maggiore di 23 = 0,1 unità/m² pari a 10 m² di spiaggia a persona.

Tabella 8.5 - Superficie della spiaggia, coefficiente di carico e carico totale sostenibile di bagnanti così come risultato dall'applicazione del metodo analitico

Tabella 8.5 - Superficie della spiaggia, coefficiente di carico e carico totale sostenibile di bagnanti così come risultato dall'applicazione del metodo analitico			
Tratto di costa	Superficie (m ²)	Coefficiente di carico* (bagnanti/m ² di spiaggia) ^o	Capacità di carico (n° di bagnanti)
Spiaggia della Pelosa	8980	0,15	1347

* = Coefficiente di carico secondo Arisci et al., (2000); Arisci et al., (2001); Arisci, et al., (2002); Aritzu et al., (2005).

^oCapacità di carico = Superficie della spiaggia x Coefficiente di carico.

Dai dati esposti si deduce che, nell'ottica della valutazione della TCCA che considera per definizione gli aspetti fisici, ecologici e sociali, il carico effettivo sulla spiaggia, in una giornata di forte affollamento quale quella del 17 Agosto 2007, supera di circa 400 unità quello massimo ammissibile.

Poiché la Pelosa è un sistema ad elevata dinamicità, anche piccole variazioni della superficie della spiaggia possono determinare condizioni di forte sovraffollamento: di ciò, ovvero della mutevole superficie a disposizione, si dovrà tener conto nella valutazione annuale delle politiche di accesso alla spiaggia. In tal senso, ogni variazione di 1 metro della spiaggia (in termini di profondità), se rapportato ad una lunghezza di 270 m di estensione lineare, può comportare una variazione di circa 270 m², ovvero può variare la possibilità di sostenere il carico di circa 40-45 bagnanti in più o meno in condizioni ottimali. Queste variazioni sono facilmente osservabili sulla Pelosa, spiaggia a bassissima pendenza (principalmente compresa tra 1% e 2%), anche nell'arco di poche ore, a causa delle maree, del moto ondoso e delle variazioni di pressione atmosferica (1 millibar di oscillazione può determinare 1 cm di variazione verticale del livello marino).

Se ne deduce che, con un'estensione di riferimento della spiaggia fruibile di circa 9000 m², il carico idoneo dovrebbe aggirarsi attorno alle 1250 ÷ 1300 unità.

Questa rappresenta la condizione ottimale per una frequentazione piacevole e riservata della Pelosa, dove le bellezze paesaggistiche meritano la giusta visibilità ed i frequentatori maggiori possibilità di poterne fruire da un punto di vista psicologico, con una comoda, se non esclusiva, sistemazione.

8.7 - Considerazioni conclusive

Da un'analisi cartografica condotta tramite l'uso della Carta tecnica regionale, delle ortofoto a colori e di ricognizioni sul campo è stato possibile quantificare che la costa peninsulare del territorio di Stintino ha uno sviluppo costiero di 54,256 km, di cui 26,533 (48,90 %) costituiti da costa alta rocciosa praticamente inaccessibile, 14,501 km da costa bassa rocciosa accessibile, 4,320 km da costa bassa rocciosa antropizzata, e 8,902 km da costa bassa sabbiosa e subordinatamente sabbioso-ciottolosa o ghiaiosa.

Pur a prescindere dalle caratteristiche naturali e paesaggistiche, per lo più di elevato pregio e talora con caratteri di unicità per quanto concerne la geodiversità, la biodiversità e la qualità paesaggistica, si tratta di un patrimonio davvero rilevante per la comunità di Stintino e suscettibile di creare ulteriori occasioni di reddito e occupazione se utilizzato con competenza, parsimonia e lungimiranza, in una prospettiva di sviluppo sostenibile e duraturo.

In questo variegato patrimonio, spicca per qualità naturale, ambientale e paesaggistica, ormai impressa vividamente nella percezione di quanti hanno avuto occasione di conoscerla, la spiaggia della Pelosa. Il suo sviluppo, rispetto al perimetro complessivo della costa, è all'incirca di soli 300 metri: un dato che da solo ne richiama l'importanza e la centralità delle attenzioni da parte delle Autorità responsabili.

Come tutte le cose belle, uniche ed esclusive, essa, infatti, costituisce un formidabile attrattore per l'attività di "restoreness", conteso da quanti possono consentirsi di frequentarla. E questo la rende fragile e vulnerabile al carico ormai eccessivo di frequentatori.

Come messo in luce dalle indagini per la valutazione della *carrying capacity*, ormai la capacità di carico del litorale sabbioso è stata raggiunta e, in alcune giornate, superata, come denotano i segni di depauperamento fisico dell'arenile e vari giudizi sull'eccessivo affollamento [troppo affollata].

Per questo motivo ad oggi le condizioni della spiaggia della Pelosa, che ha un così elevato valore ecologico, ambientale e paesaggistico, oltre che nell'identità del luogo e delle persone che lo hanno vissuto e frequentato, sono tali da richiedere urgenti attenzioni se si vuole evitare la perdita di un bene prezioso in un contesto unico e irriproducibile ed esporre l'economia turistica di Stintino, ancora in fase di consolidazione e rafforzamento, ad una fase di stagnazione o di declino.

Nella ricerca svolta, la capacità di carico viene immaginata come l'intervallo entro il quale si verifica il processo di sviluppo sostenibile del turismo e anche come uno strumento che deve supportare i decisori nelle scelte alla ricerca di un giusto equilibrio tra tendenze alla massimizzazione del profitto, che però possono portare alla stagnazione o al declino dello sviluppo, e conservazione delle risorse naturali e culturali del territorio nella prospettiva dello sviluppo sostenibile.

Considerato che lo scenario di alta sostenibilità, dunque, per la spiaggia della Pelosa deve considerarsi già superato, con rischio di progressiva riduzione fisica, deterioramento e dequalificazione dell'importante risorsa di livello provinciale, regionale, nazionale e mediterraneo, si rende indispensabile maturare la consapevolezza, a livello di Autorità e di cittadinanza, che occorre intervenire a partire dai principali fattori che ne turbano l'equilibrio e la corretta e gradevole fruizione.

Il controllo e il contenimento della pressione antropica sulla spiaggia che, insieme a incontrollabili processi naturali legati al cambiamento climatico, costituiscono la causa principale del progressivo stato di degenerazione delle caratteristiche del compendio sabbioso, potrà essere conseguito mediante l'adozione di una strategia integrata. Occorre cioè mettere in campo una serie di misure diversificate, alcune delle quali mirate direttamente al contenimento degli accessi, attraverso l'adozione di un numero programmato di bagnanti commisurato alla effettiva capacità di carico sostenibile, e altre "dissuasive", ovvero orientate a valorizzare il richiamo turistico verso altre spiagge o altre tipologie di costa fruibile.

In sostanza, al fine di riuscire a stimolare comportamenti virtuosi nei fruitori della Pelosa per garantire la conservazione delle sue pregevoli qualità naturali e paesaggistiche, si rende necessario da una parte limitarne l'accesso, dall'altra offrire valide e attraenti alternative che non vadano a stravolgere le abitudini e le attese dei fruitori.

Le varie forme di dissuasione utilizzabili in ambito locale dovranno procedere di pari passo con un aumento e un miglioramento qualitativo dell'offerta di fruizione alternativa e, per quanto possibile, equivalente in termini di servizi e di soddisfazione rispetto alle attese di ricreazione dei frequentatori, e magari più facilmente accessibile.

Certo, si dirà che il sito della Pelosa è unico ed esclusivo. Tuttavia, la qualità ambientale e, soprattutto, quella di fruizione delle altre spiagge [circa 14 km], non ancora utilizzati nel pieno delle loro potenzialità, possono essere sensibilmente aumentate con appropriati interventi di riqualificazione e restauro ambientale, organizzazione di accessi e parcheggi e dotazione di servizi di spiaggia. Sostanzialmente, il potenziale attrattivo di un sito può crescere sensibilmente attraverso una corretta gestione degli spazi naturali e dei servizi.

Tutto questo richiede l'adozione di un adeguato Piano di gestione integrata del litorale che prenda in considerazione le caratteristiche naturali e antropiche e le potenzialità turistico-ricreative dell'intero perimetro costiero, alcune delle quali ancora oggi non appaiono pienamente e compiutamente esplorate. Ci si riferisce al potenziale richiamo delle coste basse rocciose accessibili in buone condizioni di naturalità, pari al 17,23 %, e a quello delle coste basse rocciose antropizzate, pari al 6,37 % del perimetro costiero, che può essere sensibilmente incrementato pur all'interno di una logica di conservazione e di sostenibilità.

Inoltre, sempre in termini di alleggerimento della pressione di fruizione delle spiagge, non va trascurato il richiamo naturalistico e paesaggistico della costa alta rocciosa inaccessibile, che può essere stimolato attraverso la realizzazione di sentieri attrezzati sul modello dei "Sentier du douanier" di alcune regioni costiere della Francia continentale, ma anche della vicina Corsica (es. Sentier du douanier di Cap Corse).

8.8 - Bibliografia

ARISCI, A., DE WAELE, J., DI GREGORIO, F. (2000) - Natural and scientific valence of the Gulf of Orosei Coast (Central-East Sardinia) and its *carrying capacity* with particular regard to the pocket-beaches. *Period. Biol.* 102, Suppl. 1:595-603.

ARISCI, A., DE WAELE, J., DI GREGORIO, F., FERRUCCI, I., FOLLESA, R. (2001) - Geosites and touristic development of the karstic coastline of Southwest Sardinia. In: Özhan, E. (ed.) *Medcoast 01: Proceedings of the 5th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, 23-27 October 2001, Hammamet, Tunisia*, Vol. 1, pp. 302-314. Middle East Technical University, Ankara, TR.

ARISCI A., DE WAELE J., DI GREGORIO F., FERRUCCI I., FOLLESA R., PIRAS G. (2002) - Proposta di un modello di sviluppo sostenibile per le spiagge e le aree costiere dell'Isola di Sant'Antioco (Sardegna SO, Italia). *Studi Costieri* 5: 59-75.

ARITZU A., CAULI A., DI GREGORIO F., PUSCEDDU M. (2005) - Il Sistema Informativo e la *Carrying capacity* della costa di Pula (Sardegna SW). *Atti della 9° Conferenza Nazionale ASITA - Catania, 15-18 Novembre 2005.*

9. ANALISI DEI DATI METEOMARINI

9.1 - Premessa

Per la comprensione delle dinamiche costiere caratterizzanti la Pelosa sono state condotte misure correntometriche nel canale di mare compreso tra la spiaggia e l'Isola Piana. In questo capitolo è riportata una prima analisi delle misure effettuate, volta a delineare le caratteristiche fondamentali della circolazione costiera nel sito in esame. L'impostazione dello studio mira anche a definire dei periodi significativi, ben documentati in termini di dati misurati, che possano essere utilizzati come test per la verifica dei modelli di simulazione numerica. Si evidenzia che quanto di seguito discusso riguarda l'analisi dei dati acquisiti in un periodo che, seppure sufficientemente significativo, è relativamente breve: le conclusioni devono quindi essere considerate rappresentative solo del periodo in esame.

9.2 - Dati utilizzati

Sono stati utilizzati sia i dati ottenuti dal monitoraggio condotto da ISPRA che dati reperibili da altre fonti come specificato nella lista seguente:

Dati ISPRA

Sono state condotte misure di correnti tramite un correntometro tridimensionale (Acoustic Doppler Current Profiler, RDI Sentinel 600 kHz) posizionato nel canale tra la spiaggia della Pelosa e l'Isola Piana come indicato in Figura 9.1.

Anno 2008

Periodo di acquisizione: dal 24-04-08 al 17-06-08.

Coordinate del sito di acquisizione: N 40° 58,099'; E 008° 12,794'.

Profondità: 6,5m circa.

Frequenza di acquisizione: una misura ogni mezzora.

Misure fatte alle profondità: 6,0 m, 5,7 m, 5,4 m, 5,1 m, 4,8 m, 4,5 m, 4,2 m, 3,9 m, 3,6 m, 3,3 m, 3 m, 2,7 m, 2,4 m, 2,1 m, 1,8 m, 1,5 m, 1,2 m, 0,9 m.

Anno 2009

Periodo di acquisizione: dal 26-02-2009 al 02-07-09.

Coordinate del sito di acquisizione: N 40°58,181 E 8°12,683.

Profondità: 7,4m circa.

Frequenza di acquisizione: una misura ogni ora.

Misure fatte alle profondità: 6,5 m, 6,25 m, 6,0 m, 5,75 m, 5,5 m, 5,25 m, 5,0 m, 4,75 m, 4,5 m, 4,25 m, 4 m, 3,75 m, 3,5 m, 3,25 m, 3,0 m, 2,75 m, 2,5 m, 2,25 m, 2,0 m, 1,75 m, 1,5 m, 1,25 m, 1,0 m, 0,75 m, 0,5 m.

Oltre alle misure correntometriche sono state condotte anche misure del vento. Posizione: la stazione meteo è stata posizionata vicino alla spiaggia della Pelosa, sul tetto dell'albergo Roccaruja a quota 20 metri circa. Periodo di acquisizione: dal 25 Agosto 2008 al 19 Luglio 2009. Intervallo di acquisizione: una misura ogni 15 minuti.

Dati Porto Torres:

Fonte dati: www.mareografico.it

Livelli del mare:

Periodi disponibili

1) dal 1 Aprile 2008 al 30 Giugno 2008,

2) dal 1 Febbraio 2009 al 01 Luglio 2009.

Frequenza di acquisizione: una misura all'ora.

Vento

1) dal 1 Aprile 2008 al 30 Giugno 2008,

2) dal 1 Marzo 2009 al 30 Giugno 2009.

Frequenza di acquisizione: una misura all'ora.

Porto Torres si trova a Est della spiaggia della Pelosa dalla quale dista solo 25-30 km; quindi, tali dati possono essere ritenuti relativamente ben rappresentativi del livello della costa in esame.

Dati Word Wave Atlas:

Fonte dei dati: www.oceanor.com

Dati ondametrici:

Coordinate punto **WWA1**: 8°E 41°N.

Coordinate punto **WWA2**: 9,5°E 41,5 °N.

Vedi Figura 9.1 per la localizzazione dei punti WWA.

Periodi di dati disponibili:

1) dal 25 Aprile al 25 Giugno 2008,

2) dal 1 Marzo al 30 Giugno 2009.

Frequenza di acquisizione: 1 dato ogni 6 ore.

Il punto WWA2 è posto fuori dalle Bocche di Bonifacio, di fronte alla costa della Corsica a Nord delle Bocche stesse e a distanza pari a circa 123 km dalla spiaggia della Pelosa. Tali dati non sono quindi molto significativi per il moto ondoso nel litorale in esame. Il punto WWA1 invece è posizionato a soli 18 km dal litorale in esame (Figura 9.1).

Dati Ondametro di Alghero:

Rete Ondametrica Nazionale (RON).

Periodo disponibile:

1) dal 1989 al 31 Dicembre 2007,

2) dal 1 Gennaio 2008 al 5 Aprile 2008.

I dati dell'ondametro di Alghero coprono solo una piccola parte del periodo di monitoraggio condotta da ISPRA (dal 24 Febbraio 2008 al 5 Aprile 2008). Nel periodo

coperto non ci sono stati eventi significativi di moto ondoso quindi tali dati non sono utili per gli obiettivi del presente studio.

Nel seguito di questo capitolo, come direzione relative al moto ondoso e al vento viene considerata quella di “provenienza” misurata dal Nord in senso orario. Al contrario, nel caso delle correnti misurate, la direzione è quella di “destinazione” misurata sempre dal Nord in senso orario. Per esempio, una corrente con “direzione 150 °N” indica una corrente che proviene da 330°N e va verso i 150 °N; la corrente in direzione opposta invece sarà una corrente con “direzione 330°N”, come indicato in Figura 9.1.

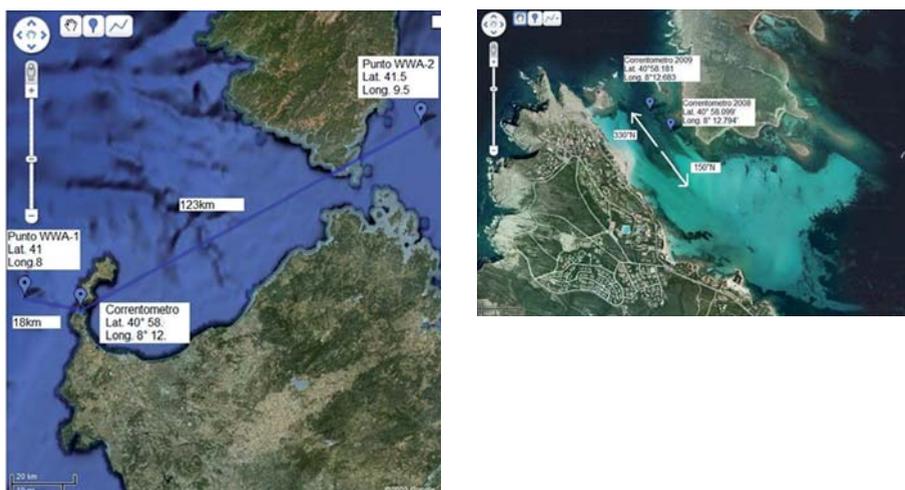


Figura 9.1 - Sulla sinistra: localizzazione dei punti ondametrici WWA-1 e WWA-2 e del correntometro; a destra: zoom sulla posizione del correntometro.

9.3 - Analisi dei dati nei periodi di monitoraggio

Il moto ondoso è generalmente la forzante che determina la circolazione costiera maggiormente responsabile dei fenomeni di trasporto solido connessi alle dinamiche di erosione o progradazione dei litorali. Il caso in esame, tuttavia, si caratterizza per due aspetti che possono in parte giustificare un'importanza relativamente minore del moto ondoso, alla formazione della circolazione costiera, in rapporto alle altre due forzanti quali la marea e il vento.

La costa antistante la spiaggia della Pelosa infatti si caratterizza per:

- il posizionarsi all'estremità Ovest della parte Nord della Sardegna. Il sito in esame è protetto dalle mareggiate provenienti da Nord-Est, che si formano nel Nord Tirreno, per la presenza delle Bocche di Bonifacio. Anche per i moti ondosi provenienti da Nord-Ovest del Mediterraneo, la presenza dell'Isola dell'Asinara fornisce un certo riparo;
- la presenza di un “canale” compreso tra la stessa spiaggia della Pelosa e l'Isola Piana-Isola dell'Asinara

Sostanzialmente, il sito in esame è ben protetto dall'attacco diretto delle mareggiate, quindi è ragionevole ritenere che il trasporto di sedimenti sia principalmente

legato alle correnti che si concentrano nel canale. Per questo è stata condotta la campagna di monitoraggio delle correnti sul canale antistante la spiaggia della Pelosa. Le analisi che seguono sono finalizzate a chiarire sia le caratteristiche delle correnti misurate, sia ad individuare le forzanti principali che determinano le correnti più intense (vento, onde, maree).

Caratteristiche delle correnti misurate nel canale antistante la spiaggia della Pelosa.

Con i dati correntometrici acquisiti nei periodi di monitoraggio del 2008 e 2009 è stata calcolata la distribuzione per classi di direzione come riportato nella Figura 9.2. Come valore della corrente è stato considerato il valore mediato sulla verticale al fine di agevolare il confronto con modelli di simulazione numerica del tipo 2DH, i principali modelli di riferimento per studi costieri.

I risultati dell'analisi mostrano che:

- le correnti sono quasi esclusivamente allineate con l'asse del canale antistante la spiaggia della Pelosa (direzione circa 140°-320°N);
- lungo tale direzione, le correnti provengono con più frequenza da circa 320°N, ossia dirette verso la destra per un osservatore posto sulla spiaggia della Pelosa e con fronte al mare.

Dall'analisi dei dati risulta, inoltre, che i massimi valori di corrente misurata durante i periodi di monitoraggio sono pari a circa 0,40 m/s per il 2008 e 0,60 m/s per il 2009, mentre i valori più, probabili sono pari a circa 0,13 m/s per il 2008 e 0,15 m/s per il 2009, (Figura 9.3).

Analisi del moto ondoso ai punti WWA1 e WWA2 durante i periodi di monitoraggio.

In Figura 9.4 e 9.5 sono riportati i grafici del moto ondoso ai punti WWA1 e WWA2 (Figura 9.1) nei periodi di monitoraggio per l'anno 2008 e 2009; in rosso sono riportati i periodi di moto ondoso intenso, mentre in giallo sono evidenziati i periodi di moto ondoso sostanzialmente nullo. Per moto ondoso intenso si intende, convenzionalmente in questo studio, un moto ondoso caratterizzato da altezza d'onda maggiore di 2 metri e altezza d'onda massima maggiore di 3 m; mentre

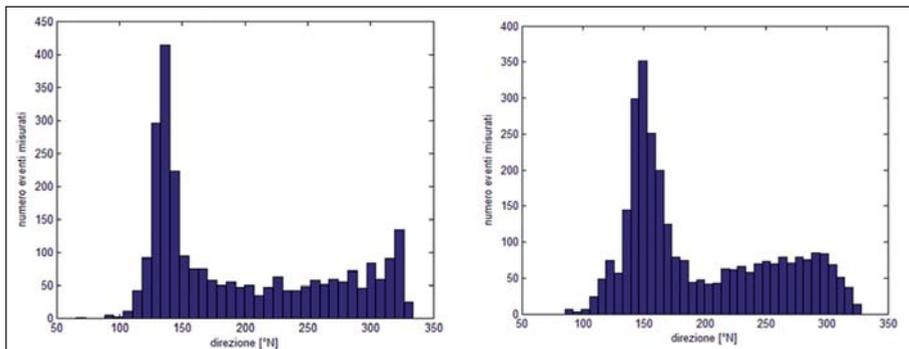


Figura 9.2 - Distribuzione per classi di direzione misurata per il periodo di monitoraggio 2008 (a sinistra) e 2009 (a destra).

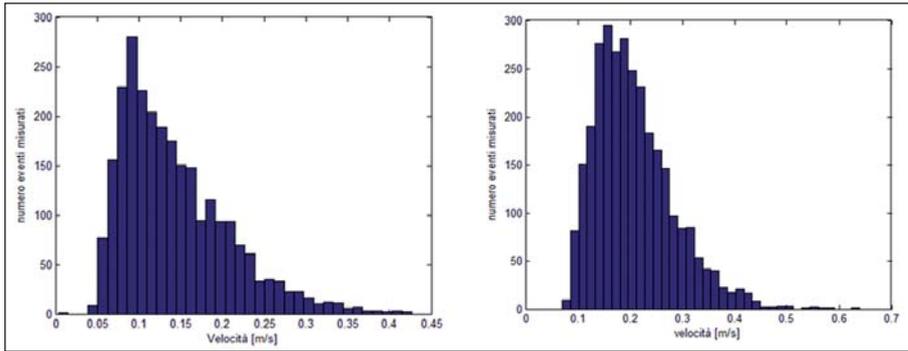


Figura 9.3 - Distribuzione per classi di velocità misurata per il periodo di monitoraggio 2008 (a sinistra) e 2009 (a destra).

per periodo di moto ondoso sostanzialmente nullo si intende un periodo caratterizzato da altezze d'onda sempre minori di 1m.

Si osserva che:

- il confronto tra i dati dei punti WWA1 e WWA2 mostra che il moto ondoso dei due punti è relativamente correlato, nel senso che a picchi del primo corrispondono picchi del secondo, ma che le altezze d'onda che si formano al punto WWA1 (quello a Ovest della costa in esame a distanza di soli 18 km) sono sempre molto maggiori di quelle del punto WWA2. Data la vicinanza del punto WWA1 alla costa in esame, nel seguito verrà considerato solo questo per tutte le elaborazioni;
- durante il periodo di monitoraggio dell'anno 2008 si evidenziano per il punto WWA1 solo tre eventi di moto ondoso intenso caratterizzati da altezza d'onda massima pari a circa 3 m (vedi Tabelle 9.1 e 9.2 e Figura 9.4) e durata di circa 25-30 ore. Durante il periodo 2009 sono avvenuti, invece, moti ondosi molto più intensi e caratterizzati da valori di altezza d'onda fino a 5,6 metri con durate fino a 174 ore (vedi Tabelle 9.3 e 9.4 e Figura 9.5). Il fatto che durante il periodo di monitoraggio del 2009 sono stati misurati moti ondosi molto più energetici di quelli avvenuti nel 2008 può essere messo in relazione anche con le maggiori massime velocità misurate della corrente nel 2009 (0,60 m/s) rispetto al 2008 (0,40 m/s). Si nota, inoltre, che tutti i moti ondosi intensi sono caratterizzati da periodi di picco di circa 9-10, per il 2008, e 11-12 secondi per il 2009;
- in tutte le occasioni di moto ondoso intenso, le onde provengono sempre da una direzione compresa tra 275°N-320°N; si nota che tale direzione è sostanzialmente coincidente con l'allineamento del canale tra la Pelosa e l'Isola Piana. Inoltre, il verso del moto ondoso è sostanzialmente coincidente con quello della corrente misurata;
- come periodo di moto ondoso sostanzialmente nullo è stato selezionato quello durante il quale non si sono avute onde maggiori di 1m in entrambi i punti WWA1 e WWA2. Questo periodo è stato utilizzato, nel seguito del presente studio, per valutare l'intensità della corrente misurata alla spiaggia della Pelosa in assenza di moto ondoso in rapporto a quello evidenziato durante il moto ondoso intenso.

Tabella 9.1 - Punto di Coordinate: Longitudine 8.0 °E - Latitudine 41.0 °N; Periodo di monitoraggio correntometrico: 24 Aprile 2008 - 17 Giugno 2008.

Periodo	Durata [ore]	Massima Hs [m]	Tp [s]	Direzione °N
20 Maggio ore 9:30 21 Maggio ore 9:30	24 ore	3,13	9,2	280-285
6 Giugno 21:30 8 Giugno 3:30	30 ore	3,36	9,9	295-299
13 Giugno 3:30 14 Giugno 3:30	24 ore	3,22	9,3	294-303
30 Aprile 3:30 6 Maggio 3:30	144	0,72	6,9	0-359

Tabella 9.2 - Punto di Coordinate: Longitudine 9,5 °E - Latitudine 41,5 °N; Periodo di monitoraggio correntometrico: 24 Aprile 2008 - 17 Giugno 2008.

Periodo	Durata [ore]	Massima Hs [m]	Tp [s]	Direzione °N
30 Aprile 3:30 6 Maggio 3:30	144	0,80	3,73	13-270

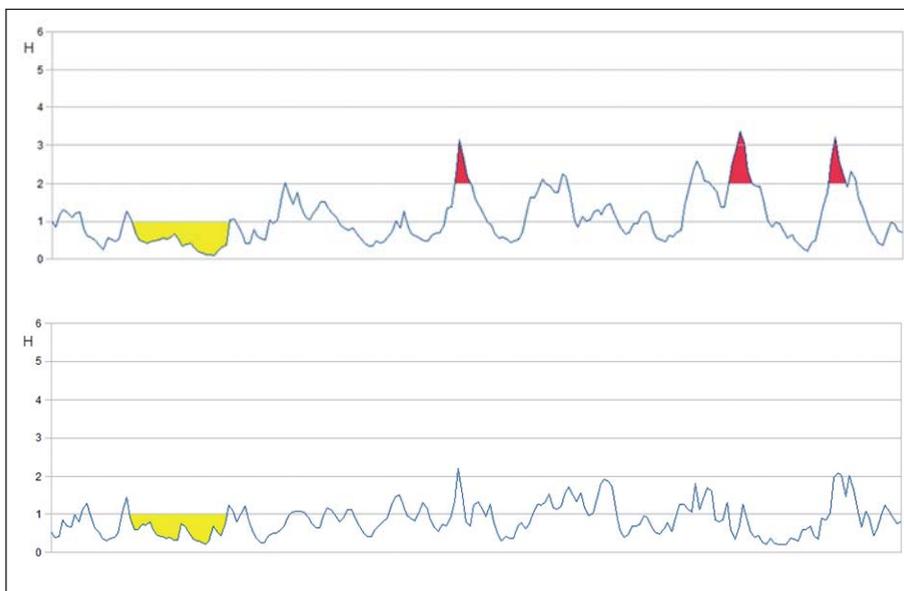


Figura 9.4 - Altezza d'onda nel periodo 24 Aprile 2008 - 17 Giugno 2008 ai punti WWA: in alto 8,0 °E - 41,0 °N; in basso 9,5 °E - 41,5 °N. In rosso i periodi di moto ondoso intenso, in giallo i periodi di moto ondoso debole, vedi Tabella 9.1 e 9.2.

Correlazione tra moto ondoso e velocità misurate alla spiaggia della Pelosa.

Al fine di evidenziare se le massime velocità misurate alla spiaggia della Pelosa si sono verificate durante gli stessi periodi caratterizzati dalle onde massime al punto WWA1, sono state condotte le analisi di seguito riportate. Indicato genericamente con la lettera C, la serie temporale dei valori di corrente o di altezza d'onda misurati:

- la variabile C, è stata trasformata in una variabile a media zero come: $C - C_m$ dove C_m è il valore medio nel periodo di monitoraggio;

Tabella 9.3 - Punto di Coordinate: Longitudine 8,0 °E - Latitudine 41,0 °N; periodo di raffronto con monitoraggio correntometrico: 01 Marzo 2009 - 30 Giugno 2009.

Periodo	Durata [ore]	Massima Hs [m]	Tp [s]	Direzione °N
5 Marzo 2009 ore 3:30 12 Marzo 2009 ore 9:30	174	5,37	10,4	275-310
23 Marzo 2009 ore 21:30 27 Marzo 2009 ore 3:30	78	5,61	10,6	286-310
27 Aprile 2009 ore 15:30 30 Aprile 2009 ore 15:30	72	3,46	8,5	271-303
26 Maggio 2009 21:30 28 Maggio 2009 15:30	42	4,17	10,6	297-301
20 Giugno ore 3:30 23 Giugno ore 3:30	72	4,89	10,9	294-321
17 Maggio 2009 ore 3:30 26 Maggio 2009 ore 15:30	228	0,88	6,19	4-339

Tabella 9.4 - Punto di Coordinate: Longitudine 9,5 °E - Latitudine 41,5 °N; periodo di raffronto con monitoraggio correntometrico: 01 Marzo 2009 - 30 Giugno 2009.

Periodo	Durata [ore]	Massima Hs [m]	Tp [s]	Direzione °N
20 Marzo ore 9:30 22 Marzo ore 9:30	48	3,82	8,4	28-32
17 Maggio 2009 ore 3:30 26 Maggio 2009 ore 15:30	228	0,98	8,0	16-181

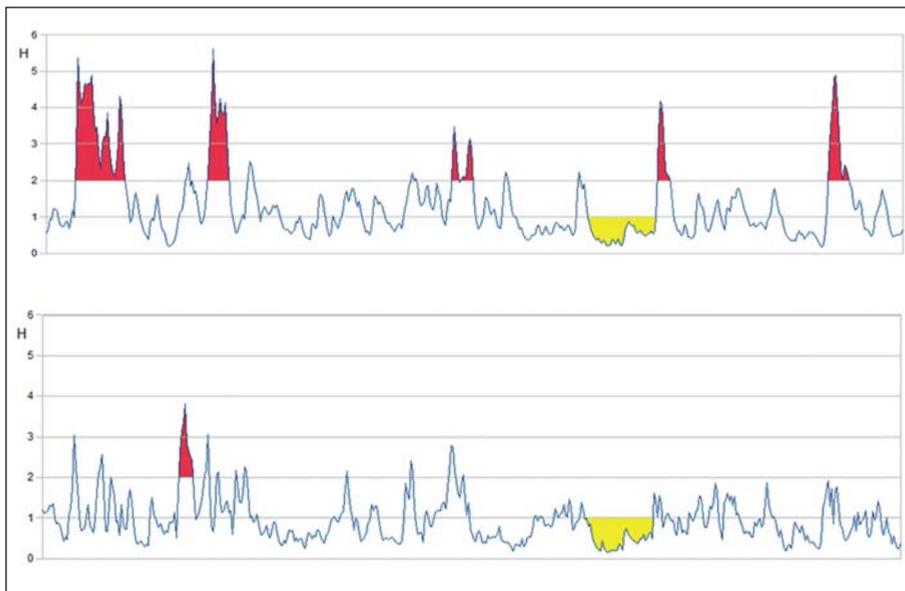


Figura 9.5 - Altezza d'onda nel periodo 01 Marzo 2009 - 30 Giugno 2009 ai punti WWA: in alto 8,0 °E - 41,0 °N; in basso 9,5 °E - 41,5 °N. In rosso i periodi di moto ondoso intenso, in giallo i periodo di moto ondoso debole, vedi Tabelle 9.3 e 9.4.

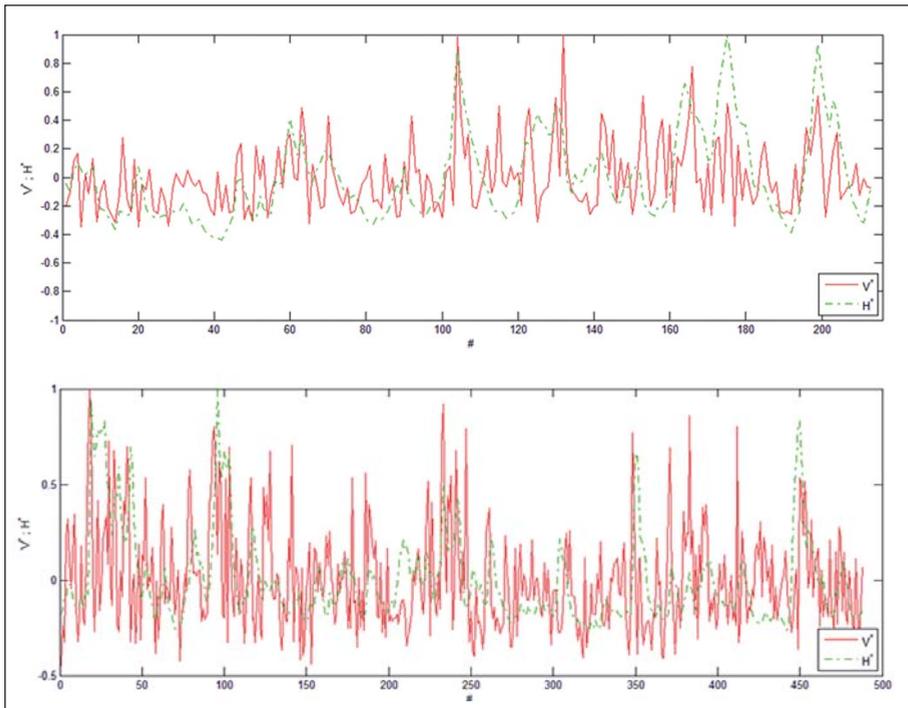


Figura 9.6 - Altezze d'onda normalizzate, al punto WWA1, e velocità della corrente normalizzata misurate nel canale antistante la spiaggia della Pelosa.

– la serie risultante è stata normalizzata con il valore massimo: $C^* = (C - C_m) / (\max[C - C_m])$.

Si noti che la variabile C^* è prossima a 1 in corrispondenza dei massimi valori della grandezza misurata.

Con i dati registrati sia nel periodo di monitoraggio del 2008 sia del 2009 sono stati prodotti i grafici in Figura 9.6. Le figure evidenziano chiaramente che gli andamenti dei massimi valori delle correnti sono ben coincidenti con gli andamenti dei massimi valori del moto ondoso al punto WWA1. Si sottolinea che i dati ondometrici al punto WWA1 derivano da modelli numerici, mentre quelli della corrente derivano dalle misure appositamente condotte per questo monitoraggio.

Considerato che questa analisi dimostra che le massime velocità della corrente misurata alla spiaggia della Pelosa si hanno in corrispondenza dei massimi moti ondosi al punto WWA1, nel proseguo dello studio sono stati analizzati in dettaglio i periodi di moto ondoso intenso determinati al paragrafo precedente, ed è stata raffinata l'analisi del confronto con le correnti in tali periodi. L'obiettivo di questa seconda analisi è stato quello di evidenziare anche la direzione della corrente in occasione dei selezionati eventi di moto ondoso intenso.

Analisi dei periodi di moto ondoso intenso

Al fine di caratterizzare ulteriormente il clima meteomarinario in occasione dei periodi di moto ondoso intenso del 2008 e 2009 che sono stati scelti nei paragrafi prece-

menti, è stata redatta una tabella per ogni periodo dove sono stati riportati i seguenti dati:

- altezza, periodo e direzione d'onda al punto WWA1;
- velocità del vento e direzione registrata a Porto Torres;
- velocità del vento e direzione registrata alla spiaggia della Pelosa (solo per il periodo di monitoraggio 2009);
- velocità e direzione della corrente misurata nel canale antistante la spiaggia della Pelosa.

Considerando che i dati ondametrici relativi al punto WWA1 forniscono un valore ogni 6 ore, tutti gli altri tipi di dati, caratterizzati da intervalli di campionamento minori, sono stati ridotti allo stesso intervallo mediante media temporale delle misure ricadenti nelle stesse sei ore dei dati WWA.

Le tabelle prodotte contengono tutti i dati relativi alle forzanti necessarie per l'implementazione di modelli numerici del tipo 2DH e, quindi, possono essere direttamente utilizzate per le simulazioni numeriche di tutti i periodi caratterizzati da moti ondosi intensi. Dall'ispezione delle tabelle possono essere dedotti i seguenti risultati:

- come osservato precedentemente, durante tutti i periodi di moto ondoso intenso le onde provengono da un settore molto ristretto compreso tra circa 275°N e 320°N;
- in presenza di moto ondoso intenso si ha sempre anche un forte vento. I valori misurati a Porto Torres hanno intensità intorno a 10 m/s e direzione, prossima a quella di propagazione del moto ondoso al punto WWA1, compresa tra 250°N-290°N. Per l'anno 2009 si dispone anche dei valori misurati alla spiaggia della Pelosa, e tali valori sono mediamente coincidenti con quelli misurati a Porto Torres;
- la testimonianza dei forti venti che spirano dal mare a costa su tutto l'arco di litorale compreso tra Porto Torres e la spiaggia della Pelosa fanno pensare anche alla formazione di un sovrizzo per il livello del mare in tale tratto di costa. Effettivamente, dai dati del mareografo di Porto Torres risulta che durante le mareggiate la presenza del forte vento foraneo è associata a incrementi del livello del mare pari a circa 0,2-0,3 m. Tali valori del livello del mare sono costantemente presenti durante tutti gli intervalli di tempo dai moti ondosi intensi, di durata tra le 24 e le 174 ore, quindi non sono da attribuire alla marea che viceversa è caratterizzata da un periodo principale di 12 ore. Non si dispone di mareografi ad Ovest della spiaggia della Pelosa, quindi non sappiamo se durante i periodi selezionati si abbia anche un incremento del livello del mare per la parte Ovest della Sardegna, è probabile tuttavia che si abbiano gli stessi sovrizzi.
- effettivamente l'osservazione del punto precedente sembra confermata dalle misure di corrente antistanti la Pelosa, che durante i moti ondosi intensi risultano sempre dirette verso Sud-Est, ossia con verso concorde a quello del moto ondoso che si propaga dentro il canale.
- le velocità della corrente misurata durante i moti ondosi intensi oscilla tra valori pari a circa 0,20 e 0,40 m/s.

Tabella 9.5 - Evento 2008 dal 20 Maggio ore 9:30 al 21 Maggio ore 9:30; valori mediati nelle 6 ore. Per la corrente si considera il valore medio sulla verticale.

Data	H [m]	Tp [s]	Dir [°N]	Vento m/s	Dir [N°]	Livello [m]	Corrente [m/s]	Dir [°N]
20 Maggio 2008 ore 9:30 - 15:30	2,23	8,3	283	9,3	265	0,25	0,22	147
20 Maggio 2008 ore 15:30 - 21:30	3,13	9,2	283	9,5	251	0,24	0,32	137
20-21 Maggio 2008 ore 21:30 - 3:30	2,67	9,2	280	8,6	242	0,29	0,26	139
21 Maggio 2008 ore 3:30 - 9:30	2,20	8,3	285	6,2	275	0,24	0,19	140

Tabella 9.6 - Evento 2008 dal 6 Giugno 21:30 al 8 Giugno 3:30; valori mediati nelle 6 ore. Per la corrente si considera il valore medio sulla verticale.

Data	H [m]	Tp [s]	Dir [°N]	Vento m/s	Dir [N°]	Livello [m]	Corrente [m/s]	Dir [°N]
6-7 Giugno 2008 ore 21:30 - 3:30	2,55	8,3	295	6,7	269	0,26	0,16	135
7 Giugno 2008 ore 3:30 - 9:30	2,94	9,0	300	7,4	294	0,14	0,17	134
7 Giugno 2008 ore 9:30 - 15:30	3,36	9,9	296	9,0	289	0,11	0,21	130
7 Giugno 2008 ore 15:30 - 21:30	3,04	9,9	296	7,2	256	0,03	0,17	156
7-8 Giugno 2008 ore 21:30 - 3:30	2,33	9,0	295	2,5	207	0,18	0,10	193

Tabella 9.7 - Evento 2008 dal 13 Giugno 3:30 al 14 Giugno 3:30; valori mediati nelle 6 ore. Per la corrente si considera il valore medio sulla verticale.

Data	H [m]	Tp [s]	Dir [°N]	Vento m/s	Dir [N°]	Livello [m]	Corrente [m/s]	Dir [°N]
13 Giugno 2008 3:30 - 9:30	2,62	8,38	294	6,5	273	0,16	0,26	138
13 Giugno 2008 9:30 - 15:30	3,22	9,32	299	10,0	276	0,07	0,27	133
13 Giugno 2008 15:30 - 21:30	2,63	9,14	301	6,2	237	0,13	0,13	144
13-14 Giugno 2008 21:30 - 3:30	2,24	8,52	301	3,7	218	0,10	0,16	131

Tabella 9.8 - Evento 2009 dal 5 Marzo 2009 ore 3:30 al 12 Marzo 2009 ore 9:30; valori mediati nelle 6 ore. Per la corrente si considera il valore medio sulla verticale.

Data	Dati WWA I			Dati Porto Torres			Dati Pelosa			
	H [m]	Tp [s]	Dir [°N]	Vento m/s	Dir [N°]	Livello [m]	Vento Pelosa [m/s]	Dir Pelosa [°N]	Corrente [m/s]	Dir [°N]
5 Marzo 2009 3:30 - 9:30	2,81	6,1	275	11,9	253	0,29	9,50	334	0,38	151
5 Marzo 2009 9:30 - 15:30	5,37	10,4	285	13,5	277	0,23	11,4	335	0,31	137
5 Marzo 2009 15:30 - 21:30	4,51	10,3	285	5,5	243	0,24	7,1	331	0,24	115
5-6 Marzo 2009 21:30 - 3:30	4,10	10,0	283	4,6	207	0,28	6,3	331	0,23	117
6 Marzo 2009 3:30 - 9:30	4,32	11,0	287	3,9	180	0,36	4,6	312	0,21	117
6 Marzo 2009 9:30 - 15:30	4,67	13,1	286	3,3	176	0,21	4,7	131	0,21	133
6 Marzo 2009 15:30 - 21:30	4,60	12,5	296	7,7	313	0,15	8,0	101	0,16	151
6-7 Marzo 2009 21:30 - 3:30	4,67	12,3	297	5,0	268	0,12	5,6	49	0,18	124
7 Marzo 2009 3:30 - 9:30	4,63	12,3	297	5,3	316	0,24	5,7	24	0,30	118
7 Marzo 2009 9:30 - 15:30	4,89	13,1	298	7,0	304	0,11	6,7	23	0,26	123
7 Marzo 2009 15:30 - 21:30	3,92	11,7	299	4,5	274	0,11	6,3	133	0,32	117
7-8 Marzo 2009 21:30 - 3:30	3,35	11,1	299	3,2	185	0,03	2,9	306	0,30	126
8 Marzo 2009 3:30 - 9:30	3,46	11,3	296	3,6	178	0,17	1,5	316	0,35	118
8 Marzo 2009 9:30 - 15:30	2,77	10,6	295	5,6	230	0,04	4,5	327	0,22	135
8 Marzo 2009 15:30 - 21:30	2,33	9,6	294	5,2	234	0,07	5,4	325	0,22	141
8-9 Marzo 2009 21:30 - 3:30	3,00	8,6	294	7,0	251	0,01	6,5	330	0,40	144
9 Marzo 2009 3:30 - 9:30	3,20	8,8	302	9,3	275	0,18	8,7	345	0,33	148
9 Marzo 2009 9:30 - 15:30	3,19	9,3	307	10,2	293	0,07	9,2	172	0,17	138
9 Marzo 2009 15:30 - 21:30	3,85	9,8	308	10,1	289	0,09	9,9	297	0,18	122
9-10 Marzo 2009 21:30 - 3:30	2,97	9,4	310	6,8	294	-0,01	7,8	159	0,16	133
10 Marzo 2009 3:30 - 9:30	2,49	8,4	308	5,7	261	0,12	6,9	296	0,18	134
10 Marzo 2009 9:30 - 15:30	2,26	8,3	304	7,8	277	0,03	6,9	342	0,28	148
10 Marzo 2009 15:30 - 21:30	2,13	7,4	297	5,9	253	0,05	5,9	329	0,30	145
10-11 Marzo 2009 21:30 - 3:30	2,38	7,3	293	7,8	249	0,00	7,0	326	0,36	148
11 Marzo 2009 3:30 - 9:30	2,98	7,8	306	9,4	275	0,12	8,7	343	0,28	151
11 Marzo 2009 9:30 - 15:30	4,31	9,8	309	10,0	294	0,10	10,1	314	0,15	158
11 Marzo 2009 15:30 - 21:30	4,02	10,5	302	3,9	241	0,07	4,4	226	0,22	125
11-12 Marzo 2009 21:30 - 3:30	2,71	10,0	300	2,1	171	0,00	0,74	305	0,23	129
12 Marzo 2009 3:30 - 9:30	2,02	9,22	302	1,4	185	0,03	1,6	236	0,15	172

Tabella 9.9 - Evento 2009 dal 23 Marzo 2009 ore 21:30 27 Marzo 2009 ore 3:30; valori mediati nelle 6 ore. Per la corrente si considera il valore medio sulla verticale.

Data	Dati WWA1\			Dati Porto Torres			Dati Pelosa			
	H [m]	Tp [s]	Dir [°N]	Vento m/s	Dir [N°]	Livello [m]	Vento Pelosa [m/s]	Dir Pelosa [°N]	Corrente [m/s]	Dir [°N]
23-24 Marzo 2009 21:30 - 3:30	2,20	7,0	286	5,2	215	-0,03	5,5	318	0,37	146
24 Marzo 2009 3:30 - 9:30	3,13	8,1	297	8,1	262	0,16	8,0	335	0,34	145
24 Marzo 2009 9:30 - 15:30	4,05	8,9	300	13,1	278	0,10	10,4	332	0,31	148
24 Marzo 2009 15:30 - 21:30	5,61	10,6	310	12,8	294	0,17	12,9	253	0,19	129
24-25 Marzo 2009 21:30 - 3:30	4,34	10,9	304	7,9	305	0,10	7,1	24	0,29	118
25 Marzo 2009 3:30 - 9:30	3,56	10,6	302	2,9	212	0,17	4,4	278	0,33	122
25 Marzo 2009 9:30 - 15:30	3,79	10,6	302	7,2	284	0,04	7,2	340	0,25	135
25 Marzo 2009 15:30 - 21:30	4,23	10,0	299	10,4	273	0,08	9,2	336	0,24	141
25-26 Marzo 2009 21:30 - 3:30	3,84	9,2	299	11,4	274	0,04	10,1	338	0,31	146
26 Marzo 2009 3:30 - 9:30	3,80	9,1	308	9,9	294	0,17	11,0	285	0,18	131
26 Marzo 2009 9:30 - 15:30	4,13	10,4	308	7,6	296	0,09	7,9	323	0,35	119
26 Marzo 2009 15:30 - 21:30	3,09	10,0	303	5,0	243	0,09	4,6	333	0,21	124
26-27 Marzo 2009 21:30 - 3:30	2,18	9,0	299	2,4	196	0,03	4,8	325	0,22	139

Tabella 9.10 - Evento 2009 dal 27 Aprile 2009 ore 15:30 al 30 Aprile 2009 ore 15:30; valori mediati nelle 6 ore. Per la corrente si considera il valore medio sulla verticale.

Data	Dati WWA1			Dati Porto Torres			Dati Pelosa			
	H [m]	Tp [s]	Dir [°N]	Vento m/s	Dir [N°]	Livello [m]	Vento Pelosa [m/s]	Dir Pelosa [°N]	Corrente [m/s]	Dir [°N]
27 Aprile 2009 15:30 - 21:30	2,64	7,5	288	2,6	263	0,12	2,0	322	0,21	274
27-28 Aprile 2009 21:30 - 3:30	3,46	8,5	282	0,6	184	0,13	1,3	240	0,24	278
28 Aprile 2009 3:30 - 9:30	2,94	8,4	284	0,7	164	0,18	5,9	170	0,23	302
28 Aprile 2009 9:30 - 15:30	2,33	8,3	280	4,5	58	0,22	9,5	157	0,16	230
28 Aprile 2009 15:30 - 21:30	1,96	7,9	271	4,8	65	0,22	8,8	158	0,19	189
28-29 Aprile 2009 21:30 - 3:30	2,02	7,9	273	2,2	130	0,27	5,0	176	0,23	152
29 Aprile 2009 3:30 - 9:30	2,12	8,5	281	2,7	172	0,26	1,8	247	0,25	148
29 Aprile 2009 9:30 - 15:30	2,07	8,8	295	6,20	203	0,26	2,7	267	0,31	143
29 Aprile 2009 15:30 - 21:30	2,19	8,4	297	6,5	222	0,22	4,7	299	0,18	145
29-30 Aprile 2009 21:30 - 3:30	2,87	7,9	303	3,5	205	0,27	5,5	325	0,15	146
30 Aprile 2009 3:30 - 9:30	3,13	8,4	303	2,2	196	0,18	3,5	334	0,15	164
30 Aprile 2009 9:30 - 15:30	2,9	8,7	301	3,3	278	0,20	3,6	192	0,19	183

Tabella 9.11 - Evento 2009 dal 26 Maggio 2009 21:30 al 28 Maggio 2009 15:30; valori mediati nelle 6 ore. Per la corrente si considera il valore medio sulla verticale.

Data	Dati WWA1			Dati Porto Torres			Dati Pelosa			
	H [m]	Tp [s]	Dir [°N]	Vento m/s	Dir [N°]	Livello [m]	Vento Pelosa [m/s]	Dir Pelosa [°N]	Corrente [m/s]	Dir [°N]
26-27 Maggio 2009 21:30 - 3:30	3,36	9,5	300	5,0	287	0,25	6,14	270	0,30	148
27 Maggio 2009 3:30 - 9:30	4,17	10,6	301	7,0	284	0,14	7,6	299	0,19	131
27 Maggio 2009 9:30 - 15:30	4,08	11,0	298	7,0	269	0,12	6,6	334	0,13	128
27 Maggio 2009 15:30 - 21:30	3,27	11,0	297	4,3	223	0,06	3,4	324	0,24	117
27-28 Maggio 2009 21:30 - 3:30	2,28	9,9	298	3,4	179	0,20	1,0	303	0,22	121
28 Maggio 2009 3:30 - 9:30	2,17	9,4	297	2,3	180	0,08	1,2	240	0,17	146
28 Maggio 2009 9:30 - 15:30	2,12	9,5	297	2,4	260	0,07	3,5	134	0,13	219

Tabella 9.12 - Evento 2009 dal 20 Giugno ore 3:30 al 23 Giugno ore 3:30; valori mediati nelle 6 ore. Per la corrente si considera il valore medio sulla verticale.

Data	H [m]	Tp [s]	Dir [°N]	Vento m/s	Dir [N°]	Livello [m]	Vento Pelosa [m/s]	Dir Pelosa [°N]	Corrente [m/s]	Dir [°N]
20 Giugno 2009 3:30 - 9:30	2,58	8,2	302	6,2	276	0,29	7,3	351	0,18	164
20 Giugno 2009 9:30 - 15:30	3,49	9,3	300	8,2	306	0,18	8,2	331	0,15	139
20 Giugno 2009 15:30 - 21:30	3,97	10,0	302	10,0	279	0,32	8,4	345	0,19	115
20-21 Giugno 2009 21:30 - 3:30	4,80	10,0	304	11,8	284	0,26	11,1	353	0,13	146
21 Giugno 2009 3:30 - 9:30	4,89	10,9	309	10,8	288	0,32	9,6	299	0,28	116
21 Giugno 2009 9:30 - 15:30	4,11	10,1	315	10,1	318	0,20	9,0	47	0,32	149
21 Giugno 2009 15:30 - 21:30	3,30	9,7	321	6,8	301	0,28	7,5	148	0,28	289
21-22 Giugno 2009 21:30 - 3:30	2,28	9,1	313	3,4	210	0,20	2,2	246	0,30	300
22 Giugno 2009 3:30 - 9:30	2,05	8,6	301	3,3	198	0,23	1,5	314	0,28	291
22 Giugno 2009 9:30 - 15:30	2,43	10,6	295	6,0	296	0,13	4,5	330	0,21	242
22 Giugno 2009 15:30 - 21:30	2,36	9,8	294	5,8	267	0,24	4,7	339	0,20	136
22-23 Giugno 2009 21:30 - 3:30	2,18	9,1	297	2,9	161	0,24	1,0	256	0,23	274

Analisi del periodo di moto ondoso assente

In questo paragrafo sono analizzati i dati meteorologici del periodo caratterizzato da moto ondoso assente. Si ricorda che tale periodo è stato scelto, per convenzione, in modo da avere sia al punto WWA1 che al punto WWA2 moti ondosi con altezza sempre inferiore ad 1m. Quindi in questo periodo le condizioni del mare sia nel Tirreno che nel Mar di Sardegna erano sostanzialmente di mare calmo o poco mosso. Si ricorda, per comodità del lettore che tali intervalli sono:

- dal 30 Aprile al 5 Maggio 2008;
- dal 17 Maggio al 26 Maggio 2009.

È stato anche verificato che in questo periodo i venti misurati a Porto Torres e alla Pelosa erano di intensità media pari a 2 m/s, con punte massime inferiori a 5 m/s (mentre durante i periodi di moto ondoso intenso si sono avuti venti pari ad almeno 10 m/s). In queste condizioni, quindi, non rimane, come unica forzante principale della circolazione costiera, altro che la variazione del livello del mare indotta dalla marea.

Nei grafici in Figura 9.7 e 9.8 sono stati riportati gli andamenti delle correnti e della relativa direzione registrate alla Pelosa e i livelli del mare registrati al mareografo di Porto Torres. I grafici dimostrano una certa correlazione tra le misure di corrente e di livello. Entrambe le grandezze hanno un periodo principale di 12 ore entro le quali il livello del mare oscilla tra valori massimi e minimi così come la corrente nel canale della Pelosa. Anche la direzione della corrente mostra una variazione con stesso periodo tra i valori di circa 300°N e 150°N, a testimonianza che al variare della marea si ha una inversione della direzione del flusso mareale all'interno del canale antistante la spiaggia della Pelosa. L'intensità della corrente in queste condizioni è quindi determinata dalla marea ed ha un valore medio intorno a 0,12 m/s (per il 2008) e 0,15 m/s (per il 2009) con punte massime pari a circa 0,15 m/s (per il 2008) e 0,20 m/s (per il 2009). In condizioni di moto ondoso assente, quindi, la marea risulta determinante per la formazione di correnti caratterizzate da direzione alternata all'interno del canale antistante la Pelosa. Al contrario, come evidenziato nei paragrafi precedenti, durante gli attacchi ondosi frequentemente provenienti da circa 280°N-310°N, si ha sempre un forte vento proveniente da Nord-Ovest che determina la formazione di un sovrizzo stabile del livello del mare pari a circa 0,2-0,3 m (accertato per il tratto tra Porto Torres e la Pelosa) e una corrente litoranea, all'interno del canale della Pelosa, con verso concorde a quello del moto ondoso; oltre alle caratteristiche di presentare una direzione costante questa corrente raggiunge punte massime pari a 0,40 m/s nel 2008, quando si sono avute onde alte fino a 3,6 m, e 0,60 m/s nel 2009, quando si sono avute onde alte fino a quasi 6 m, ossia pari al doppio e il triplo dei massimi valori indotti dalla sola marea.

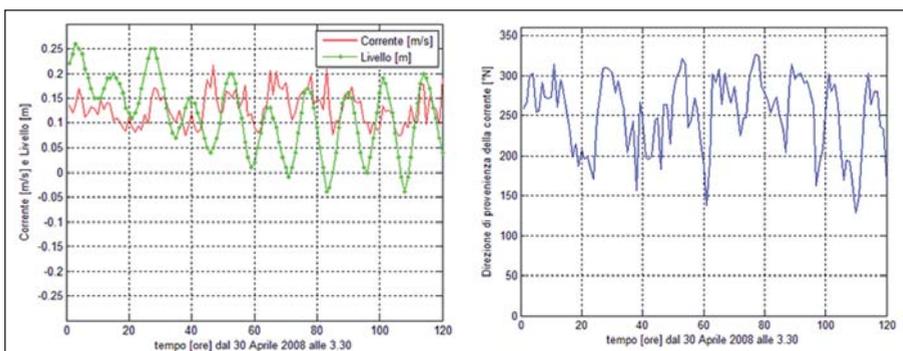


Figura 9.7 - Periodo di moto ondoso assente dal 30 Aprile al 5 Maggio 2008. Andamento della corrente misurata alla Pelosa e dei livelli misurati al mareografo di Porto Torres (a destra); andamento della direzione della corrente alla Pelosa (a sinistra).

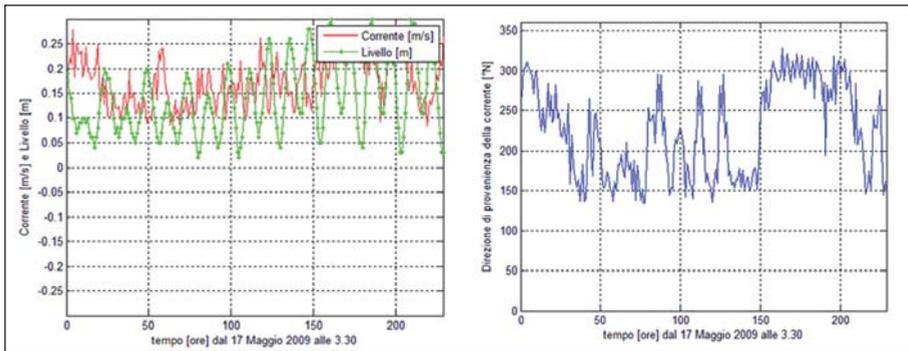


Figura 9.8 - Periodo di moto ondoso assente dal 17 Maggio al 26 Maggio 2009. Andamento della corrente misurata alla Pelosa e dei livelli misurati al mareografo di Porto Torres (a destra); andamento della direzione della corrente alla Pelosa (a sinistra).

9.4 - Conclusioni dell'analisi dei dati

Sono state condotte analisi dei dati acquisiti durante il monitoraggio ISPRA degli anni 2008 e 2009 e di altri dati meteomarini. L'obiettivo dell'analisi è stato quello di evidenziare l'effetto del moto ondoso, del vento e della marea nella formazione delle correnti nel canale di mare compreso tra la spiaggia della Pelosa e l'Isola Piana. Il canale è allineato secondo la direzione Nord-Ovest / Sud-Est e non è noto in quali condizioni si determina una corrente diretta verso Nord-Ovest o diretta verso Sud-Est e le relative intensità caratteristiche.

Da una prima analisi dei dati di correnti misurate nel canale antistante la Pelosa, è risultato che queste sono quasi esclusivamente allineate con l'asse del canale ed hanno un verso di propagazione più frequente pari a circa 140° - 150° N, ossia sono dirette verso la destra di un osservatore posto sulla spiaggia della Pelosa e con fronte al mare; i massimi valori di corrente misurati sono pari a circa 0,40 m/s per il 2008 e 0,60 m/s per il 2009, mentre i valori più probabili sono pari a circa 0,13 m/s per il 2008 e 0,15 m/s per il 2009. Gli andamenti dei massimi valori delle correnti sono coincidenti con gli andamenti dei massimi valori del moto ondoso, ossia si hanno forti correnti durante i periodi di moto ondoso intenso.

Al fine di indagare maggiormente il legame tra moto ondoso intenso e corrente misurata nel canale antistante la Pelosa, sono stati definiti alcuni intervalli di tempo durante i quali si sono avuti moto ondoso intenso e altri intervalli caratterizzati da moto ondoso sostanzialmente nullo. Le analisi dei periodi caratterizzati da moto ondoso intenso hanno mostrato che le onde provengono sempre da un settore molto ristretto, compreso tra circa 275° N e 320° N, che in questi periodi si ha sempre anche un forte vento proveniente da direzioni prossime a quelle di provenienza del moto ondoso e di intensità intorno a 10 m/s con punte fino a 15 m/s. Tali forti venti sono stati misurati sia a Porto Torres che alla spiaggia della Pelosa, ossia spirano almeno su tutto l'arco di costa compreso tra le due località e determinano la formazione di un sovrizzo del mare a costa sostanzialmente stabile durante tutto il periodo delle mareggiate. Dai dati del

mareografo di Porto Torres risultano incrementi del livello del mare costantemente pari a circa 0,2-0,3 m con punte fino a 0,40 m per periodi di tempo fino a 174 ore (durata della mareggiata più lunga misurata), quindi tali sovralti non sono da attribuire alla marea che, viceversa, è caratterizzata da un periodo principale di 12 ore. Non si dispone di mareografi ad Ovest della spiaggia della Pelosa quindi non sappiamo se, durante i periodi selezionati, ad un incremento del mare tra Porto Torres e la Pelosa corrisponda anche un incremento per la parte Ovest della Sardegna.

Ulteriori analisi sono state condotte sui dati raccolti durante un periodo di tempo caratterizzato da moto ondoso sostanzialmente nullo e venti di intensità media pari a 2 m/s con punte massime inferiori a 5 m/s. In queste condizioni quindi non rimane come unica forzante principale della circolazione marina la variazione del livello del mare indotta dalla marea. Queste analisi dimostrano una certa correlazione tra le misure di corrente e del livello. Entrambe le grandezze hanno un periodo principale di 12 ore entro le quali il livello del mare oscilla tra valori massimi e minimi così come la corrente nel canale della Pelosa. Anche la direzione della corrente mostra una variazione con stesso periodo tra i valori di circa 300°N e 150°N a testimonianza che al variare della marea si ha una inversione della direzione del flusso mareale all'interno del canale antistante la spiaggia della Pelosa. L'intensità della corrente in queste condizioni è quindi determinata dalla marea ed ha un valore medio intorno a 0,12 m/s nel 2008 e 0,15 m/s nel 2009 con punte massime pari a circa 0,15 m/s nel 2008 e 0,20 m/s nel 2009. In condizioni di moto ondoso assente, quindi, la marea risulta determinante per la formazione di correnti con direzione alternata all'interno del canale antistante la Pelosa. Al contrario durante i periodi caratterizzati da moto ondoso intenso, la corrente nel canale antistante la Pelosa fluisce costantemente verso Sud-Est e raggiunge punte massime pari a 0,40 m/s nel 2008 (quando si sono avute onde alte fino a 3,6 m) e 0,60 m/s nel 2009 (quando si sono avute onde alte fino a quasi 6 m) ossia pari al doppio e il triplo dei massimi valori indotti dalla sola marea.

9.5 Studio preliminare su modello numerico

Lo studio è stato condotto utilizzando il sistema di simulazione MIKE21, sviluppato presso il *Danish Hydraulic Institute*. Il processo di simulazione si basa sull'impiego di moduli di calcolo per la ricostruzione bidimensionale del moto ondoso delle correnti e del moto dei sedimenti in tutta l'area in esame. L'utilizzo dei moduli viene fatto in successione secondo lo schema metodologico riportato in Figura 9.9.

Note le caratteristiche al largo dell'onda di progetto, l'impiego di un modulo d'onda permette di eseguire la propagazione ondosa dagli alti fondali fino a riva e fornisce per ogni punto dell'area di studio l'altezza d'onda e la direzione.

A seguito delle simulazioni d'onda, i dati prodotti vengono inseriti in un nuovo modulo di calcolo che, a partire dalla conoscenza del moto ondoso su tutta l'area in esame, ricostruisce le correnti marine che esse generano ed eventualmente anche quelle dovute al vento o a cause ulteriori, come per esempio portate fluviali.

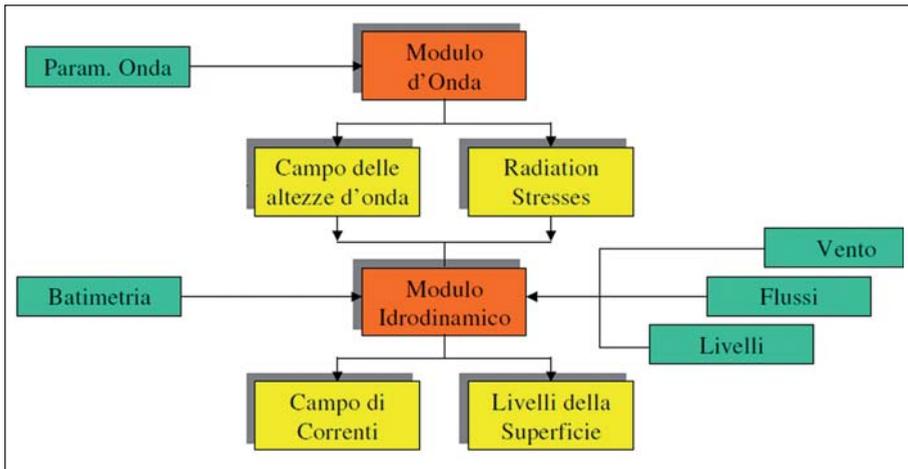


Figura 9.9 - Diagramma illustrativo della modellistica numerica sviluppata per lo studio.

9.6 - Impostazione metodologica dello studio

L'implementazione di tutto il processo di simulazione descritto nel paragrafo precedente deve essere svolta per ogni attacco ondosso propagato dal largo a costa ed in genere, per essere sviluppata, richiede alcuni giorni per la costruzione del modello e diverse ore per l'esecuzione di una sola simulazione.

La metodologia operativa adottata è stata quella di studiare il clima meteomarinico al largo come riportato e di definire un attacco ondosso significativo e rappresentativo di tutte le dinamiche litoranee caratteristiche per l'area di studio.

La propagazione, fino ai bassi fondali antistanti le zone di progetto, delle onde i cui valori sono noti in acque alte, impone la realizzazione dei modelli numerici su una porzione di mare molto grande.

La tecnica di simulazione adottata si basa sulla conduzione di 4 livelli di simulazione eseguiti uno dopo l'altro, nei quali le aree in cui si ricostruiscono le onde e le correnti sono rappresentate da grandi porzioni di costa ricostruita con livello di dettaglio spaziale relativamente grande, fino a focalizzarsi in piccole aree descritte con un dettaglio estremamente accurato.

9.6.1 - Onda di prova

L'onda scelta per la simulazione è quella proveniente da 300°N con periodo medio T_m pari a 10 sec e altezza d'onda H_{m0} pari a 5 m.

Per la ricostruzione della batimetria della zona di intervento è stato utilizzato l'ultimo rilievo effettuato nel 2008 e per fondali superiori a 10 m, in mancanza di rilievi specifici, la batimetria, georeferenziata in coordinate UTM-32, è stata ricostruita sulla base dei dati della carta nautica della zona (Figura 9.10)

La modellazione è stata impostata costruendo quattro batimetrie, ovvero:

- batimetria generale per il modulo d'onda spettrale;
- batimetria di dettaglio per il modulo d'onda spettrale;
- batimetria per il modulo d'onda ellittico;

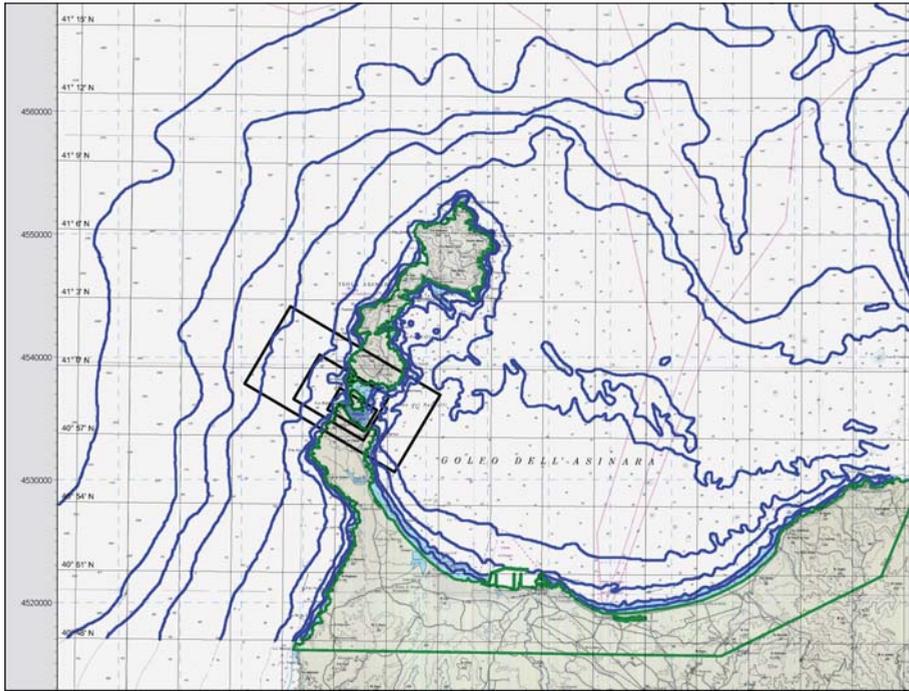


Figura 9.10 - Ricostruzione della batimetria della zona da rilievo 2008 e digitalizzazione della carta nautica.

– batimetria locale per i moduli d'onda spettrale e idrodinamico.

Le caratteristiche delle griglie di calcolo sono invece descritte nella Tabella 9.13.

9.7 - Analisi dei risultati delle simulazioni

Analisi della propagazione d'onda

L'onda di prova proveniente da 300°N è stata propagata da largo a costa con il modulo d'onda spettrale NSW (*Nearshore Spectral Wind-Wave module*) di MIKE21 sulle due batimetrie annidate [generale e di dettaglio], assumendo come condizioni al contorno del modello i risultati ottenuti dalla simulazione precedente sulla batimetria a minor dettaglio.

Questo tipo di modulo d'onda simula i fenomeni di shoaling, rifrazione, attrito del

Tabella 9.13 - Caratteristiche delle griglie di calcolo utilizzate nelle simulazioni con MIKE 21.

n.	Onda [°N]	Scala	Dimensioni [m]		Passo [m]	
			Lx	Ly	Dx	Dy
1	300	generale	2831	731	5	10
2		di dettaglio	6609	4191	3	3
3		locale per modulo ellittico	1750	1001	2	2
4		locale per modulo idrodinamico	876	501	4	4

fondo, frangimento, interazione onde-correnti, generazione locale di onde dovute al vento e dispersione direzionale dello spettro energetico del moto ondoso. Si riportano di seguito i risultati del modulo d'onda spettrale nel dominio di applicazione del modello a scala locale, dove sono illustrate le variazioni di altezza e direzione subite dalle onde nella fase di propagazione a costa (Figura 9.11 e 9.12). Per valutare anche i fenomeni della riflessione e della diffrazione del moto ondoso, l'onda di prova è invece stata propagata sulla batimetria di dettaglio con il modulo d'onda ellittico EMS (*Elliptic Mild-Slope Wave module*): i risultati sono riportati in forma grafica nelle Figure 9.13 e 9.14.

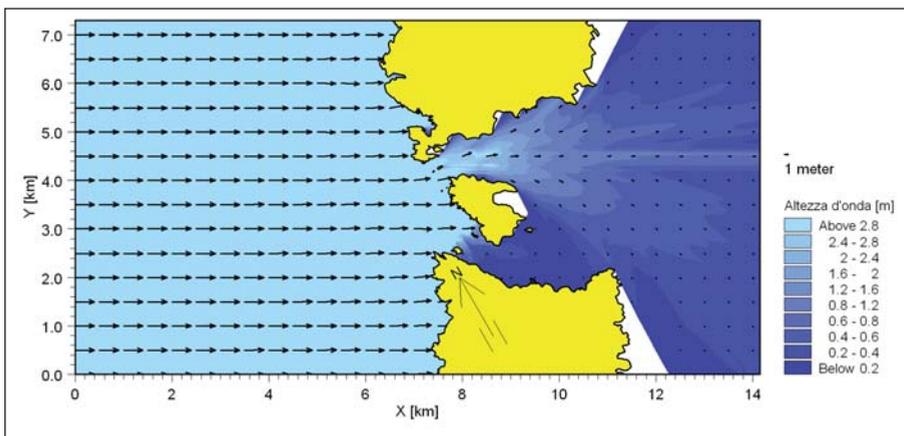


Figura 9.11 - Risultati del modulo d'onda spettrale per onda da 300°N.

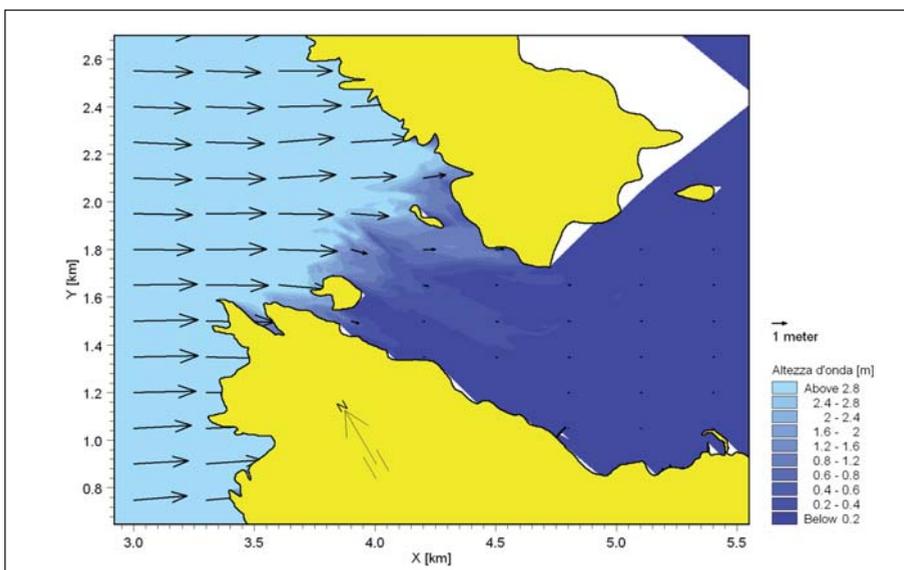


Figura 9.12 - Ingrandimento dei risultati del modulo d'onda spettrale per onda da 300°N.

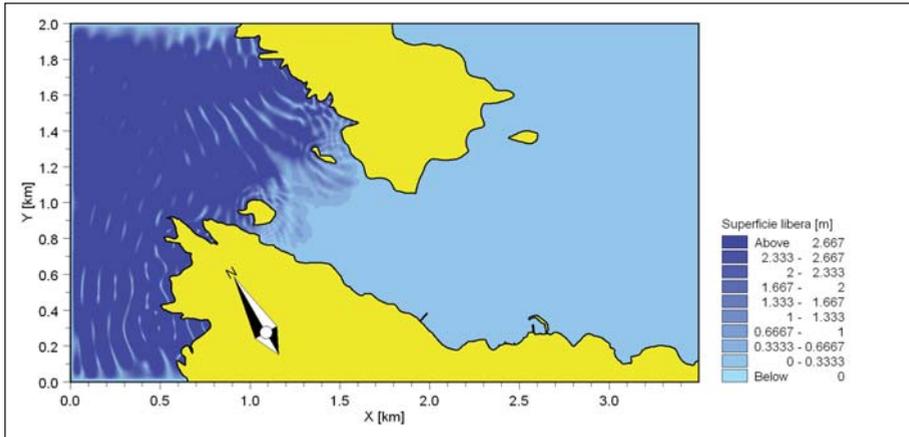


Figura 9.13 - Risultati del modulo d'onda ellittico per onda da 300°N.

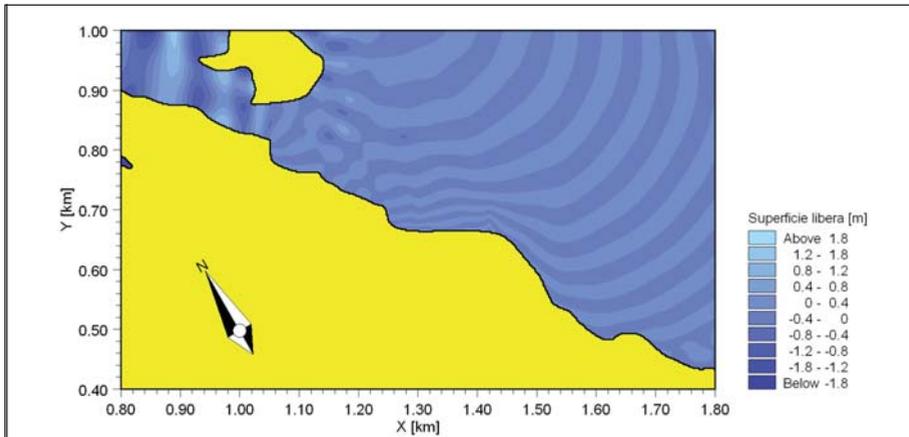


Figura 9.14 - Ingrandimento dei risultati del modulo d'onda ellittico per onda da 300°N.

Modello idrodinamico

Il modulo NHD (*Nested Grid Hydrodynamic module*) è il modulo del codice di calcolo MIKE 21 che permette di simulare le variazioni di livello e i flussi dovute alle forzanti nel dominio di calcolo e su griglie nidificate; i livelli ed i flussi sono risolti su una griglia rettangolare che ricopre l'area di interesse, noti la batimetria, i coefficienti di resistenza, il campo di vento, le condizioni al contorno. Il sistema risolve le equazioni di continuità e di conservazione del momento utilizzando uno schema implicito alle differenze finite [ADI] al II ordine. Il modulo idrodinamico, fissate le condizioni al contorno in termini di flussi e livelli, è stato implementato utilizzando come termine forzante del moto la *radiation stress* relativo sia al modulo d'onda spettrale che al modulo d'onda ellittico.

Di seguito si riportano le immagini dei risultati ottenuti per l'attacco ondoso considerato.

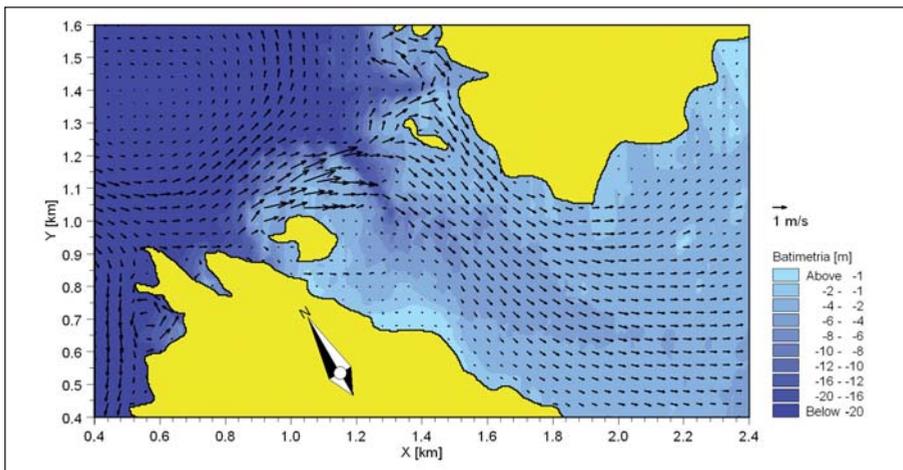


Figura 9.15 - Risultati del modulo idrodinamico con RS del modulo spettrale per onda da 300°N.

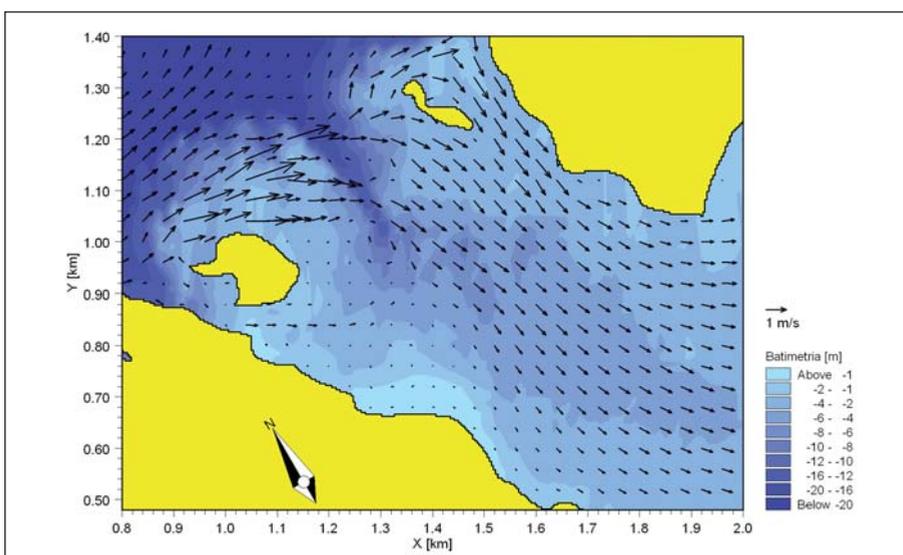


Figura 9.16 - Particolare del canale con i risultati del modulo idrodinamico con RS del modulo spettrale per onda da 300°N.

Dall'analisi delle immagini di output del modulo idrodinamico, con *radiation stress* ottenuto tramite il modulo d'onda spettrale, in presenza di attacco ondosso da 300°N, risulta evidente che, nella zona della spiaggia della Pelosa, le correnti generate sono caratterizzate da valori di velocità intorno a 0,10 m/s fino alla profondità di circa 3 m.

Da notare che nella zona immediatamente a Ovest della Pelosa c'è un'inversione della direzione della corrente.

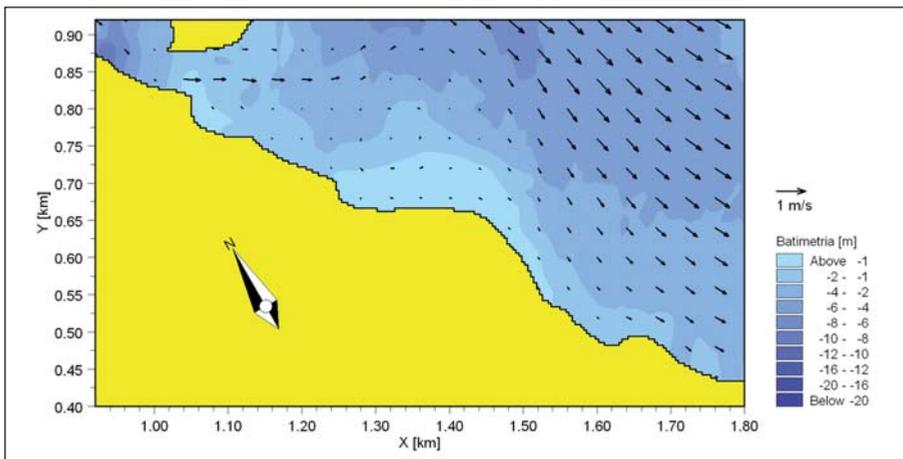


Figura 9.17 - Particolare della spiaggia della Pelosa con i risultati del modulo idrodinamico con RS del modulo spettrale per onda da 300°N.

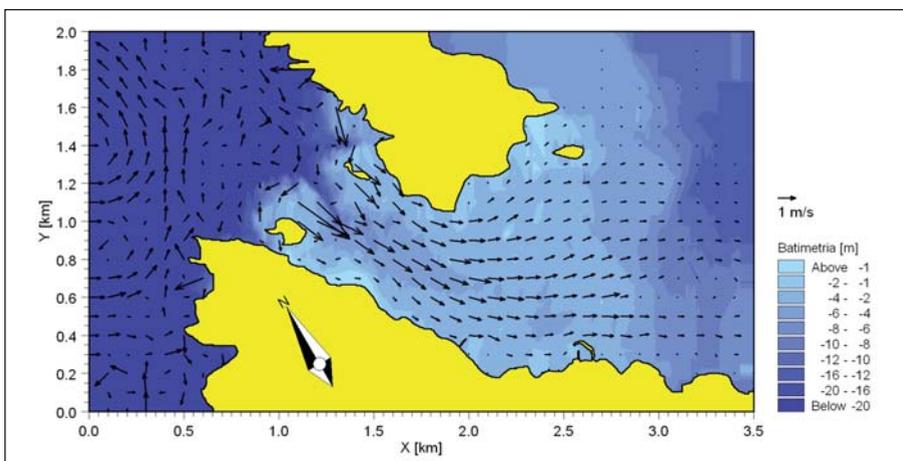


Figura 9.18 - Risultati del modulo idrodinamico con RS del modulo ellittico per onda da 300°N.

Dall'analisi delle immagini di output del modulo idrodinamico, con *radiation stress* ottenuto tramite il modulo d'onda ellittico, in presenza di attacco ondoso da 300°N, risulta evidente che, nella zona della spiaggia della Pelosa, le correnti generate sono caratterizzate da valori di velocità intorno a 0,30-0,40 m/s fino alla profondità di circa 1 m.

9.8 - Conclusioni

Lo studio eseguito ha permesso di evidenziare la possibilità di una precisa ricostruzione delle correnti indotte dal moto ondoso nell'area di studio. Il confronto fra le

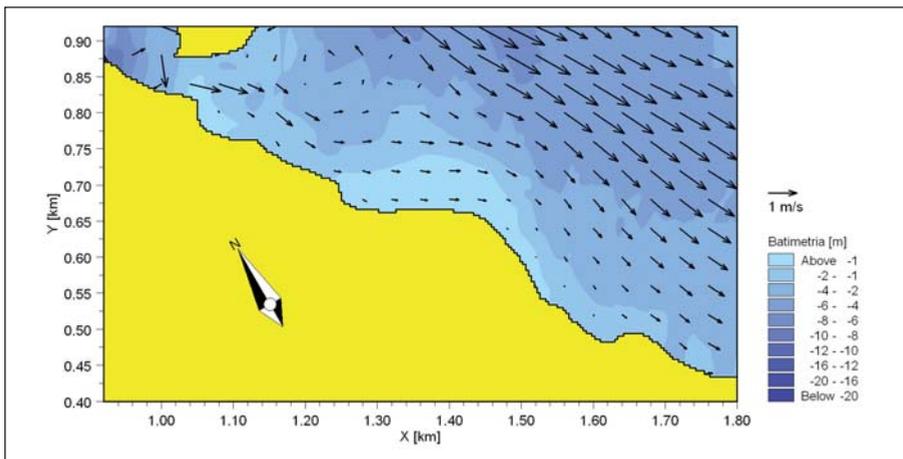


Figura 9.19 - Particolare dei risultati del modulo idrodinamico con RS del modulo ellittico per onda da 300°N.

misure di campo eseguite con il correntometro ed il modello ne permette una taratura in modo da renderlo più affidabile per scopo di previsione.

Il modello potrebbe essere utilizzato per la previsione degli effetti di eventuali opere di intercettazione, totalmente sommerse, ad Est dell'Isola Torre della Pelosa o di previsione delle modifiche indotte al campo di correnti con la realizzazione di un ripascimento artificiale sulla spiaggia.

10. SINTESI DEI RISULTATI

10.1 - Introduzione

Le ricerche condotte sino ad ora hanno consentito di dedurre i fenomeni che hanno prodotto, nel tempo, il peculiare sistema naturale della Pelosa e come esso stia attualmente evolvendosi, quali sono le problematiche e come si potranno gestire, come contenere la perdita di beni e servizi, ovvero come mantenere o migliorare la fruizione del territorio.

I risultati ottenuti dagli studi possono essere integrati in quattro aree d'interesse principali, dando maggiore enfasi a quelli che costituiscono la base conoscitiva per una programmazione e gestione della spiaggia della Pelosa e del litorale nel suo complesso:

Dinamica morfologica e sedimentaria della spiaggia: dove sono illustrate le analisi relative all'evoluzione della linea di riva e alla dinamica dei flussi sedimentari. Quest'ultima è stata dedotta dall'applicazione di modelli matematici partendo dai dati sedimentologici e petrografici scaturiti dall'analisi delle sabbie, campionate in due campagne di indagine comparative.

Sistema dunale: dove sono rappresentati i risultati conseguiti dalle attività di monitoraggio sul sistema dunale, effettuate nel triennio 2006-08. I risultati riguardano l'evoluzione morfologica anche in relazione alle opere di ripristino realizzate, una prima caratterizzazione vegetazionale delle dune e le problematiche relative alla conservazione della biodiversità.

Valutazione della carrying capacity: dove è riportata la stima del carico massimo turistico ammissibile per la spiaggia della Pelosa.

Considerazioni sul futuro della Pelosa: dove si indicano le principali azioni e linee di indirizzo da seguire per il futuro.

10.2 - Dinamica morfologica e sedimentaria della spiaggia

10.2.1 - Analisi delle linee di riva

L'analisi delle linee di riva è stata effettuata utilizzando immagini e rilievi di campo che coprono un intervallo temporale esteso dal 1954 al 2010 (Figura 10.1). Questa ha permesso di comprendere sia che la spiaggia è costituita da un volume di sedimenti piuttosto modesto, sia che essa è soggetta a variazioni importanti della propria superficie emersa anche nel breve tempo (mesi).

Il confronto diacronico delle linee di riva ha permesso di valutare, in prima istanza, come la spiaggia sia soggetta ad un lento processo erosivo: considerando come punto di partenza gli anni '50, la perdita areale media ad oggi è stimata pari a circa 2300 m².

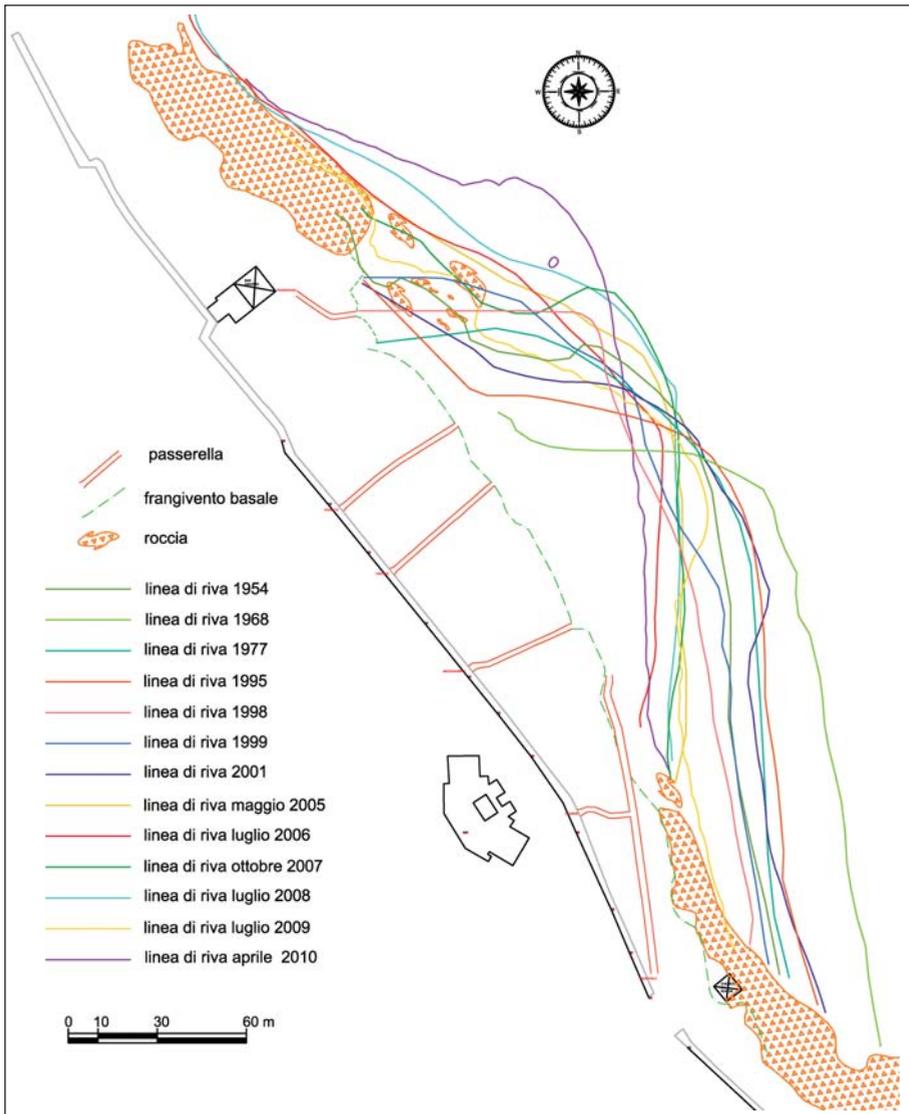


Figura 10.1 - Rappresentazione delle variazioni della linea di riva dal 1954 al 2010.

Sovrapposte al trend erosivo cinquantennale, si sono osservate variazioni più ampie occorse in pochi mesi, dovute a fenomeni meteo marini occasionali. Queste rapide variazioni sono di gran lunga superiori a quelle che caratterizzano il trend generale.

Infatti, com'è possibile osservare dalla restituzione della superficie della spiaggia emersa ottenuta, dal confronto delle linee di riva monitorate sul campo nel periodo Maggio 2005 - Aprile 2010 [Tabella 10.1, Figure 10.2 e 10.3], la variabilità dell'areale nel breve periodo è il doppio del trend cinquantennale.

Questa evidenza costituisce un punto critico per la preservazione della Pelosa: se le oscillazioni di breve periodo dovessero aumentare in intensità, la superficie della

Tabella 10.1 - Variazioni della superficie della spiaggia emersa nel lungo e breve periodo.

	Variazione areale stimata (m ²)	Variabilità areale
Lungo periodo (1954 - oggi)	- 2300	21%
Breve periodo (2005 - 2010)	-	42%

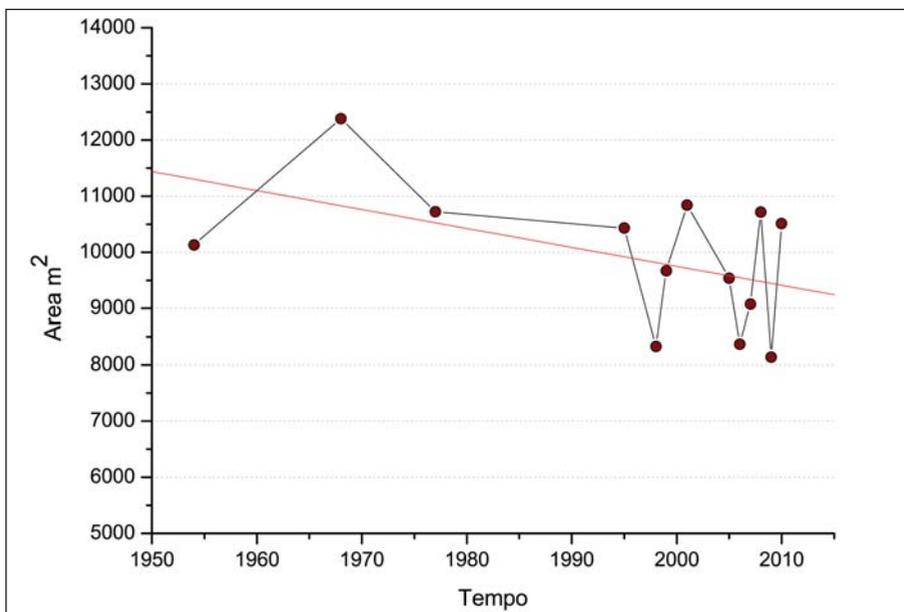


Figura 10.2 - Variazioni della superficie della spiaggia emersa fra il 1954 e il 2010.

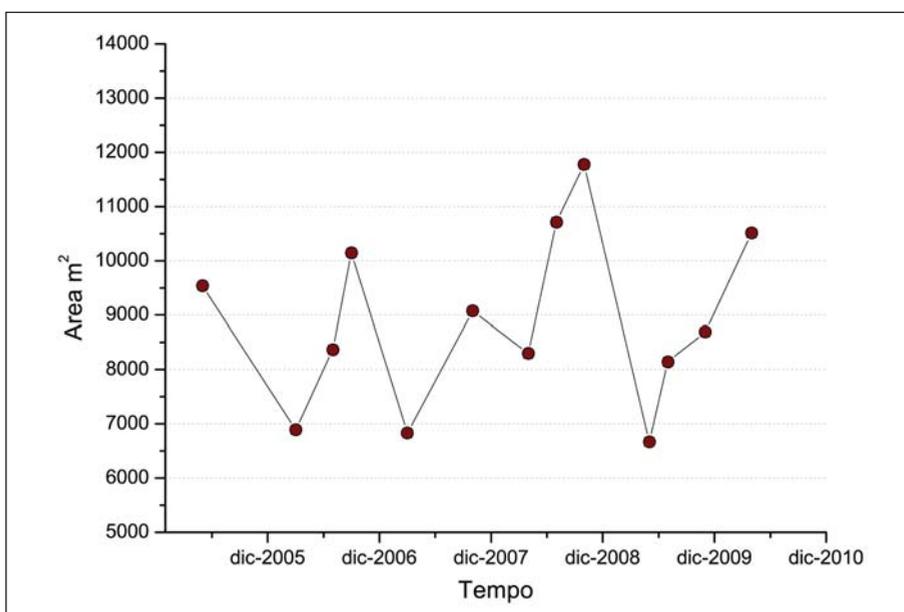


Figura 10.3 - Variazioni della superficie della spiaggia emersa fra Maggio 2005 e Aprile 2010.

spiaggia potrebbe trovarsi in una condizione di estrema instabilità che sarebbe in grado di condurre il sistema ad una improvvisa accelerazione dei fenomeni erosivi (superamento di una soglia critica) con la perdita dell'arenile. Per questo la spiaggia va costantemente monitorata e, al contempo, dovrebbero essere intrapresi studi, anche sperimentali, per il recupero rapido dell'arenile o, comunque, per l'applicazione rapida di opportune strategie d'intervento.

Comunque, attualmente, la tendenza riscontrata coi dati a disposizione è che la spiaggia si attesti a valori areali prossimi ai 9000 m².

10.2.2 - Analisi tessiturale

La caratterizzazione granulometrica dei sedimenti è stata effettuata utilizzando, e comparando, i campioni collezionati nelle due campagne di prelievo realizzate nel Luglio 2006 e nel Giugno 2008.

Dai risultati si evince come i materiali più grossolani affiorino in prossimità dell'Isola Piana, mentre la spiaggia emersa e sommersa della Pelosa è caratterizzata da sedimenti con dimensione media compresa fra 1 e 3 phi, ossia da sabbie medie a sabbie fini. Il contenuto in carbonati bioclastici supera spesso il 40-50% del volume totale della sabbia.

Comparando la dimensione media dei granuli del sedimento con la quota/profondità del loro affioramento si evince come l'energia del moto ondoso agisca in modo costante lungo l'arco della Pelosa, condizionando la composizione della spiaggia emersa e dei fondali immediatamente antistanti; le caratteristiche tessiturali dei sedimenti dei fondali più profondi sono principalmente dovute alle correnti di marea, sia astronomiche che bariche.

Dal punto di vista tessiturale, quindi, i sedimenti che costituiscono la spiaggia della Pelosa sono estremamente omogenei fra loro e ben differenziati da quelli presenti più a largo sulla piattaforma di Sud-Est: questi ultimi non costituiscono la fonte diretta di alimentazione della spiaggia, che andrà invece ricercata nell'alta produttività organogena dei limitrofi posidonieti, come sottolineato anche dell'elevato contenuto di carbonati bioclastici riscontrato.

Nel tempo, con un sistema non più in equilibrio, le perdite di sabbia che avvengono anche attraverso il *canyon*, potrebbero portare ad una variazione mineralogica dei sedimenti presenti, dato che la componente quarzosa sembra più difficilmente sostituibile di quella carbonatica.

10.2.3 - Flussi sedimentari

La presenza nella sabbia di quarzo e di carbonati bioclastici in percentuali prossime e rilevanti rende la ricostruzione dei flussi sedimentari alquanto difficile. Infatti, a parità di peso il volume dei due tipi di clasti è significativamente differente.

Questo vuol dire che la sola caratterizzazione granulometrica non basta a modellare i flussi sedimentari, ma occorre un'analisi più specifica delle componenti che ha richiesto indagini supplementari tuttora in corso.

Tuttavia, sulla base delle caratteristiche sedimentologiche è stato possibile, attraverso l'applicazione di modelli concettuali, ricostruire i caratteri generali dei flussi sedimentari intorno alla spiaggia. Questi mostrano che il movimento dei sedimenti dalla spiaggia sommersa verso riva avviene principalmente in corrispondenza della cuspidi; un flusso significativo di sedimenti si evince in uscita fra la Pelosa e l'Isola della Torre.

I modelli utilizzati evidenziano all'unisono come il flusso di sabbia verso il *canyon* non interessi in modo diretto la cuspidi che si affaccia su di esso, ma riguardi piuttosto i sedimenti che si muovono verso Nord.

Come evinto dall'analisi tessiturale, anche lo studio dei flussi evidenzia come la spiaggia emersa della Pelosa presenti forti scambi con i fondali immediatamente antistanti.

10.2.4 - Analisi dei dati meteo marini

I risultati ottenuti analizzando i dati meteomarini, inclusi quelli correntometrici, collezionati nel 2008 e 2009 mostrano come le correnti siano quasi esclusivamente allineate con l'asse del canale e siano principalmente dirette verso la destra di un osservatore posto sulla spiaggia della Pelosa e con fronte al mare, ovvero verso i quadranti di Sud-Est. I massimi valori di corrente misurati sono pari a circa 0,40 m/s per il 2008 e 0,60 m/s per il 2009, mentre i valori più frequenti sono pari a circa 0,13 m/s per il 2008 e 0,15 m/s per il 2009. Gli andamenti dei massimi valori delle correnti sono coincidenti con gli andamenti dei massimi valori del moto ondoso, ossia si hanno forti correnti durante i periodi di moto ondoso intenso.

Le analisi dei periodi caratterizzati da moto ondoso intenso hanno mostrato sia che le onde provengono sempre da un settore molto ristretto, compreso tra circa 275°N e 320°N, sia che in questi periodi si ha sempre anche un forte vento proveniente da direzioni prossime a quelle di provenienza del moto ondoso e di intensità intorno a 10 m/s con punte fino a 15 m/s. Tali forti venti sono stati misurati sia a Porto Torres che alla spiaggia della Pelosa, ossia spirano almeno su tutto l'arco di costa compreso tra le due località e determinano la formazione di uno sovrizzo del mare a costa sostanzialmente stabile durante tutto il periodo delle mareggiate. Dai dati del mareografo di Porto Torres risultano incrementi del livello del mare costantemente pari a circa 0,2-0,3 m con punte fino a 0,4 m per periodi di tempo fino a 174 ore (durata della mareggiata più lunga misurata; ciò dimostra che tali sovrizzi non sono da attribuire alla marea che, invece, è caratterizzata da un periodo principale di 12 ore). Non si dispone di mareografi ad Ovest della spiaggia della Pelosa e, quindi, non sappiamo se, durante i periodi selezionati, ad un incremento del mare tra Porto Torres e la Pelosa corrisponda anche un incremento per la parte Ovest della Sardegna; è probabile, tuttavia, che si abbiano gli stessi incrementi del livello del mare. Effettivamente le misure di corrente mostrano che durante i periodi di moto ondoso intenso queste sono sempre dirette verso Sud-Est, quindi concorde-mente alla direzione verso cui si propaga il moto ondoso all'interno del canale.

Ulteriori analisi sono state condotte sui dati raccolti durante un periodo di tempo caratterizzato da moto ondoso sostanzialmente nullo e venti di intensità media pari a 2 m/s, con punte massime inferiori a 5 m/s. In queste condizioni non rimane, come unica forzante principale della circolazione marina, altro che la variazione del livello del mare indotta dalla marea. Queste analisi dimostrano una certa correlazione tra le misure di corrente e del livello marino. Entrambe le grandezze hanno un periodo principale di 12 ore, entro il quale il livello del mare oscilla tra valori massimi e minimi, così come la corrente nel canale della Pelosa. Anche la direzione della corrente mostra una variazione con stesso periodo tra i valori di circa 300°N e 150°N a testimonianza che al variare della marea si ha una inversione della direzione del flusso mareale all'interno del canale antistante la spiaggia della Pelosa.

L'intensità della corrente in queste condizioni è quindi determinata dalla marea ed ha un valore medio intorno a 0,12 m/s nel 2008 e 0,15 m/s nel 2009, con punte massime pari a circa 0,15 m/s nel 2008 e 0,20 m/s nel 2009.

In condizioni di moto ondoso assente, quindi, la marea risulta determinante per la formazione di correnti con direzione alternata all'interno del canale antistante la Pelosa. Al contrario, durante i periodi caratterizzati da moto ondoso intenso, la corrente nel canale antistante la Pelosa fluisce costantemente verso Sud-Est e raggiunge punte massime pari a 0,40 nel 2008 (quando si sono avute onde alte fino a 3,6 m) e 0,60 m/s nel 2009 (quando si sono avute onde alte fino a quasi 6 m) ossia pari al doppio e il triplo dei massimi valori indotti dalla sola marea.

Considerando la granulometria ed i pesi specifici dei sedimenti che costituiscono la parte sommersa della Pelosa, che hanno dimensione media compresa fra 1 e 3 phi, ossia sono costituiti da sabbie medie a sabbie fini, i valori delle correnti registrate mostrano come queste, anche in assenza di mareggiate particolarmente intense, siano in grado di dar luogo a fenomeni di trasporto del sedimento.

10.2.5 - Analisi petrografica e verifica della compatibilità cromatica

La caratterizzazione petrografica dei sedimenti è stata effettuata sulle sabbie provenienti dal campionamento sedimentologico del Luglio 2006. In totale sono stati analizzati 40 campioni, scelti secondo una distribuzione geografica omogenea. Le sabbie analizzate sono risultate abbastanza omogenee dal punto di vista mineralogico. È stata invece rilevata una significativa variabilità nei rapporti quantitativi dei costituenti.

Queste sabbie sono formate da una frazione carbonatica, una silicatica con tracce di ossidi ed altri componenti minori (Figura 10.4).

La frazione carbonatica è costituita interamente da bioclasti di vario tipo e dimensione. Sono stati riconosciuti gusci di foraminiferi, spicole di spugne, frammenti di aculei e placche di echinodermi, molluschi, gasteropodi e coralli.

Nella frazione silicatica si riconoscono cristalli di quarzo, biotite, muscovite, clorite, tormalina e, in quantità minore, epidoto, pirosseno, anfibolo. Sono inoltre presenti frammenti litici di micascisti e paragneiss a quarzo, biotite, muscovite e clorite.



10x



20x

Figura 10.4 - Immagini al microscopio dei sedimenti che costituiscono la spiaggia della Pelosa.

Per quanto riguarda i rapporti quantitativi fra i diversi componenti, nella maggior parte dei campioni, oltre l'80% dei granuli sono costituiti da carbonato e quarzo in rapporti variabili.

In tabella 10.2 sono sintetizzate le variabilità percentuali di abbondanza relativa dei campioni prelevati sulla spiaggia.

Tabella 10.2 - Abbondanze relative dei principali costituenti petrografici-mineralogici della spiaggia.

	% Quarzo	% Carbonati
Spiaggia emersa	20 ÷ 35	50 ÷ 70
Spiaggia sommersa	25 ÷ 45	40 ÷ 65

Le analisi colorimetriche hanno portato alla caratterizzazione del sedimento di spiaggia, spiaggia alta e duna della Pelosa. Questo ha permesso la definizione univoca del sedimento che costituisce la spiaggia della Pelosa che, congiuntamente alle analisi granulometriche e petrografiche costituisce quella che può essere definita la carta di identità di questa spiaggia, da considerare adeguatamente nella progettazione di eventuali interventi di ripristino attraverso il ripascimento.

Proprio in tal senso, sono state effettuate delle comparazioni colorimetriche con le sabbie provenienti dall'impianto di trattamento delle sabbie silicee presso Florinas. I risultati mostrano che i materiali disponibili a Florinas, pur avendo una buona compatibilità tessiturale, presentano una colorazione decisamente più chiara.

10.3 - Sistema dunale

Il monitoraggio e le osservazioni di campo iniziali hanno da subito evidenziato un forte stato di sofferenza dell'ecosistema dunale, legato principalmente all'impatto antropico connesso alla realizzazione delle infrastrutture (strada, parcheggi, ecc.) ed al semplice calpestio.

Le opere in seguito realizzate per la protezione del sistema dunale hanno avuto esiti positivi nel ridurre tali impatti, nel permettere l'innescò del processo di recupero del corpo sabbioso dunare (Figura 10.5), nel costituire elemento dissuasivo al calpestio della duna e, quindi, nello svolgere una funzione educativa nei confronti dei bagnanti.

In tal senso, il bilancio del corpo dunale dal Settembre 2006 al Novembre 2008, cioè ad oltre 1 anno dalla realizzazione degli ultimi interventi di protezione realizzati dal Comune, evidenzia un accrescimento complessivo di circa 700 m³ (Tabella 10.3).

In tale lasso di tempo si è formata una duna embrionale in corrispondenza del margine interno della spiaggia e il pre-esistente apparato non ha subito perdita di volumi dello stock sabbioso (Figura 10.6).

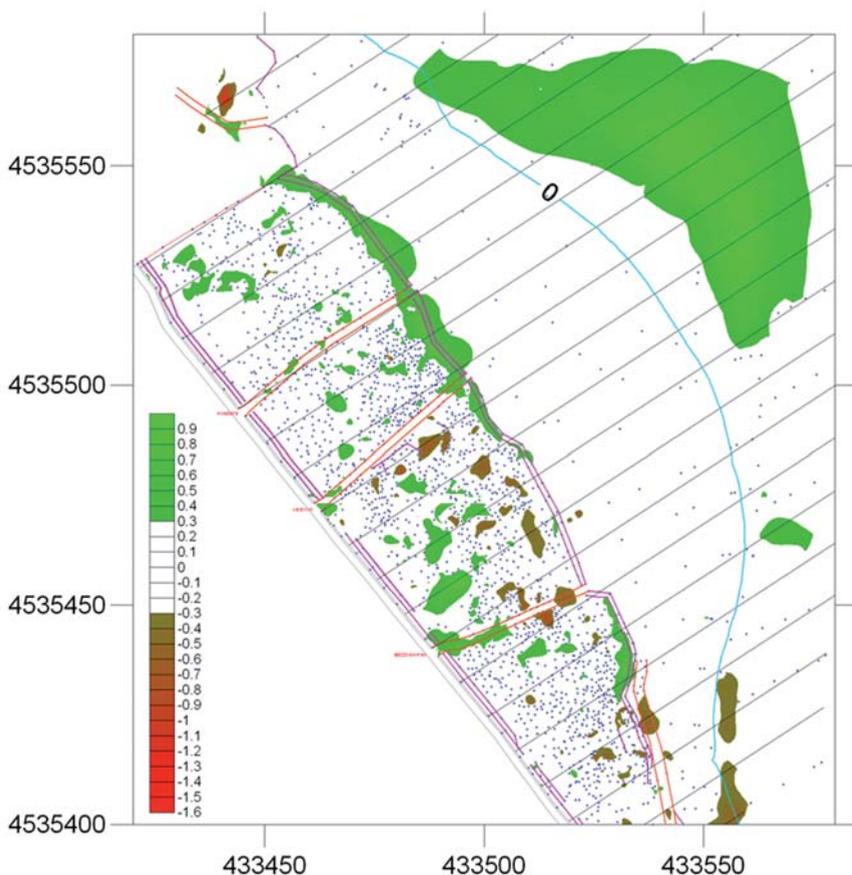


Figura 10.5 - L'immagine mostra i settori del sistema spiaggia-duna che si sono accresciuti [aree in gradazione di verde; scala in centimetri], che sono rimasti stabili [aree in gradazioni di grigio] o che si sono erosi [aree in gradazioni di rosso]. Com'è facilmente osservabile, il sistema, nel periodo Settembre 2006 - Novembre 2008, è stato sostanzialmente stabile o si è accresciuto. Relativamente alle dune, nell'immagine si può notare l'efficacia delle opere realizzate [passerelle in rosso; barriere frangivento in viola] nel mantenere la sabbia nel sistema.

Tabella 10.3 - Stima del bilancio volumetrico della duna desunta dall'attività di monitoraggio topografico.

	Variazioni volumetriche stimate (m^3)	Periodo esaminato
Duna embrionale	+350	(Settembre 06 ÷ Novembre 08)
Duna consolidata	+347	(Settembre 06 ÷ Novembre 08)

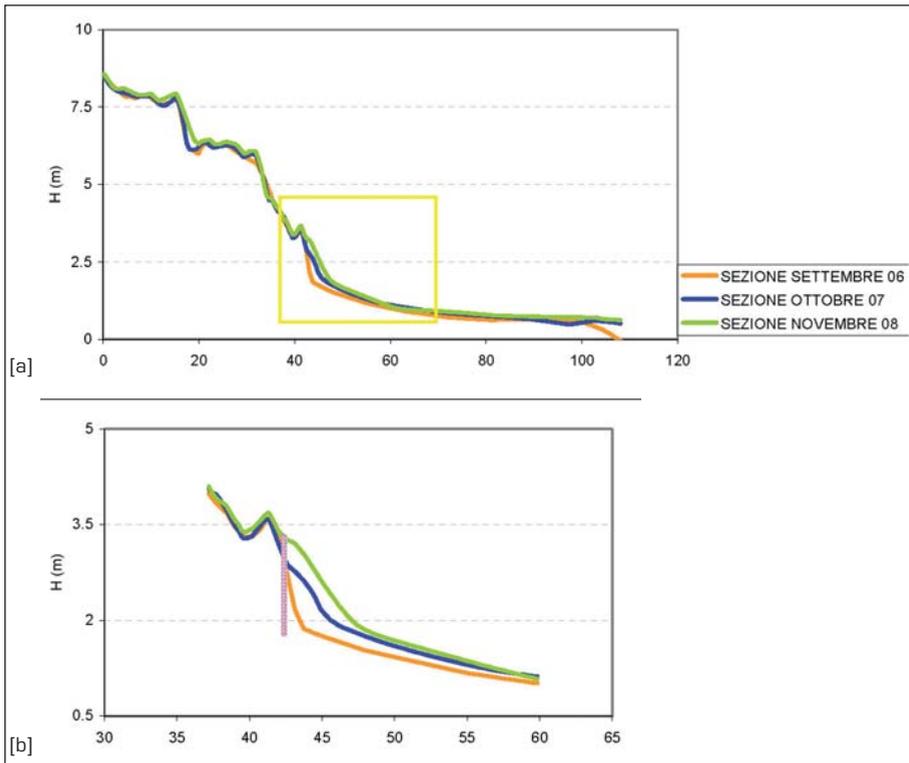


Figura 10.6 - I profili topografici trasversali alla spiaggia [a], effettuati prima e dopo la realizzazione degli interventi di protezione, evidenziano come questi ultimi abbiano contribuito alla stabilizzazione del corpo dunale principale ed alla creazione di una duna embrionale [riquadro giallo in a; b], senza peraltro incidere sullo stock sabbioso della spiaggia.

Questo ha senz'altro contribuito al naturale sostentamento della spiaggia, nei limiti di quanto possibile vista la brevissima durata intercorsa dalla realizzazione delle opere. Inoltre, è stata fortemente ridotta la perdita di sabbia sulla strada; questa sabbia è stata restituita, o meglio contenuta nel sistema dunale ovvero nel sistema spiaggia-duna.

Attenzione è stata posta nel considerare se la formazione della duna embrionale possa aver costituito motivo di sofferenza nel bilancio della spiaggia. Dal confronto dei rilievi sulla spiaggia e sulla duna si evince come la duna embrionale rappresenti il 4% dei sedimenti in gioco sulla spiaggia. Tale dato, importante per valutare integralmente, cioè nella complessità del sistema spiaggia-duna, l'efficacia degli interventi, evidenzia come la presenza delle strutture frangivento e l'accumulo sedimentario in esse contenuto non debba essere considerato una sottrazione alla spiaggia, ma un utile riserva, principalmente trattenuta nel sistema invece che dispersa oltre il limite superiore delle dune, che la spiaggia è in grado di riprendersi in condizioni di forti mareggiate.

Altro importante aspetto per la salvaguardia delle dune è costituito dalla protezione della vegetazione: l'associazione di passerelle ai sistemi recinzione/frangivento sta

ottenendo risultati positivi anche nei confronti del recupero della copertura vegetale delle dune che, naturalmente, permette di contrastare l'erosione della sabbia. In tal senso l'attivazione di una coerente, costante e attenta gestione naturalistica della copertura vegetale, anche in considerazione dei piccoli interventi campione che hanno visto l'impiego di biostuoia in fibra di cocco utilizzata per la sutura e la ricostruzione di punti di scalzamento della vegetazione arbustiva e per la realizzazione di piccoli schermi frangivento, aumenta le possibilità di recupero e conservazione delle dune.

Le considerazioni sin qui scaturite evidenziano la necessità di non venir meno alle attività, sia di monitoraggio topografico del sistema, sia di intervento, per quanto limitato, di minuta manutenzione e controllo delle opere realizzate per ottimizzare il rendimento degli schermi frangivento e, quindi, mantenere lo stato di funzionalità delle opere di ripristino.

Un aspetto non trattato negli studi riguarda l'asportazione accidentale di sabbia da parte dei bagnanti con asciugamani, borse, scarpe e sul proprio corpo.

Seppure non siano state compiute misurazioni in merito, in altre spiagge italiane frequentazioni annuali di 300.000 bagnanti (quindi superiori a quelle della Pelosa) hanno permesso di valutare in circa 7-10 m³/anno i volumi di sabbia asportati. Tali valori permettono di non considerare tale evidenza un'elevata criticità ma suggeriscono, tuttavia, di programmare nel tempo degli interventi tesi a limitare tale, seppur minimo, depauperamento del bene sabbia.

10.3.1 - Analisi dello stato vegetazionale

La peculiarità dei sistemi dunali costieri si esprime anche attraverso la vegetazione che li abita. Le dune rappresentano, in tal senso, un ambiente unico ed estremo dove le specie vegetali si sono adattate a vivere in condizioni di aridità e scarso apporto di nutrienti. È proprio la copertura vegetale, però, a costituire uno degli elementi essenziali per la protezione delle dune dall'erosione. Considerando l'intrinseco valore della vegetazione dunale, sia dal punto di vista ecologico che come elemento di contrasto all'asportazione di sabbia, sono state realizzate delle ricerche per caratterizzare la composizione vegetazionale delle dune.

Per far ciò è stata realizzata una carta della vegetazione che ha combinato osservazioni di campo, effettuate lungo dei transetti, con rilievi fitosociologici, che si sono potuti applicare grazie all'omogeneità delle superfici rilevate su aree scelte casualmente, in modo tale da annullare la componente di soggettività.

È stata così constatata la prevalenza di forme biologiche terofite e di specie stenomediterranee, che corrispondono a quelle proprie della maggior parte delle coste del Mediterraneo e della Sardegna in particolare (Figura 10.7).

Nell'insieme risulta che la naturalità del sito è estremamente limitata a seguito delle modificazioni antropiche avvenute nel corso degli anni. Si è anche constatato che nei settori dove il grado di naturalità è più elevato, le specie e/o le fitocenosi risultano alternarsi e compenetrarsi l'una con l'altra in modo naturale.

Il rilievo vegetazionale ha anche evidenziato come, in virtù delle opere realizzate per la gestione degli accessi alla spiaggia, si stia avviando un potenziale recupero da parte della vegetazione a ginepro, con un incremento generale della superficie di copertura.

La destrutturazione del microgeosigmeto psammofilo della spiaggia è da attribuirsi alla massiccia presenza dell'uomo fra le dune avvenuta nel passato, come testi-

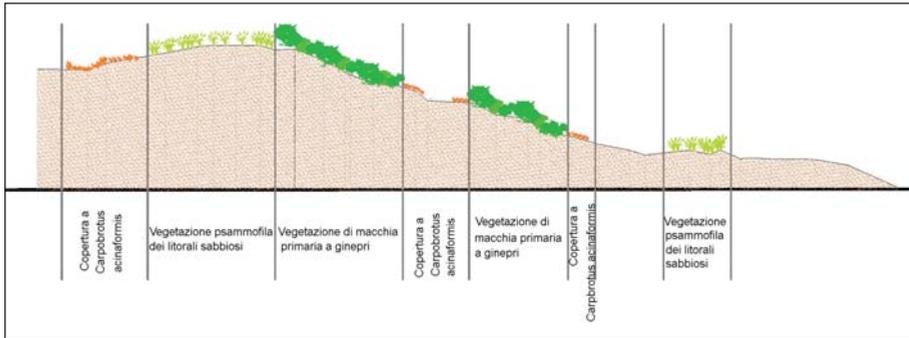


Figura 10.7 - L'immagine rappresenta le diverse tipologie di coperture vegetali lungo un transecto ideale del sistema dunale della Pelosa.

monia l'assenza totale delle comunità psammofile camefitiche ascrivibili all'alleanza *Crucianellion maritimae*, incluse, fra l'altro, nella Direttiva Habitat 43/92/CEE. Allo stesso modo va evidenziata la limitata presenza della vegetazione perenne edificatrice e stabilizzatrice delle dune embrionali, riferita, per la Sardegna, all'associazione *Sileno corsicae-Elytrigetum juncea*.

La presenza/assenza, l'integrità/destrutturazione di serie e microgeoserie di vegetazione deve continuare ad orientare le strategie gestionali del sito, specialmente per ciò che concerne l'impatto rappresentato dall'accesso dei bagnati, dalla diffusione di specie esotiche invasive e secondariamente, per quanto definibile, dalla presenza delle strutture di urbanizzazione sulla cresta del cordone dunare.

Molta attenzione dovrà essere prestata riguardo alla gestione di entità non indigene e/o alla loro introduzione e diffusione accidentale, tra le quali va ricordata la specie sudafricana *Carpobrotus acinaciformis* e dalla presenza limitrofa sulla costa della specie sudamericana *Cortaderia selloana*, per cui si rende necessario elaborare strategie di contenimento o eradicazione come quelle sperimentate e di seguito esposte.

10.3.2 - Tutela della biodiversità vegetale.

I rilievi effettuati hanno evidenziato come si possa produrre beneficio all'ecosistema dunale attraverso la protezione della vegetazione autoctona, anche attraverso il controllo/eradicazione delle specie vegetali aliene (*Carpobrotus* sp.) e la tutela di tutte le specie vegetali autoctone (anche quelle "spinose" sgradite ai turisti come *Smilax* sp. e *Scolymus* sp.).

La sperimentazione di eradicazione controllata del *Carpobrotus* sp. è stata realizzata in piccoli settori della duna, ma potrebbe trovare logico sviluppo nella realizzazione di un progetto di eradicazione controllata della specie invasiva.

Nelle condizioni della Pelosa la tecnica della rimozione manuale è certamente la più perseguibile. Tale azione dovrà essere condotta da personale addestrato, al fine di rendere efficace l'azione cioè la corretta asportazione delle parti vitali della pianta, e limitare il danneggiamento della vegetazione autoctona che, per alcune specie, si presenta particolarmente vulnerabile. Un'azione corretta deve, inoltre, essere tesa a limitare l'asportazione accidentale di sabbia.

La superficie su cui applicare l'azione di eradicazione è stata stimata in circa 1500 m². Sulla base dell'esperienza condotta sulle aree campione, può essere stimato lo sforzo di lavoro [ore/uomo] così come l'entità della biomassa da rimuovere: a fronte di una biomassa dell'ordine dei 10±2 kg/m², la quantità totale da asportare sarà di circa 12÷18 tonnellate, per un volume di materiale [calcolato sulla base della sperimentazione effettuata] dell'ordine dei 35÷50 m³. Per realizzare ciò si possono considerare necessarie circa 400÷500 ore uomo (50 ÷ 60 giorni/uomo).

Tale azione potrà essere sviluppata secondo un piano di eradicazione graduale per evitare il completo denudamento della superficie sabbiosa della duna e, conseguentemente, l'erosione della stessa.

L'intervento dovrebbe essere esteso anche oltre il limite del corpo dunale e, in particolare, dovrebbe riguardare anche i giardini adiacenti all'area di intervento per contrastare una facile ricolonizzazione. A tal fine sarà necessario programmare una verifica periodica degli esiti dell'azione, integrata da interventi tempestivi per eliminare le probabili ricomparsa della specie. La cadenza del monitoraggio potrà essere da annuale a bi-annuale.

10.4 - Valutazione della carrying capacity

Il valore di *carrying capacity* viene espresso come numero massimo di bagnanti ammissibili in una spiaggia e dipende direttamente dall'estensione planimetrica della stessa.

Per determinare tale valore, sono state realizzate delle analisi di base sugli aspetti fisici, ecologici e sociali che caratterizzano il tratto di costa in esame (Figura 10.8). I risultati, sintetizzati in tabelle tematiche ed opportunamente trattati, hanno permesso una valutazione scientifica della *carrying capacity* della Pelosa.

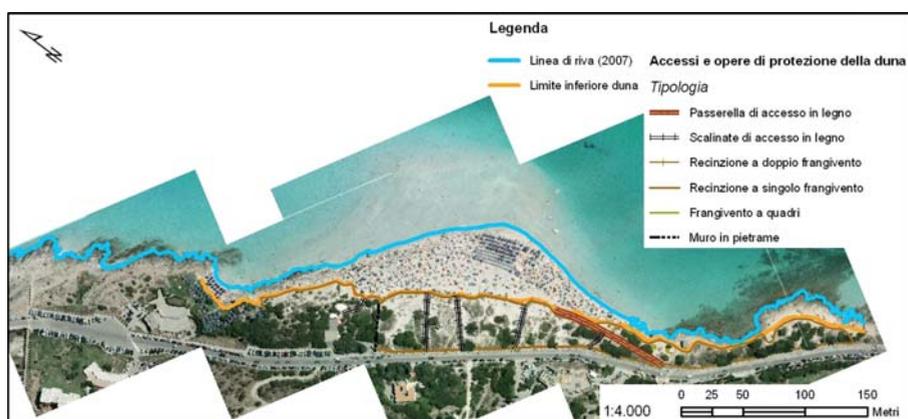


Figura 10.8 - L'analisi dell'immagine dell'agosto del 2007 permette di delineare alcuni degli elementi base considerati nella valutazione della *carrying capacity*, quali l'estensione della spiaggia, il limite inferiore delle dune, la differenziazione in termini di fruizione dei diversi settori che la compongono e le stesse presenze al momento dello scatto.

Dagli studi è risultato che, considerando come riferimento temporale lo stato della spiaggia il 17 Agosto 2007, la superficie potenzialmente utile alla frequentazione era pari a 8980 m².

Nel processo integrato di valutazione della *carrying capacity* per ottenere un'informazione utile ad indicare le modalità di frequentazione della spiaggia e la percezione dello stato di affollamento della stessa nei vari periodi della stagione estiva, è stato utilizzato un questionario-intervista. Questo ha fornito interessanti considerazioni sulle preferenze e sulle modalità di frequentazione.

In sintesi, dalle risposte analizzate si deduce una percezione ed una consapevolezza fortemente negative in merito all'affollamento; questa condizione si riflette in un degrado della qualità sociale e relazionale della frequentazione della spiaggia e, quindi, della possibilità di poter fruire, a livello adeguato, della qualità marino-balneare del sito e del paesaggio costiero, definendo una dimensione psicologica negativa in chi vorrebbe usufruire di momenti ricreazionali e rigenerativi di qualità. Dall'applicazione del metodo analitico è risultato un coefficiente di carico accettabile di 0,15 bagnanti/m² di spiaggia.

Il carico effettivo, rilevato dall'analisi fotointerpretativa dell'immagine aerea risalente al 17 Agosto 2007, è risultato di circa 1760 persone; per lo stesso giorno, l'applicazione del coefficiente di carico stima una capacità ottimale in circa 1350 unità.

Valutazioni comparative permettono di definire come questo numero possa essere considerato attendibile per una stima del carico antropico effettivo a cui è sottoposta la spiaggia della Pelosa in questi anni.

Se ne deduce che il carico effettivo sulla spiaggia, in una giornata di forte affollamento, supera di circa 400 unità quello massimo ammissibile.

Tuttavia, poiché la Pelosa è un sistema ad elevata dinamicità, dove anche piccole variazioni quotidiane della superficie della spiaggia (connesse alle variazioni di marea, di pressione atmosferica ed al moto ondoso) possono determinare condizioni di forte sovraffollamento, il carico idoneo dovrebbe aggirarsi attorno alle 1250 ÷ 1300 unità.

Questa rappresenta la condizione ottimale per una frequentazione piacevole e riservata della Pelosa, dove le bellezze paesaggistiche meritano la giusta ed i frequentatori maggiori possibilità di poterne fruire da un punto di vista psicologico, con una comoda, se non esclusiva, sistemazione.

10.5 - Considerazioni sul futuro della Pelosa

Com'è stato possibile apprendere dalla sintesi dei risultati, il sistema costiero della spiaggia della Pelosa, seppure limitato nello spazio, è alquanto complesso. Le dinamiche di questa spiaggia derivano dall'interazione fra il moto ondoso e le correnti che insistono in un ambito morfologico peculiare, i mutevoli venti dominanti, le caratteristiche mineralogiche dei clasti che la compongono, la complessa interpretazione dei modelli di trasporto solido, l'intensa ed incessante attività turistica, l'espansione nel tempo delle infrastrutture.

Allo stato attuale, grazie anche agli interventi realizzati dal Comune sulla base delle informazioni scientifiche fornite dalle varie Istituzioni che hanno partecipato agli studi, l'erosione della duna sembra essersi arrestata ed i tassi di arretramento

della spiaggia appaiono in forte decelerazione. L'aggiornamento, la sistemazione e la manutenzione di quanto messo in essere non potrà che migliorare la situazione, come le attività future di monitoraggio (da realizzarsi anche mediante tecniche innovative, come il video-monitoraggio) dovranno attentamente valutare.

Tuttavia il sistema è così fragile e limitato nello spazio che, in caso di una rapida diminuzione dell'arenile al di sotto di una soglia critica, eventi meteorologici di eccezionale intensità potrebbero comprometterne la stabilità e l'esistenza stessa nel giro di poche ore.

Questa prospettiva, che può nel futuro concretamente avverarsi, suggerisce alle Istituzioni coinvolte di prendere in forte considerazione l'immediata attivazione delle opportune iniziative procedurali per realizzare opere, anche sperimentali e qualora si rendessero necessarie, di sistemazione della spiaggia emersa e sommersa.

Prove sperimentali quali quelle di diminuzione delle sezioni di passaggio del *canyon* antistante la spiaggia e del passaggio fra la costa e l'Isola della Torre, bypass sedimentari per lo spostamento di sabbia fondale-fondale per il mantenimento del profilo sommerso, attività di ripristino della linea di riva (piccoli ripascimenti sulle ali della spiaggia, piano di intervento per un ripascimento ricostituivo in caso che la spiaggia diminuisca oltre una superficie critica) sono gli argomenti da affrontare, a valle di opportuni studi, in tavoli tecnici e da sottoporre ad una Conferenza dei Servizi.

In termini di gestione del territorio, il ripristino di un assetto quanto più prossimo a quello originario della costa della Pelosa, anche prevedendo l'eliminazione di tutte quelle barriere artificiali che sclerotizzano il sistema dunale, come la strada ed i muri di recinzione, non può che favorire il recupero, naturale, del sistema dunale e della spiaggia. Ancora, misure mirate al contenimento degli accessi, da realizzarsi sia attraverso l'adozione di un numero programmato di bagnanti commisurato all'effettiva capacità di carico sostenibile, sia supportando il richiamo turistico verso altre spiagge o altre tipologie di costa fruibile appaiono auspicabili. In questo senso il territorio stinese offre molteplici opportunità: sono quasi 9 chilometri i tratti di costa bassa e/o sabbiosa.

Tutte le azioni di intervento e di gestione integrata della fascia costiera andranno valutate nella loro compatibilità ambientale e paesaggistica e dovranno essere comunque tese a mantenere elevata la qualità dell'ambiente e del paesaggio unitamente alla godibilità turistica.

ALLEGATO 1. ANALISI GRANULOMETRICA DELLA PORZIONE EMERSA DELLA SPIAGGIA COMPRESA FRA FIUME SANTO E TORRE DELLE SALINE

Le analisi granulometriche effettuate hanno avuto lo scopo di caratterizzare le spiagge presenti nel comune di Stintino e, quindi, di avere un quadro sedimentologico completo della costa della Nurra settentrionale. In ogni punto di campionamento sono stati prelevati tre campioni in corrispondenza della battigia, della berma ordinaria e della berma di tempesta. In totale sono stati considerati 15 punti di campionamento equidistanti circa 500 m l'uno dall'altro.

Le analisi sono state effettuate su campioni opportunamente quartati, su un aliquota del peso di 500 grammi e setacciati con apparecchiatura meccanica.

Sulla base delle percentuali relative a ciascuna classe granulometrica, sono stati tracciati gli istogrammi di frequenza (Figure A1.1 ÷ A1.17). In ascissa sono ripor-

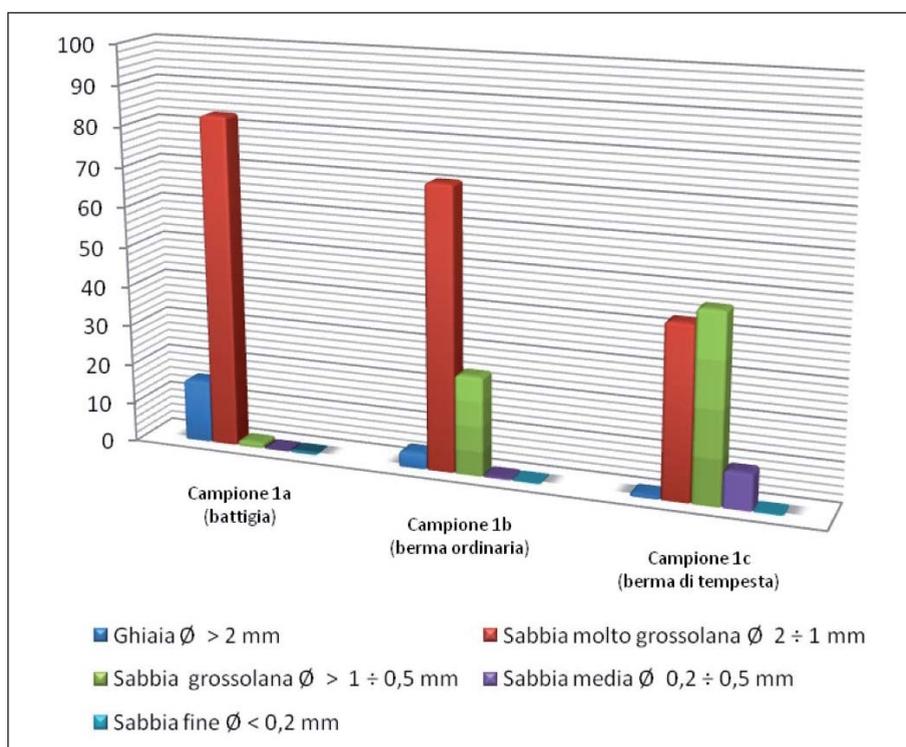


Figura A1.1 - Istogrammi di frequenza per i tre campioni (1a, 1b e 1c) di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Fiume Santo.

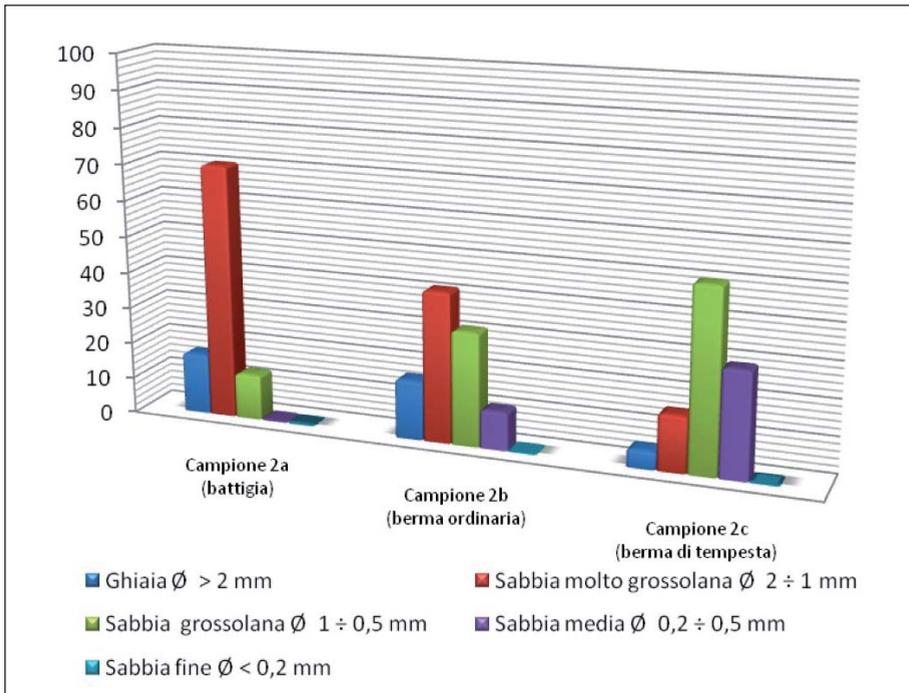


Figura A1.2 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni (2a, 2b e 2c) di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Fiume Santo.

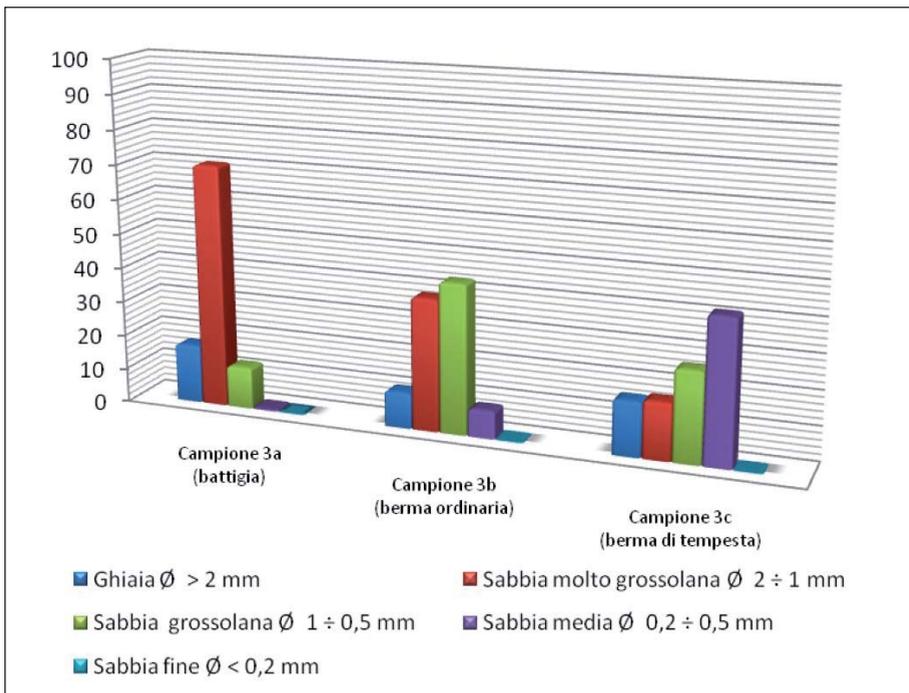


Figura A1.3 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni (3a, 3b, 3c) di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Fiume Santo.

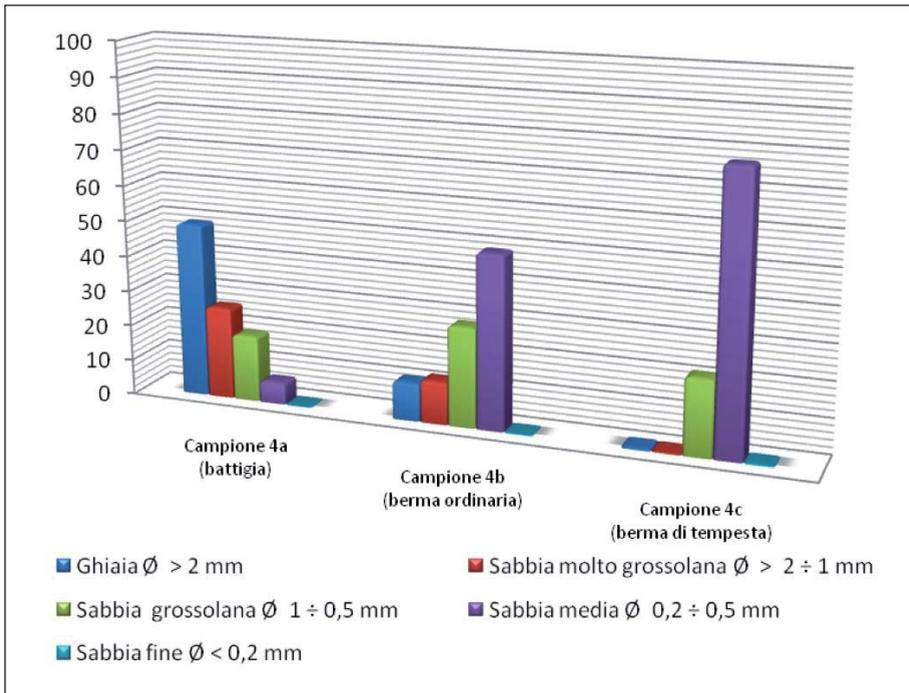


Figura A1.4 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni (4a, 4b e 4c) di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in Località Fiume Santo.

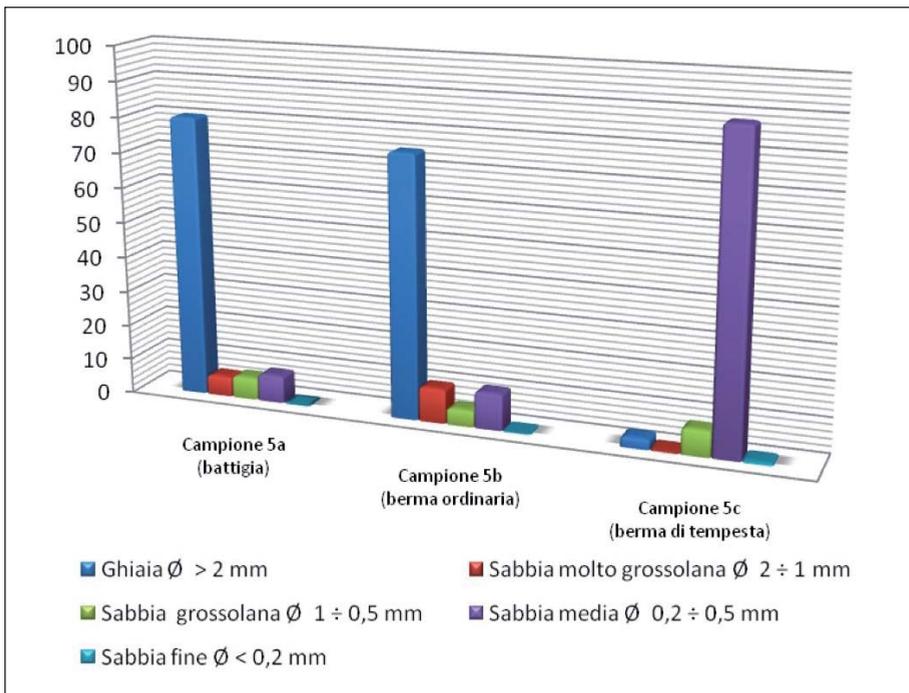


Figura A1.5 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni (5a, 5b, 5c) di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in Località Ezzi Mannu.



Figura A1.6 - Localizzazione dei campioni 1-2-3-4-5 prelevati dal litorale in località Fiume Santo - Ezi Mannu, Stintino. Nelle basi cartografiche I.G.M in scala 1/25000 [Foglio. n° 440 sez. II, Pozzo San Nicola].

tati i tre campioni prelevati nello stesso punto secondo l'asse: battigia, berma ordinaria e berma di tempesta; in ordinata è riportata la frequenza percentuale in base alla classe granulometrica.

Dall'analisi e dai diagrammi dei primi 5 prelievi (Figure A1.1 ÷ A1.5) si può notare come, lungo il litorale, la distribuzione granulometrica vari sensibilmente ed in modo simmetrico, spostandosi sia in direzione Sud-Est - Nord-Ovest che lungo l'asse battigia-berma ordinaria - berma di tempesta. Nei primi 3 diagrammi si osserva una prevalenza della frazione grossolana e di quella molto grossolana, quest'ultima con andamento decrescente lungo la direzione battigia - berma di tempesta, costituendo insieme la maggiore percentuale nel

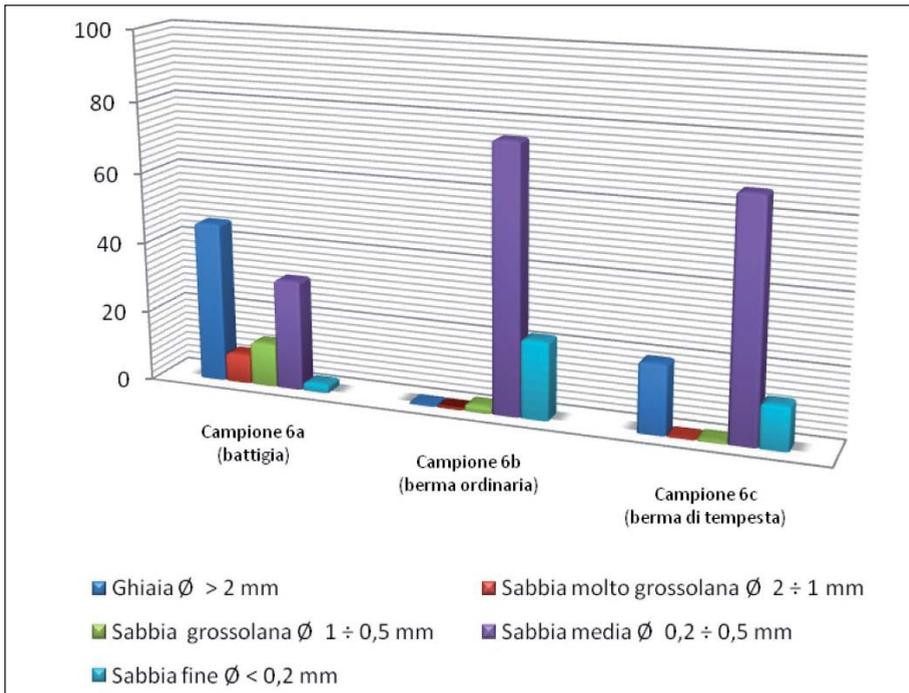


Figura A1.8 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni (6a, 6b e 6c) di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Ezzi Mannu.

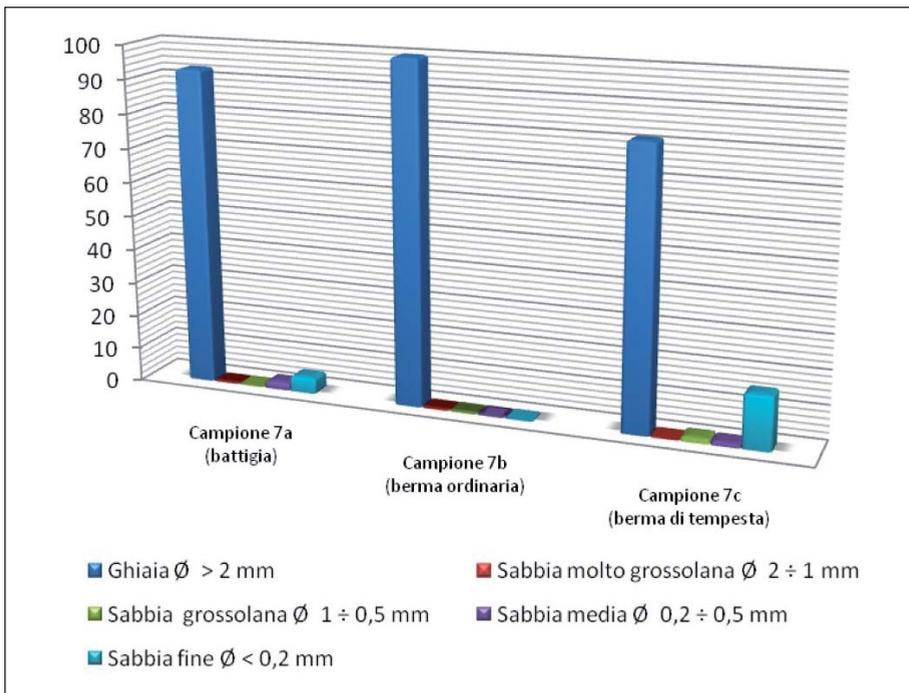


Figura A1.9 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni (7a, 7b e 7c) di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Punta d'Elice.

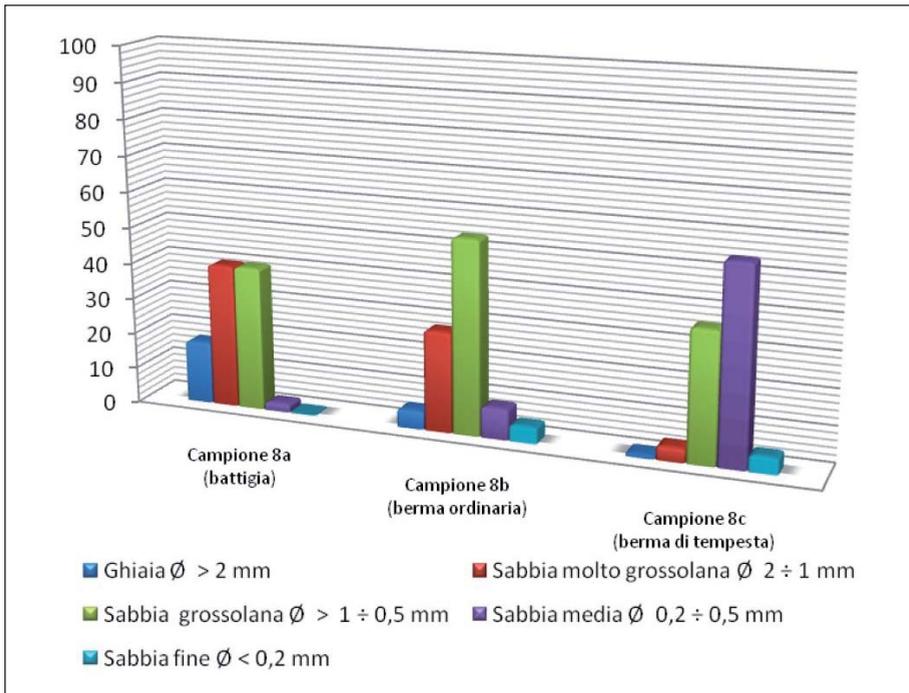


Figura A1.10 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni [8a, 8b e 8c] di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Punta d'Elice.

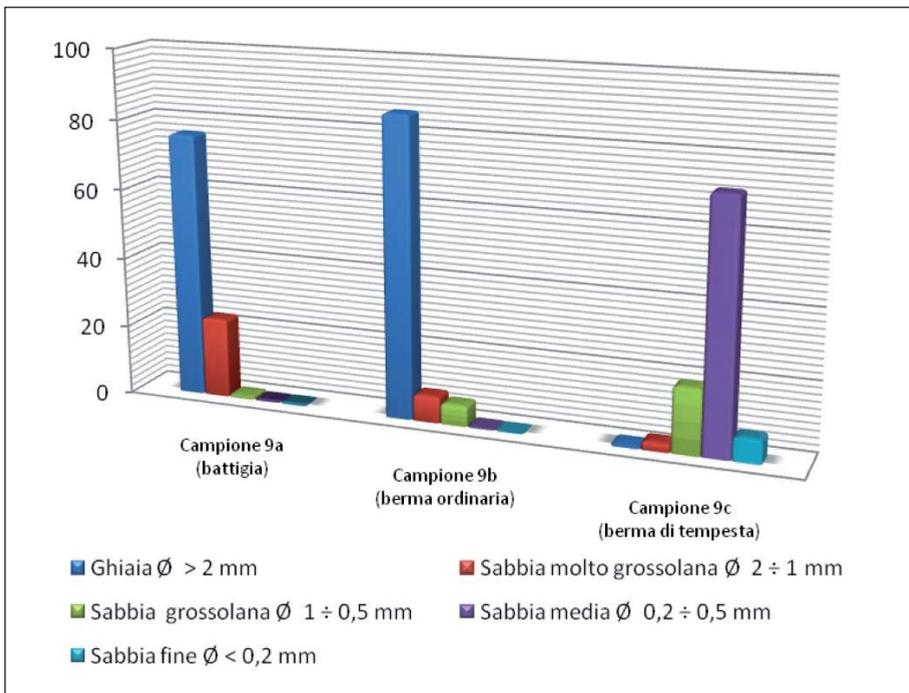


Figura A1.11 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni [9a, 9b e 9c] di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Punta d'Elice.

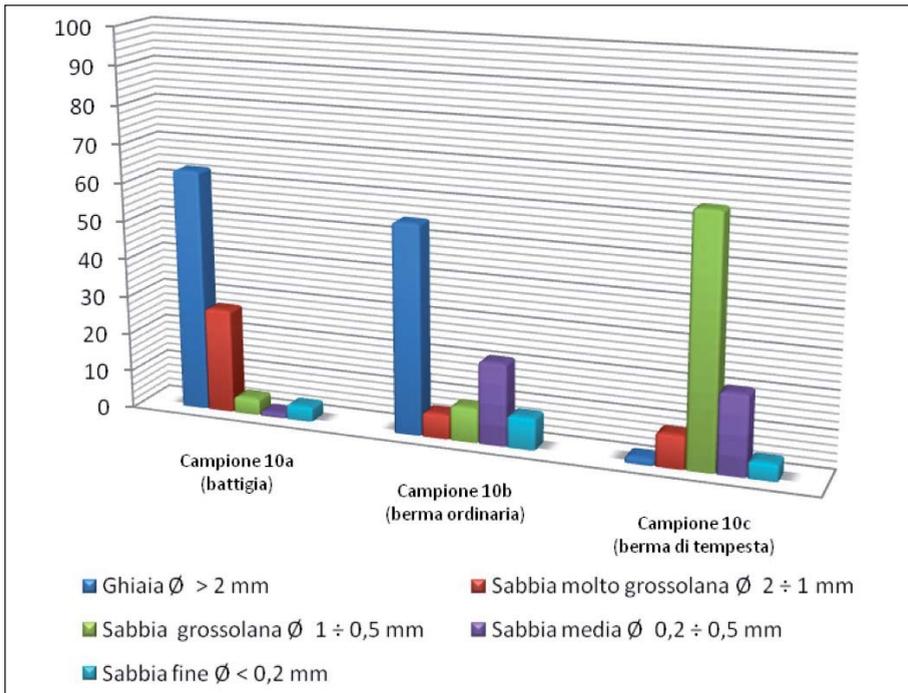


Figura A1.12 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni [10a, 10b e 10c] di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Pazzona.

Dall'istogramma di Figura A1.9 appare evidente come nel punto di prelievo 7 la ghiaia sia nettamente prevalente rispetto alle altre componenti.

Nelle Figure A1.11 e A1.12 gli istogrammi indicano una variazione di frequenza granulometrica in località Punta d'Elice, dove la frazione ghiaiosa diventa la componente che prevale rispetto alle altre, soprattutto nella battigia e nella berma ordinaria, mentre nella berma di tempesta in Figura A1.11 prevale la frazione di sabbia media e in Figura A1.12 prevale la frazione di sabbia grossolana (punti 9 e 10 della Figura A1.7). Nell'istogramma di Figura A1.10, invece, la distribuzione appare più omogenea, con una leggera prevalenza della frazione di sabbia grossolana.

Negli istogrammi delle Figure A1.13 ÷ A1.17 la maggiore componente risulta essere quella ghiaiosa, ma si nota un incremento significativo della frazione fine, attribuibile, in tale tratto di spiaggia, alla presenza dello Stagno delle Saline.

Nel diagramma di Figura A1.17 si osserva una distribuzione omogenea delle frazioni, probabilmente per il fatto che il punto di prelievo è situato tra lo Stagno delle Saline e la foce dello Stagno di Casaraccio (Figura A1.18).

I dati ottenuti dall'indagine granulometrica sono stati rappresentati graficamente mediante curve granulometriche: sull'asse delle ascisse sono riportati i campioni prelevati ad una distanza di 500 m uno dall'altro e sull'asse delle ordinate sono riportati i percentili (Figure A1.19 ÷ A1.33).

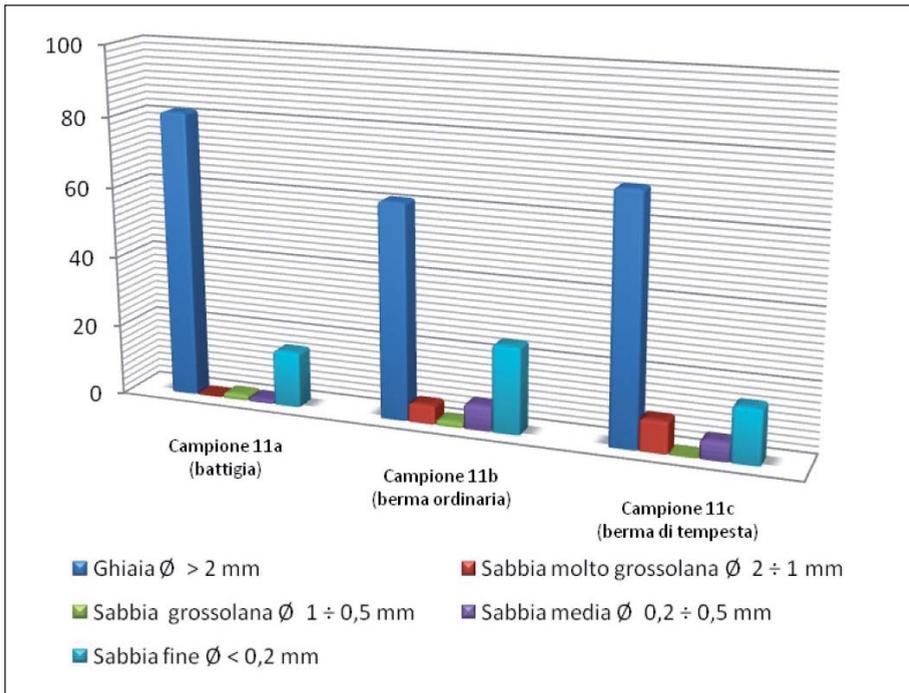


Figura A1.13 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni [11a, 11b e 11c] di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Pazzona.

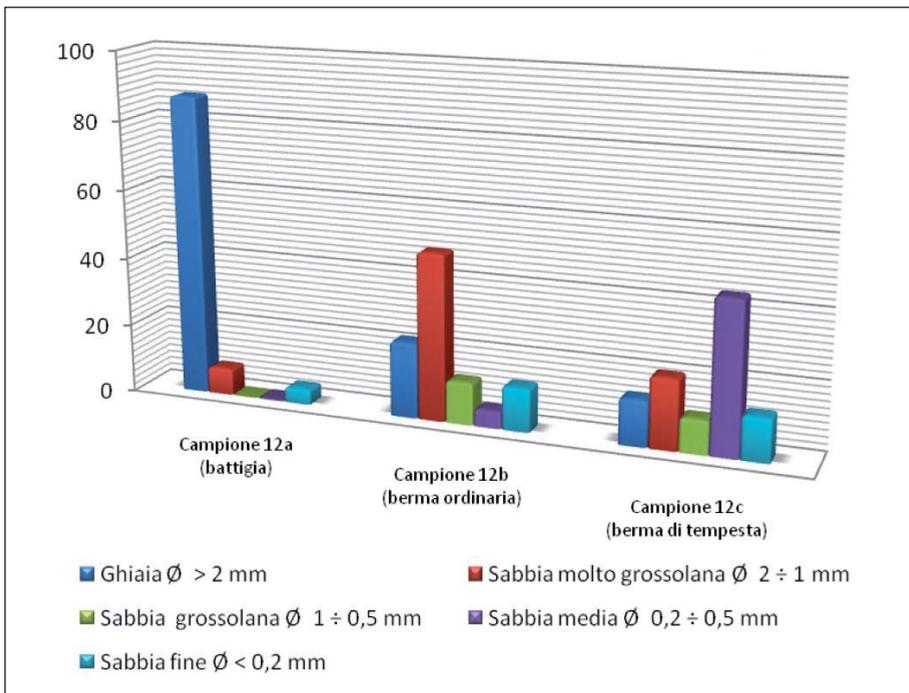


Figura A1.14 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni [12a, 12b e 12c] di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Pazzona.

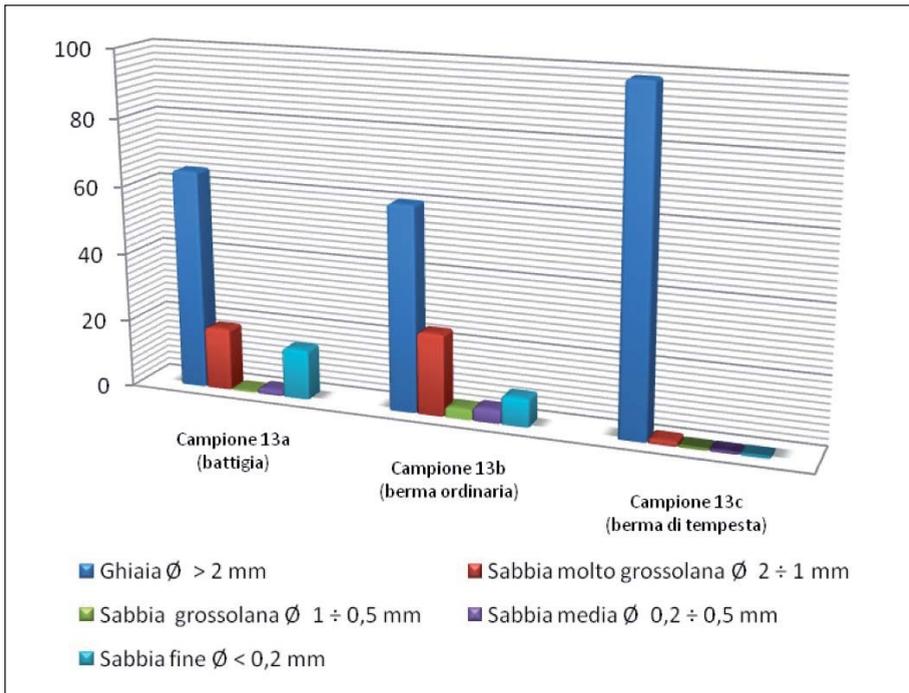


Figura A1.15 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni [13a, 13b e 13c] di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Le Saline.

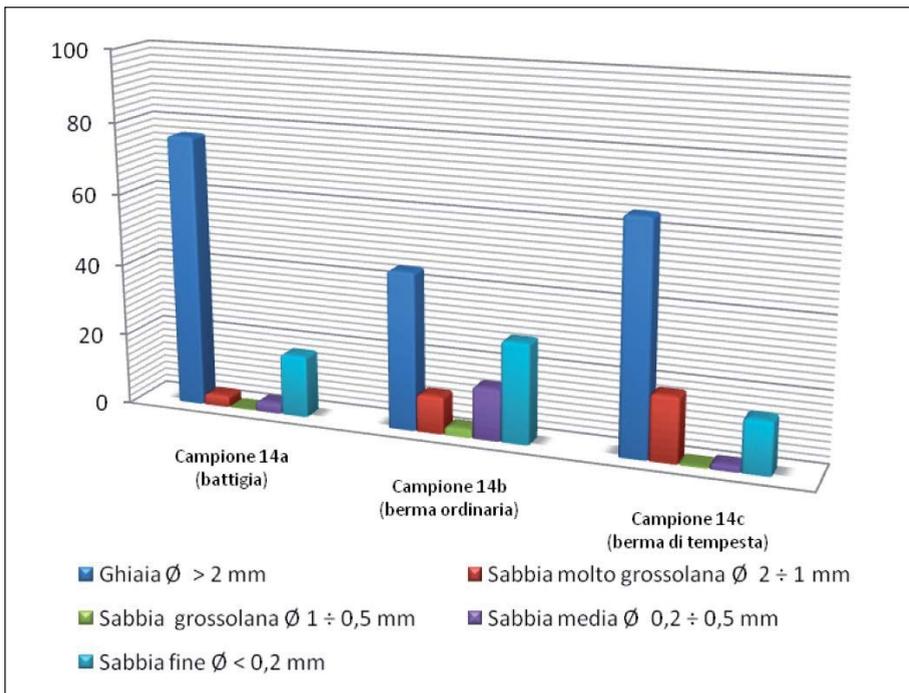


Figura A1.16 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni [14a, 14b e 14c] di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Le Saline.

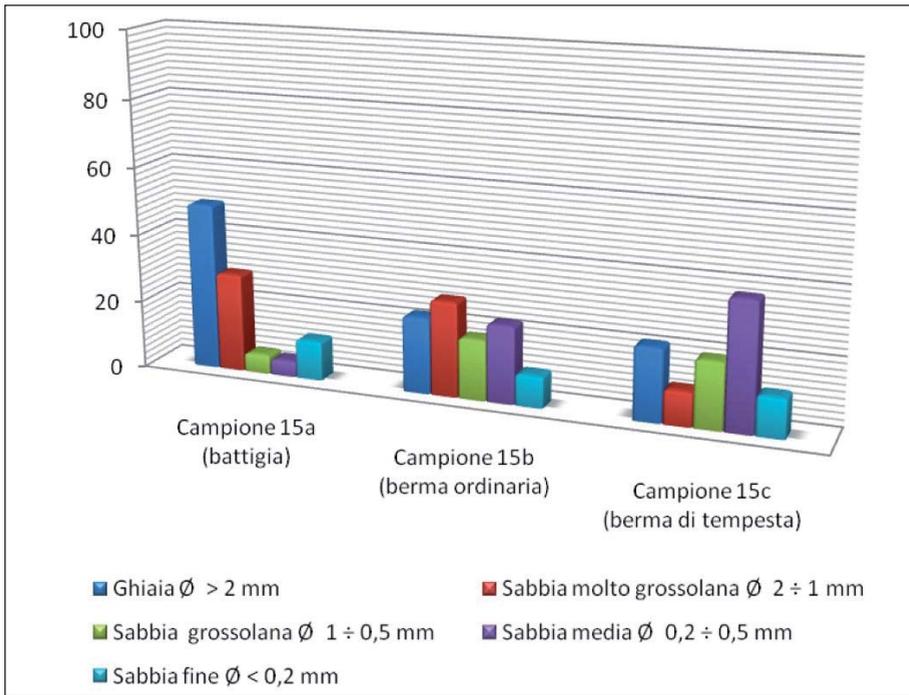


Figura A1.17 - Istogrammi di frequenza che raggruppano i tre campioni [15a, 15b e 15c] di sabbia e ghiaia prelevati dal litorale in località Le Saline.

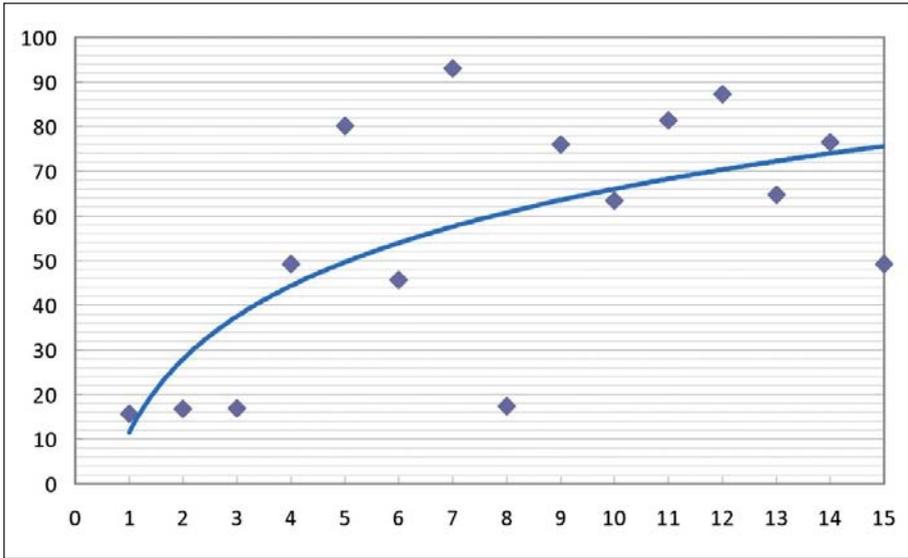


Figura A1.19 - Curva di frequenza granulometrica della frazione ghiaiosa ($\varnothing > 2\text{mm}$) lungo la battigia. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

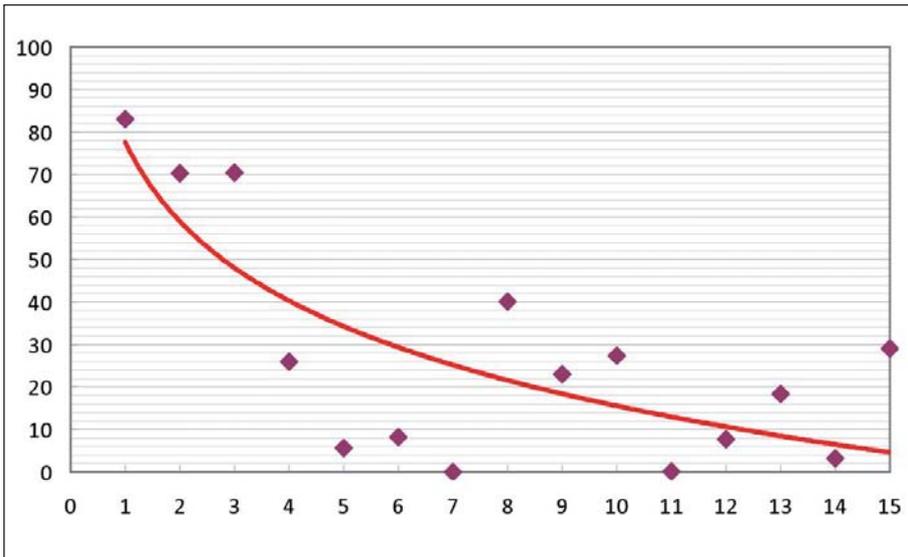


Figura A1.20 - Curva di frequenza granulometrica della frazione di sabbia molto grossolana ($\varnothing 2 \div 1\text{ mm}$) lungo la battigia. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

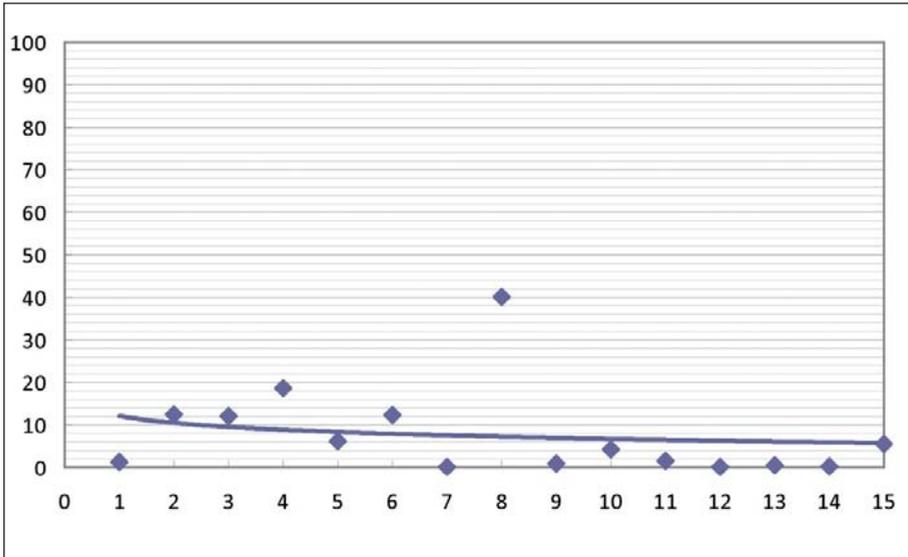


Figura A1.21 - Curva di frequenza granulometrica della frazione di sabbia grossolana (\varnothing 1-0,5) lungo la battigia. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

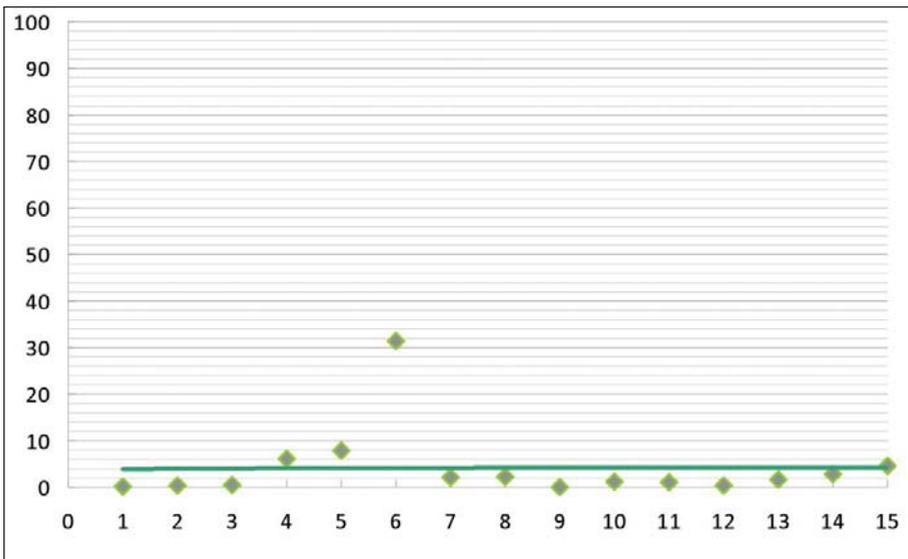


Figura A1.22 - Curva di frequenza granulometrica della frazione di sabbia media (\varnothing 0,5-0,2 mm) lungo la battigia. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

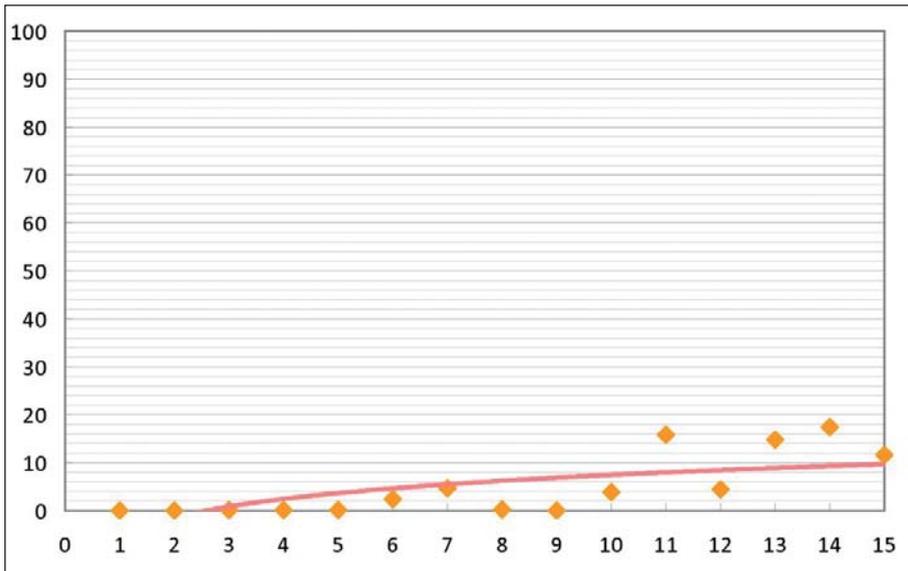


Figura A1.23 - Curva di frequenza granulometrica della frazione di sabbia fine ($\varnothing < 0,2 \text{ mm}$) lungo la battigia. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

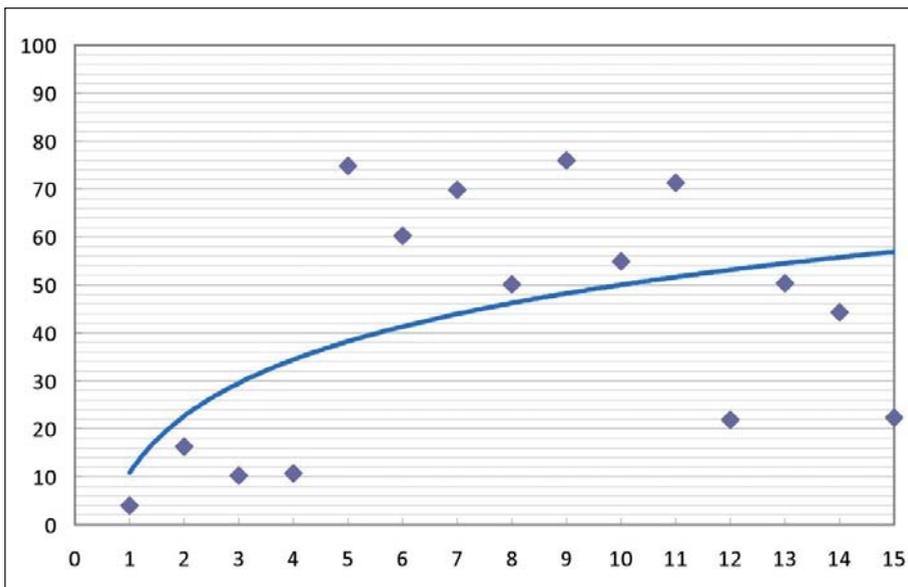


Figura A1.24 - Curva di frequenza granulometrica della frazione ghiaiosa ($\varnothing > 2 \text{ mm}$) lungo la berma ordinaria. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

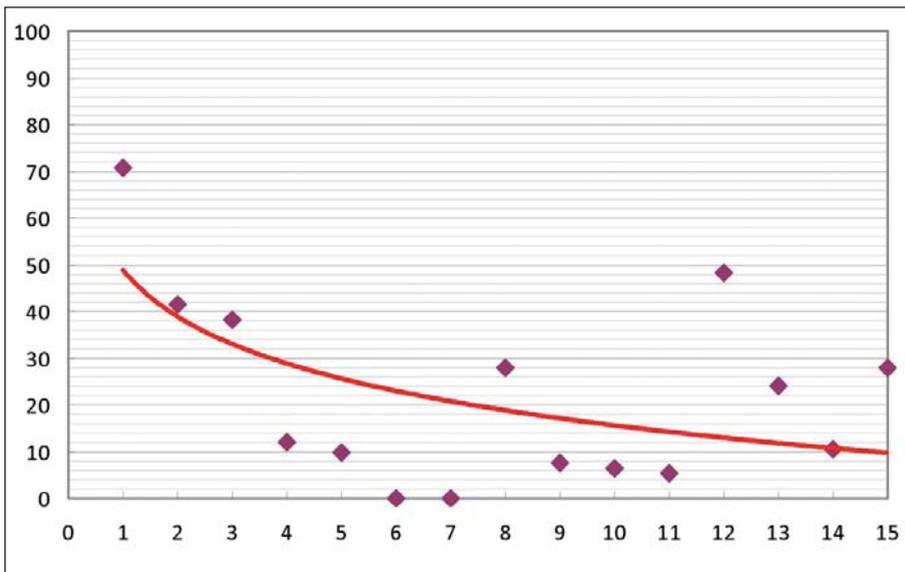


Figura A1.25 - Curva di frequenza granulometrica della frazione di sabbia molto grossolana ($\varnothing > 2 \div 1 \text{ mm}$) lungo la berma ordinaria. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

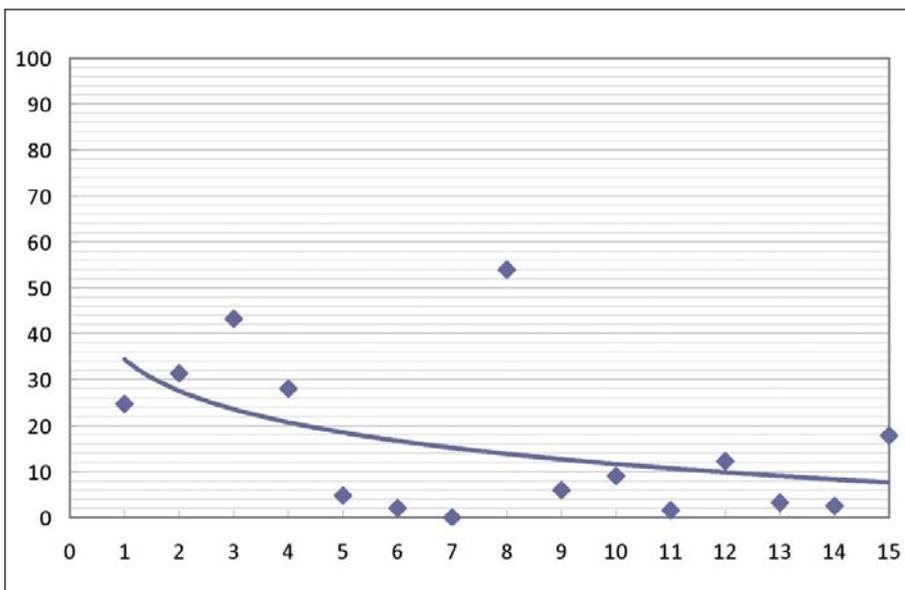


Figura A1.26 - Curva di frequenza granulometrica della frazione di sabbia grossolana ($\varnothing 1 \div 0,5 \text{ mm}$) lungo la berma ordinaria. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

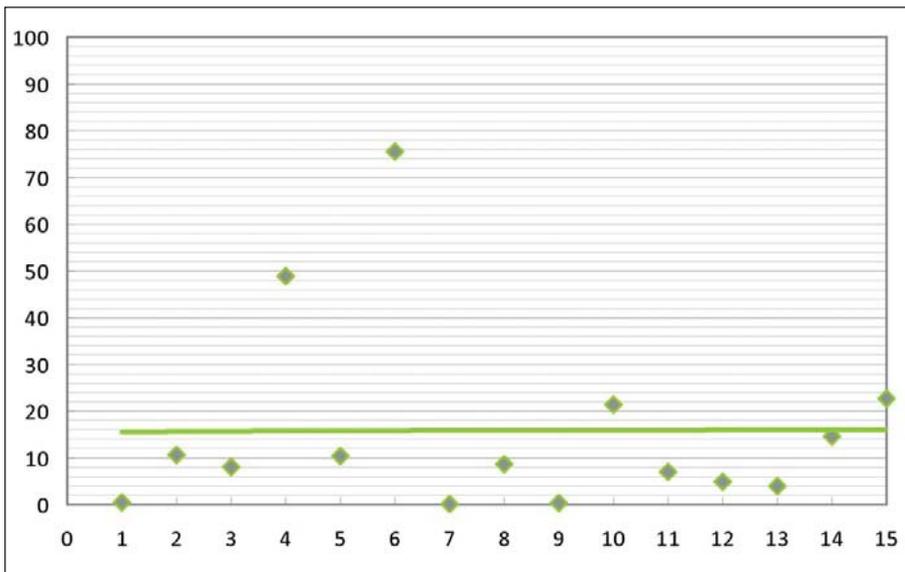


Figura A1.27 - Curva di frequenza granulometrica della frazione di sabbia medio-grossolana (\varnothing 0,5 ÷ 0,2 mm) lungo la berma ordinaria. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

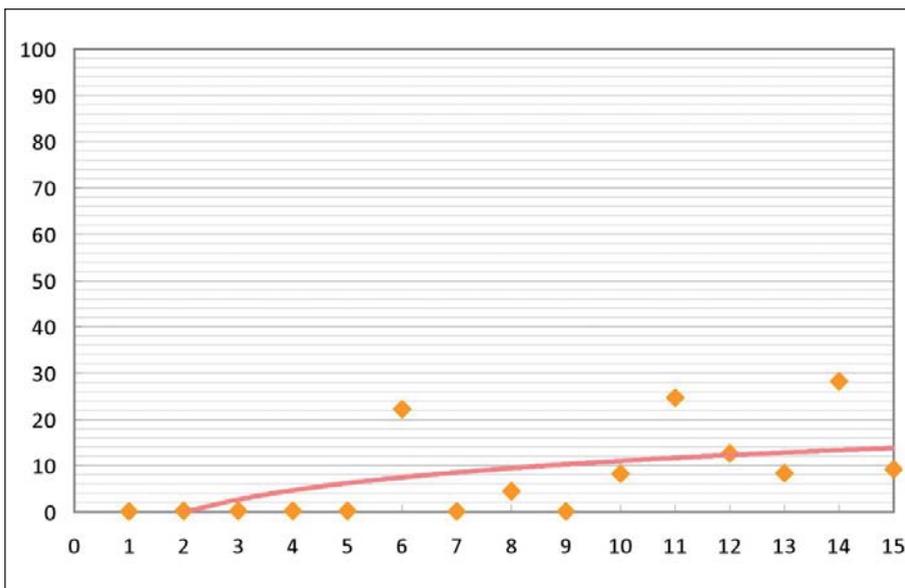


Figura A1.28 - Curva di frequenza granulometrica della frazione di sabbia fine ($\varnothing < 0,2\text{ mm}$) prelevata lungo la berma ordinaria. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

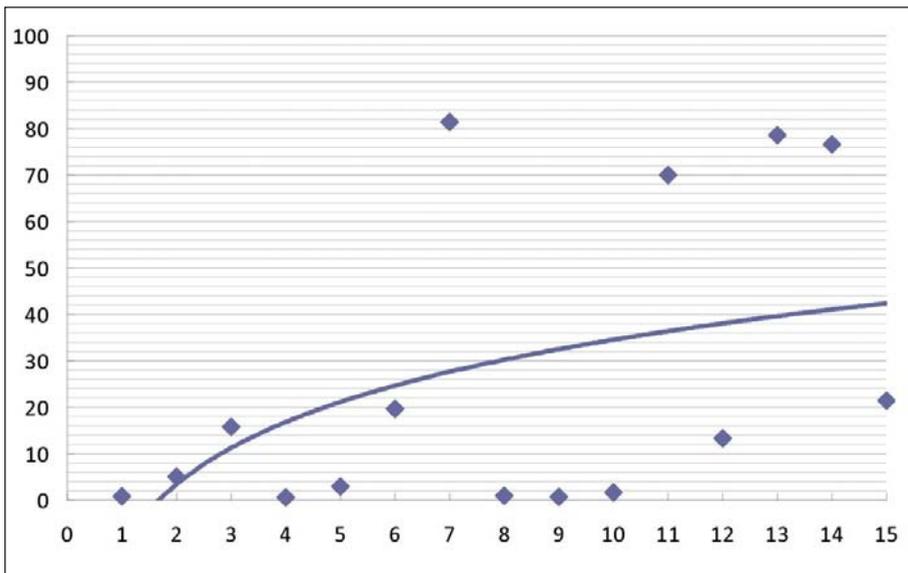


Figura A1.29 - Curva di frequenza granulometrica della frazione ghiaiosa ($\varnothing > 2 \text{ mm}$) prelevata lungo la berma di tempesta. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

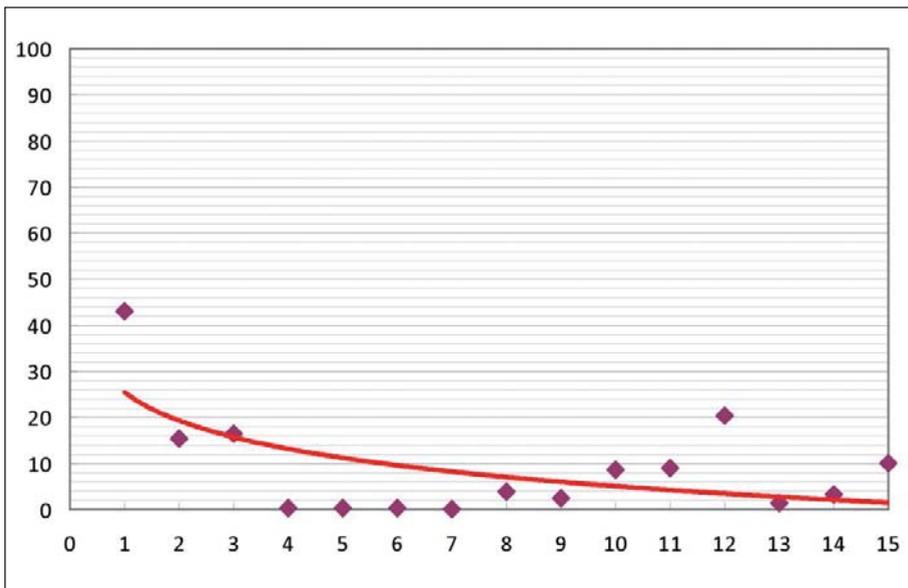


Figura A1.30 - Curva di frequenza granulometrica della frazione di sabbia molto grossolana ($\varnothing 2 \div 1 \text{ mm}$) prelevata lungo la berma di tempesta. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

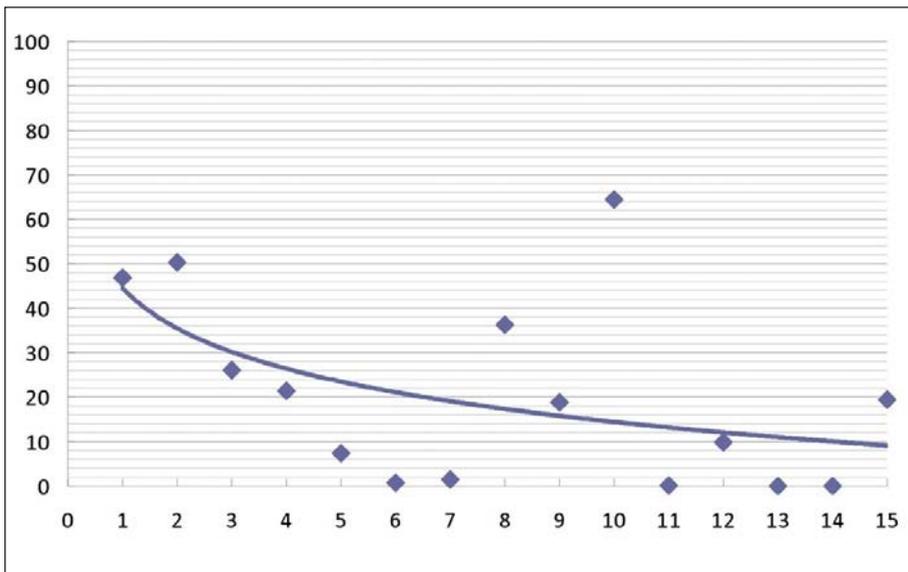


Figura A1.31 - Curva di frequenza granulometrica della frazione di sabbia molto grossolana ($\varnothing 2 \div 1 \text{ mm}$) prelevata lungo la berma di tempesta. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

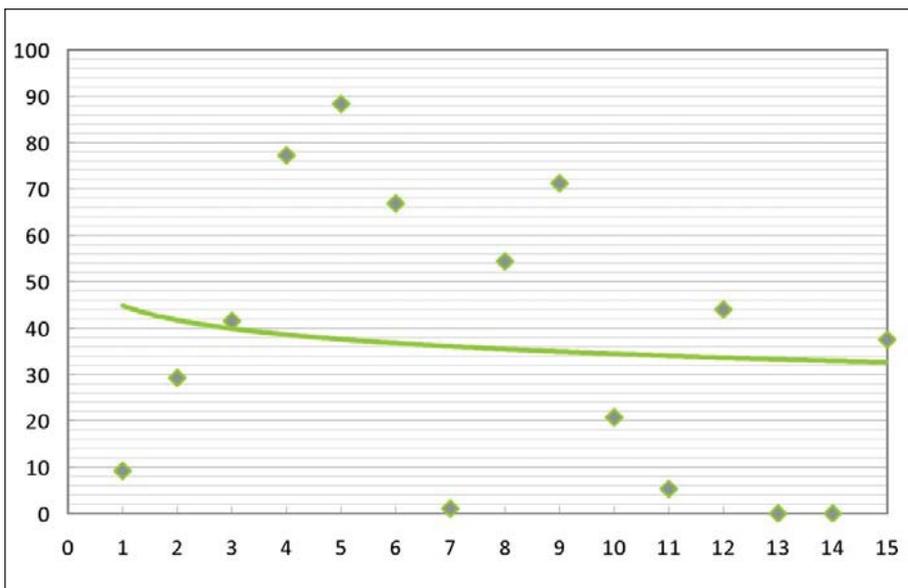


Figura A1.32 - Curva di frequenza granulometrica della frazione di sabbia medio-grossolana ($\varnothing 0,5 \div 0,2 \text{ mm}$) prelevata lungo la berma di tempesta. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

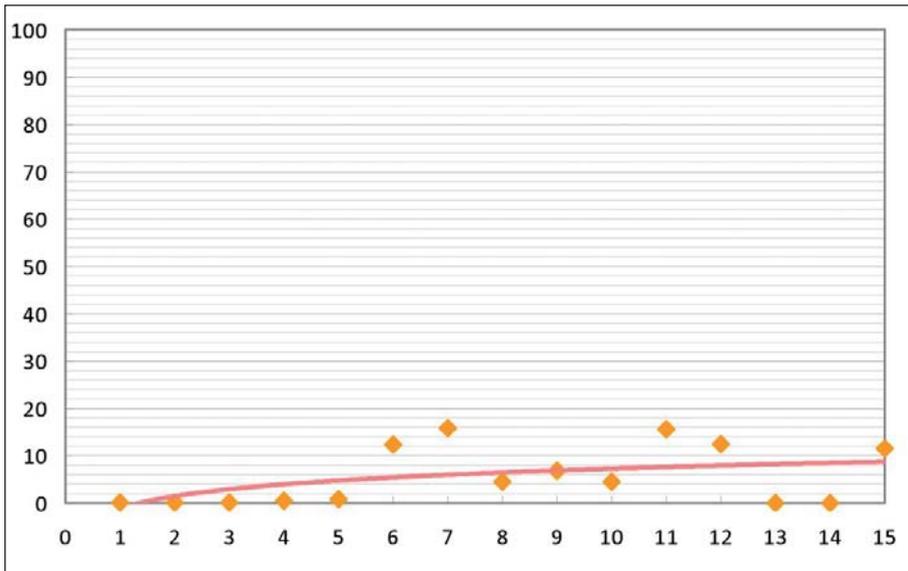


Figura A1.33 - Curva di frequenza granulometrica della frazione di sabbia fine ($\varnothing < 0,2 \text{ mm}$) prelevata lungo la berma di tempesta. In ascissa sono riportati i campioni analizzati.

Il risultato delle analisi parziali e generali mette in luce la particolare condizione evolutiva del litorale oggetto di studio.

Le analisi parziali, effettuate nei transetti, evidenziano la particolare condizione del materiale che compone la spiaggia in modo selettivo, come ci si può aspettare dalla dinamica del moto ondoso che incide su questo tratto di costa. Infatti, il materiale a granulometria più grossolana tende a disporsi verso la berma di tempesta, dove va a costituire veri e propri accumuli di ghiaia grossolana.

Sulla base di questi dati è interessante osservare l'andamento delle medie, rappresentato nei grafici delle curve granulometriche (Figure A1.19 - A1.33), dove si osserva la media delle distribuzioni del sedimento lungo il tratto considerato.

La distribuzione nella Figura A1.19 mostra una chiara influenza degli apporti continentali nella prima porzione di diagramma, corrispondente al settore di Fiume Santo - Stagno di Pilo. Ciò è attribuibile alla presenza degli unici corsi d'acqua che, in qualche modo, hanno contribuito all'evoluzione di questa spiaggia con un apporto di materiale a granulometria inferiore. Si può osservare dal grafico come la porzione di sabbia grossolana sia dominante rispetto alla sabbia media, mentre, in corrispondenza del piccolo promontorio di Punta d'Ellice, gli elementi che costituiscono le granulometrie più grossolane tendono a distribuirsi in maniera più uniforme. Appare evidente dall'insieme del grafico che lo scheletro e la struttura della spiaggia è sostanzialmente costituita da un deposito dell'intero tratto di costa considerato ormai inesistente; se ciò permette di considerare questo tratto di litorale come un ambiente in condizioni di situazione "fossile", tuttavia, esso costituisce una spiaggia in grado di sostenere un'azione del moto ondoso anche di vivace energia, ciò appare più evidente dai grafici delle Figure A1.19 e A1.20.

ANALISI GRANULOMETRICHE DEI CAMPIONI

Campione 1a

Apertura Setacci	Tara setacci	Peso lordo Trattenuto	Peso netto trattenuto	% trattenuto
> 2 mm	334,40	409,80	75,40	15,62%
2 ÷ 1 mm	329,70	730,70	401,00	83,07 %
1 ÷ 0,5 mm	302,80	308,80	6,00	1,25 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,20	278,50	0,30	0,06 %
< 0,2 mm	339,90	339,90	0,00	0,00 %
Tara contenitore			16,90 +482,70	
Totale	1585,00	2067,70	499,60	100 %

Località prelievo: Fiume Santo

Campione 1b

Apertura Setacci	Tara setacci	Peso lordo Trattenuto	Peso netto trattenuto	% trattenuto
> 2 mm	334,40	353,40	19,00	3,93 %
2 ÷ 1 mm	329,70	671,70	342,00	70,79 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	422,50	119,60	24,76 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	280,20	2,10	0,44 %
< 0,2 mm	339,90	340,30	0,40	0,08 %
Tara contenitore			16,70 + 483,10	
Totale	1585,00	2068,10	499,80	100 %

Località prelievo: Fiume Santo

Campione 1c

Apertura Setacci	Tara setacci	Peso lordo Trattenuto	Peso netto trattenuto	% trattenuto
> 2 mm	334,40	338,40	4,00	0,83 %
2 ÷ 1 mm	329,70	537,40	207,70	43,05 %
1 ÷ 0,5 mm	302,80	528,80	226,00	46,84 %
0,5 ÷ 0,2 mm	277,90	322,00	44,10	9,14 %
< 0,2 mm	339,70	340,40	0,70	0,14 %
Tara contenitore			16,70 +482,50	
Totale	1584,50	2067,00	499,20	100 %

Località prelievo: Fiume Santo

Campione 2a

Apertura Setacci	Tara setacci	Peso lordo Trattenuto	Peso netto trattenuto	% trattenuto
> 2 mm	334,40	415,40	81,00	16,77 %
2 ÷ 1 mm	329,70	669,50	339,80	70,37 %
1 ÷ 0,5 mm	302,80	363,10	60,30	12,49 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	279,70	1,60	0,33 %
< 0,2 mm	339,90	340,10	0,20	0,04 %
Tara contenitore			16,90 +482,90	
Totale	1584,90	2067,80	499,80	100 %

Località prelievo: Fiume Santo

Campione 2b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	413,30	78,90	16,34 %
2 ÷ 1 mm	329,80	530,20	200,40	41,50 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	454,30	151,40	31,35 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	329,30	51,20	10,60 %
< 0,2 mm	339,90	340,90	1,00	0,21 %
Tara contenitore			16,90 +482,90	
Totale	1585,10	2068,00	499,80	100 %

Località prelievo: Fiume Santo

Campione 2c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,30	358,50	24,20	5,01 %
2 ÷ 1 mm	329,80	404,30	74,50	15,42 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	545,60	242,70	50,25 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	419,40	141,30	29,26 %
< 0,2 mm	339,90	340,20	0,30	0,06 %
			16,70 + 483,00	
Totale	1585,00	2068,00	499,70	100 %

Località prelievo: Fiume Santo

Campione 3a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,30	416,20	81,90	16,95 %
2 ÷ 1 mm	329,60	670,10	340,50	70,45 %
1 ÷ 0,5 mm	303,00	361,20	58,20	12,04 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	280,50	2,40	0,50 %
< 0,2 mm	339,90	340,20	0,30	0,06 %
Tara contenitore			16,70 +483,30	
Totale	1584,90	2068,20	500,00	100 %

Località prelievo: Fiume Santo

Campione 3b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	384,10	49,70	10,30 %
2 ÷ 1 mm	329,70	514,10	184,40	38,20 %
1 ÷ 0,5 mm	303,00	511,80	208,80	43,26 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	316,90	38,80	8,04 %
< 0,2 mm	339,90	340,90	1,00	0,20 %
Tara contenitore			16,80 +482,70	
Totale	1585,10	2067,80	499,070	100 %

Località prelievo: Fiume Santo

Campione 3c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	410,60	76,20	15,76 %
2 ÷ 1 mm	329,70	409,20	79,50	16,45 %
1 ÷ 0,5 mm	303,00	429,30	126,30	26,13 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,00	478,90	200,90	41,56 %
< 0,2 mm	339,90	340,40	0,50	0,10 %
Tara contenitore			16,60 + 483,40	
Totale	1585,00	2068,40	500,00	100 %

Località prelievo: Fiume Santo

Campione 4a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,50	386,40	51,90	10,75 %
2 ÷ 1 mm	329,80	387,70	57,90	11,99 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	438,40	135,50	28,06 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,00	514,20	236,20	48,91 %
< 0,2 mm	339,90	341,30	1,40	0,29 %
			16,70 + 482,90	
Totale	1585,10	2068,00	499,60	100 %

Località prelievo: Fiume Santo

Campione 4b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,50	410,55	76,05	15,75 %
2 ÷ 1 mm	329,80	392,53	62,73	12,99 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	438,40	135,50	28,06 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,00	485,21	207,21	42,91 %
< 0,2 mm	339,90	341,31	1,42	0,29 %
Tara contenitore			16,70 + 482,90	
Totale	1585,10	2068,00	499,60	100 %

Località prelievo: Fiume Santo

Campione 4c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	337,50	3,10	0,64 %
2 ÷ 1 mm	329,70	331,50	1,80	0,37 %
1 ÷ 0,5 mm	303,00	406,20	103,20	21,37 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	650,90	372,80	77,21 %
< 0,2 mm	339,90	341,90	2,00	0,41 %
Tara contenitore			17,00 + 482,80	
Totale	1585,10	2068,00	499,50	100 %

Località prelievo: Fiume Santo

Campione5a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	721,70	387,30	80,22 %
2 ÷ 1 mm	329,70	357,10	27,40	5,68 %
1 ÷ 0,5 mm	303,00	333,10	30,10	6,23 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	315,80	37,70	7,81 %
< 0,2 mm	339,90	340,20	0,30	0,06 %
Tara contenitore			17,00 + 482,80	
Totale	1585,10	2067,90	499,80	100 %

Località prelievo: Ezi Mannu

Campione5b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	695,50	361,10	74,84 %
2 ÷ 1 mm	329,70	377,20	47,50	9,85 %
1 ÷ 0,5 mm	303,10	325,80	22,70	4,70 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,20	328,50	50,30	10,42 %
< 0,2 mm	339,90	340,80	0,90	0,19 %
Tara contenitore			17,00 + 482,50	
Totale	1585,30	2067,80	500,00	100 %

Località prelievo: Ezi Mannu

Campione5c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	348,90	14,50	3,00 %
2 ÷ 1 mm	329,70	331,60	1,90	0,39 %
1 ÷ 0,5 mm	303,00	338,80	35,80	7,42 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,20	704,80	426,60	88,34 %
< 0,2 mm	340,00	344,10	4,10	0,85 %
Tara contenitore			16,80 + 482,90	
Totale	1585,30	2068,20	499,70	100 %

Località prelievo: Ezi Mannu

Campione 6a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,41	554,60	220,19	45,67 %
2 ÷ 1 mm	329,66	369,48	39,82	8,26 %
1 ÷ 0,5 mm	303,03	362,25	59,22	12,28 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,15	429,35	151,20	31,36 %
< 0,2 mm	339,93	351,64	11,71	2,43 %
Tara contenitore			17,51 + 482,14	
Totale	1585,18	2067,32	499,65	100 %

Località prelievo: Ezi Mannu

Campione 6b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,53	335,70	1,17	0,24 %
2 ÷ 1 mm	329,73	329,90	0,17	0,03 %
1 ÷ 0,5 mm	303,05	312,60	9,55	1,98 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,20	643,30	365,10	75,59 %
< 0,2 mm	339,93	447,00	107,07	22,16 %
Tara contenitore			16,36 + 483,06	
Totale	1585,44	2068,50	499,42	100 %

Località prelievo: Ezi Mannu

Campione 6c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	429,50	95,10	19,67 %
2 ÷ 1 mm	329,70	331,30	1,60	0,33 %
1 ÷ 0,5 mm	303,00	306,70	3,70	0,77 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,20	601,50	323,30	66,88 %
< 0,2 mm	339,90	399,60	59,70	12,35 %
Tara contenitore			16,60 + 483,40	
Totale	1585,20	2068,60	500,00	100 %

Località prelievo: Ezi Mannu

Campione 7a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	783,60	449,20	93,02 %
2 ÷ 1 mm	329,70	329,80	0,20	0,04 %
1 ÷ 0,5 mm	303,00	303,50	0,50	0,11 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,30	288,70	10,40	2,15 %
< 0,2 mm	339,90	362,50	22,60	4,68 %
Tara contenitore			17,10 + 482,90	
Totale	1585,20	2068,10	500,00	100 %

Località prelievo: Punta d'Elice

Campione 7b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,30	816,60	482,30	99,82 %
2 ÷ 1 mm	329,60	329,70	0,10	0,02 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	303,00	0,10	0,02 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	278,40	0,30	0,06 %
< 0,2 mm	339,90	340,30	0,40	0,08 %
Tara contenitore			16,13 + 483,20	
Totale	334,30	816,60	482,30	99,82 %

Località prelievo: Punta d'Elice

Campione 7c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	801,10	466,70	81,41 %
2 ÷ 1 mm	329,60	333,50	3,90	0,17 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	303,70	0,80	1,51 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	287,80	9,70	1,06 %
< 0,2 mm	339,90	342,30	2,40	15,85 %
Tara contenitore			15,65 + 483,50	
Totale	1584,90	2068,40	499,15	100 %

Località prelievo: Punta d'Elice

Campione 8a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,41	418,27	83,86	17,39 %
2 ÷ 1 mm	329,66	522,90	193,24	40,08 %
1 ÷ 0,5 mm	303,02	496,40	193,38	40,10 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,21	289,00	10,79	2,24 %
< 0,2 mm	339,89	340,80	0,91	0,19 %
Tara contenitore			16,99 + 482,18	
Totale	1585,19	2067,37	499,17	100 %

Località prelievo: Punta d'Elice

Campione 8b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	359,00	24,60	5,09 %
2 ÷ 1 mm	329,60	464,70	135,10	27,94 %
1 ÷ 0,5 mm	303,00	563,50	260,50	53,87 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	319,70	41,60	8,60 %
< 0,2 mm	339,90	361,70	21,80	4,50 %
Tara contenitore			16,20 + 483,60	
Totale	1585,00	2068,60	499,80	100 %

Località prelievo: Punta d'Elice

Campione 8c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	339,20	4,80	0,99 %
2 ÷ 1 mm	329,70	348,70	19,00	3,93 %
1 ÷ 0,5 mm	303,00	478,00	175,00	36,24 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	540,50	262,40	54,34 %
< 0,2 mm	339,90	361,60	21,70	4,50 %
Tara contenitore			17,00 + 482,90	
Totale	1585,10	2068,00	499,90	100 %

Località prelievo: Punta d'Elice

Campione 9a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,18	701,52	367,34	76,07 %
2 ÷ 1 mm	329,58	440,53	110,95	22,98 %
1 ÷ 0,5 mm	303,03	307,27	4,24	0,88 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,00	278,14	0,14	0,03 %
< 0,2 mm	339,61	339,81	0,20	0,04 %
Tara contenitore			17,04 + 482,87	
Totale	1584,40	2067,27	499,91	100 %

Località prelievo: Punta d'Elice

Campione 9b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,18	749,30	415,12	85,98 %
2 ÷ 1 mm	329,58	366,34	36,76	7,61 %
1 ÷ 0,5 mm	303,03	331,84	28,81	5,97 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,00	279,65	1,65	0,34 %
< 0,2 mm	339,61	340,07	0,46	0,10 %
Tara contenitore			17,00 + 482,80	
Totale	1584,40	2067,20	499,80	100 %

Località prelievo: Punta d'Elice

Campione 9c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,18	337,65	3,47	0,72 %
2 ÷ 1 mm	329,58	341,58	12,00	2,48 %
1 ÷ 0,5 mm	303,03	393,56	90,53	18,76 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,00	621,77	343,77	71,23 %
< 0,2 mm	339,61	372,48	32,87	6,81 %
Tara contenitore			17,01 + 482,64	
Totale	1584,40	2067,04	499,65	100 %

Località prelievo: Punta d'Elice

Campione 10a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	577,08	242,68	63,38 %
2 ÷ 1 mm	329,60	434,20	104,60	27,32 %
1 ÷ 0,5 mm	303,03	319,46	16,43	4,29 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,00	282,41	4,41	1,15 %
< 0,2 mm	339,90	354,68	14,78	3,86 %
Tara contenitore			17,10 + 382,90	
Totale	1584,93	1967,83	400,00	100 %

Località prelievo: Punta d'Elice

Campione 10b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,18	544,93	210,75	54,86 %
2 ÷ 1 mm	329,58	354,21	24,63	6,41 %
1 ÷ 0,5 mm	303,03	337,54	34,51	8,98 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,00	360,37	82,37	21,44 %
< 0,2 mm	339,61	371,55	31,94	8,31 %
Tara contenitore			15,49 + 384,20	
Totale	1584,40	1968,60	399,69	100 %

Località prelievo: Punta d'Elice

Campione 10c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,18	340,64	6,46	1,69 %
2 ÷ 1 mm	329,58	362,68	33,10	8,64 %
1 ÷ 0,5 mm	303,03	550,01	246,98	64,45 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,00	357,48	79,48	20,74 %
< 0,2 mm	339,61	356,78	17,17	4,48 %
Tara contenitore			16,81 + 383,19	
Totale	1584,40	1967,59	400,00	100 %

Località prelievo: Punta d'Elice

Campione 11a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	727,40	393,00	81,41 %
2 ÷ 1 mm	329,60	330,10	0,80	0,17 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	303,70	7,30	1,51 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	283,20	5,10	1,06 %
< 0,2 mm	339,90	416,40	76,50	15,85 %
Tara contenitore			16,75 + 482,70	
Totale	1584,90	2067,60	499,45	100 %

Località prelievo: Pazzona

Campione 11b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	630,50	296,10	61,35 %
2 ÷ 1 mm	329,60	355,50	25,90	5,37 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	310,20	7,30	1,51 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	312,20	34,10	7,07 %
< 0,2 mm	339,90	459,10	119,20	24,70 %
Tara contenitore			17,40 + 482,60	
Totale	1584,90	2067,50	500,00	100 %

Località prelievo: Pazzona

Campione 11b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	672,10	337,70	69,96 %
2 ÷ 1 mm	329,60	373,24	43,64	9,04 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	303,38	0,48	0,10 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	303,87	25,77	5,34 %
< 0,2 mm	339,90	415,01	75,11	15,56 %
Tara contenitore			16,90 + 482,70	
Totale	1584,90	2067,60	499,60	100 %

Località prelievo: Pazzona

Campione 12a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	755,40	421,00	87,22 %
2 ÷ 1 mm	329,60	367,00	37,40	7,75 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	303,80	0,90	0,19 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	279,80	1,70	0,35 %
< 0,2 mm	339,90	361,60	21,70	4,49 %
Tara contenitore			16,90 + 482,70	
Totale	1584,90	2067,60	499,60	100 %

Località prelievo: Pazzona

Campione 12b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	440,02	105,62	21,88 %
2 ÷ 1 mm	329,60	562,70	233,10	48,28 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	362,10	59,20	12,26 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,20	302,20	24,00	4,97 %
< 0,2 mm	339,90	400,80	60,90	12,61 %
Tara contenitore			16,80 + 482,82	
Totale	1585,00	2067,82	499,62	100 %

Località prelievo: Pazzona

Campione 12c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	398,60	64,20	13,29 %
2 ÷ 1 mm	329,50	427,90	98,40	20,36 %
1 ÷ 0,5 mm	302,70	350,30	47,60	9,85 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,20	490,70	212,50	43,98 %
< 0,2 mm	339,90	400,40	60,50	12,52 %
Tara contenitore			16,80 + 483,20	
Totale	1584,70	2067,90	500,00	100 %

Località prelievo: Pazzona

Campione 13a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	647,20	312,80	64,76 %
2 ÷ 1 mm	329,60	418,20	88,60	18,35 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	305,40	2,50	0,52 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,20	285,90	7,70	1,59 %
< 0,2 mm	339,90	411,20	71,30	14,76 %
Tara contenitore			17,10 + 482,90	
Totale	1585,00	2067,90	500,00	100 %

Località prelievo: Pazzona

Campione 13b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	625,90	291,50	60,35 %
2 ÷ 1 mm	329,60	445,90	116,30	24,08 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	318,20	15,30	3,17 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	297,50	19,40	4,02 %
< 0,2 mm	339,90	380,40	40,50	8,38 %
Tara contenitore			16,90 + 483,00	
Totale	1584,90	2067,90	499,90	100 %

Località prelievo: Pazzona

Campione 13c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	810,80	476,40	98,57 %
2 ÷ 1 mm	329,60	336,30	6,70	1,39 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	303,00	0,10	0,02 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,20	278,20	0,00	0,00 %
< 0,2 mm	339,90	340,00	0,10	0,02 %
Tara contenitore			16,70 + 483,30	
Totale	1585,00	2068,30	500,00	100 %

Località prelievo: Pazzona

Campione 14a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	703,50	369,10	76,46 %
2 ÷ 1 mm	329,60	344,90	15,30	3,17 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	303,90	1,00	0,21 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	291,50	13,40	2,78 %
< 0,2 mm	339,90	423,80	83,90	17,38 %
Tara contenitore			17,00 + 482,70	
Totale	1584,90	2067,60	499,70	100 %

Località prelievo: Le Saline

Campione 14b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	548,40	214,00	44,28 %
2 ÷ 1 mm	329,60	380,60	51,00	10,55 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	314,70	11,80	2,44 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	348,50	70,40	14,57 %
< 0,2 mm	339,90	476,00	136,10	28,16 %
Tara contenitore			16,70 + 483,30	
Totale	1584,90	2068,20	500,00	100 %

Località prelievo: Le Saline

Campione 14c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	647,20	312,80	64,76 %
2 ÷ 1 mm	329,60	418,20	88,60	18,35 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	305,40	2,50	0,52 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,20	285,90	7,70	1,59 %
< 0,2 mm	339,90	411,20	71,30	14,76 %
Tara contenitore			17,10 + 482,90	
Totale	1585,00	2067,90	500,00	100 %

Località prelievo: Le Saline

Campione 15a

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	571,90	237,50	49,22 %
2 ÷ 1 mm	329,70	469,80	140,10	29,03 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	329,80	26,90	5,57 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,10	300,20	22,10	4,58 %
< 0,2 mm	339,90	395,90	56,00	11,60 %
Tara contenitore			17,00 + 482,60	
Totale	1585,00	2067,60	499,60	100 %

Località prelievo: Le Saline

Campione 15b

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	442,20	107,80	22,34 %
2 ÷ 1 mm	329,60	464,40	134,80	27,93 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	388,60	85,70	17,76 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,20	387,80	109,60	22,71 %
< 0,2 mm	339,90	384,60	44,70	9,26 %
Tara contenitore			17,10 + 482,60	
Totale	1585,00	2067,60	499,70	100 %

Località prelievo: Le Saline

Campione 15c

<i>Apertura Setacci</i>	<i>Tara setacci</i>	<i>Peso lordo Trattenuto</i>	<i>Peso netto trattenuto</i>	<i>% trattenuto</i>
> 2 mm	334,40	437,90	103,50	21,43 %
2 ÷ 1 mm	329,70	378,20	48,50	10,04 %
1 ÷ 0,5 mm	302,90	397,00	94,10	19,48 %
0,5 ÷ 0,2 mm	278,20	459,30	181,10	37,50 %
< 0,2 mm	339,90	395,70	55,80	11,55 %
Tara contenitore			16,70 + 483,00	
<i>Totale</i>	1585,10	2068,10	499,70	100 %

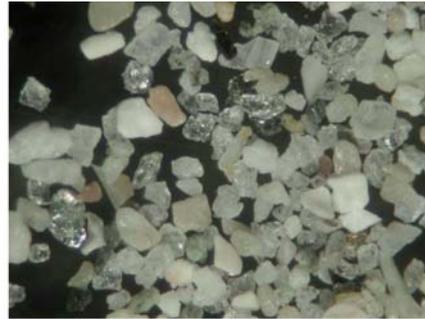
Località prelievo: Le Saline

ALLEGATO 2. ATLANTE FOTOGRAFICO

Nota: per ogni campione sono presenti due immagini rispettivamente ingrandite 10x la prima e 20x la seconda



Campione A1



Campione A1



Campione B1



Campione B1



Campione B3



Campione B3



Campione B4



Campione B4



Campione C3



Campione C3



Campione C4



Campione C4



Campione D step



Campione D step



Campione D1



Campione D1



Campione D2



Campione D2



Campione D4



Campione D4



Campione D5



Campione D5



Campione D5 spost.



Campione D5 spost.



Campione E1



Campione E1



Campione E3



Campione E3



Campione E4



Campione E4



Campione F2



Campione F2



Campione F4



Campione F4



Campione F6



Campione F6



Campione F7



Campione F7



Campione G3



Campione G3



Campione H2



Campione H2



Campione H3



Campione H3



Campione H4



Campione H4



Campione 12



Campione 12



Campione 14



Campione 14



Campione 15



Campione 15



Campione 16



Campione 16



Campione L1



Campione L1



Campione L4



Campione L4



Campione L6



Campione L6



Campione L7



Campione L7



Campione M1



Campione M1



Campione M2



Campione M2



Campione M5



Campione M5



Campione M7



Campione M7



Campione N1



Campione N1



Campione N2



Campione N2



Campione N4



Campione N4



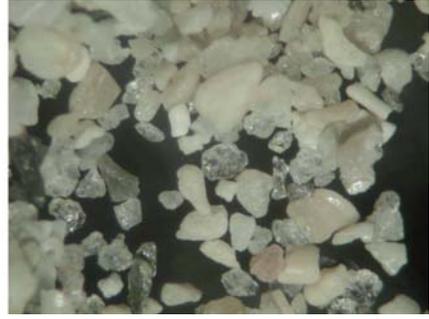
Campione La Pelosetta



Campione La Pelosetta



Campione Pass. Torre



Campione Pass. Torre

ALLEGATO 3. ELENCO FLORISTICO

URTICACEAE

Urtica dioica L. - H scap - Subcosmopol.

Parietaria diffusa M. et K. (*P. judaica* L.) - H scap - Euri-Medit.-Macarones.

POLYGONACEAE

Rumex pulcher L. - H scap - Euri-Medit.

CHENOPODIACEAE

Beta vulgaris L. ssp. *maritima* (L.) Arcangeli - H scap - Euri-Medit.

Chenopodium rubrum L. - Th er - Circumbor.

AIZOACEAE

Carpobrotus acinaciformis (L.) L. Bolus - Ch rept - Sudaf. (Natur.)

CARYOPHYLLACEAE

Cerastium ligusticum Viv. Th er - Euri-Medit. div. Subcosmopol.

Silene vulgaris (Moench.) Garcke - H scap - Paleotemp. div. Subcosmopol.

Silene coeli-rosa (L.) Godron - Th er - SW-Medit.

Silene nummica Vals. T- caesp. - C- Medit

Silene colorata Poir. T scap. Circum-Medit.

PAPAVERACEAE

Papaver rhoeas L. - Th er - E-Medit. (sinantr.)

Papaver hybridum L. - Th er - Medit.-Turan.

Glaucium flavum Crantz - H scap - Euri-Medit.

Fumaria officinalis L. - Th er - Paleotemp. div. Subcosmopol.

CRUCIFERAE

Sisymbrium officinale (L.) Scop. - Th er - Paleotemp. div. Subcosmopol.

Raphanus raphanistrum L. ssp. *landra* (Moretti ex DC.) Bonnier et Layens - Th scap - Euri-Medit. div. Circumbor.

Lobularia maritima (L.) Desv. - Ch suff - Steno-Medit.

Capsella bursa-pastoris (L.) Medicus - Th er - Cosmopol. (sinantr.)

Brassica rapa L. - Th er - Medit. (?)

Sinapis alba L. - H scap - E-Medit. (?)

Cakile maritima Scop. - Th succ - Euri-Medit.

Matthiola tricuspidata (L.) R. Br. T scap. Circum-Medit.

ROSACEAE

Rubus ulmifolius Schott (*R. discolor* Weihe et Nees) - P n - Euri-Medit.

Sanguisorba minor Scop. - H scap - Paleotemp. div. Sucosmopol.

Sarcopoterium spinosum (L.) Spach. - P n - SE-Medit.

GERANIACEAE

Geranium molle L. - Th er - Eurasiat. div. Subcosmopol.

LEGUMINOSAE

Medicago littoralis Loisel. T scap. Circum- Medit.

Lotus cytisoides L. - H scap - Steno-Medit.

Erodium maritimum (L.) L'Hér. - H rept - W-Europ.

EUPHORBIACEAE

- Mercurialis annua* L. – Th er – Paleotemp.
- Euphorbia paralias* L. – H scap – Euri-Medit.-Atl.
- Euphorbia peplus* L. – Th succ – Euri-Medit.
- Euphorbia pithyusa* L. – H scap – W-Medit. (nesicola)

ANACARDIACEAE

- Pistacia lentiscus* L. – P n – S-Medit.-Macarones.

MALVACEAE

- Malva sylvestris* L. – H scap – Eurosib. div. Subcosmopol.
- Lavatera arborea* L. – H scap – Steno-Medit.
- Althaea officinalis* L. – H scap – SE-Europ.-S-Siber. div. Subcosmopol.

THYMELEACEAE

- Thymelaea hirsuta* (L.) Endl. – P n – S-Medit.-W-Asiat.

CUCURBITACEAE

- Ecballium elaterium* (L.) A. Richard – H scap – Euri-Medit.

ONAGRACEAE

- Epilobium hirsutum* L. – G rh – Paleotemp. div. Subcosmopol.

UMBELLIFERAE

- Eryngium maritimum* L. – H scap – Medit.-Atl.
- Crithmum maritimum* L. – H caesp – Euri-Medit.
- Ferula arrigonii* Bocchieri. H scap. Endem. SA-CO.
- Foeniculum vulgare* Miller – H scap – S-Medit.
- Daucus carota* L. ssp. *carota* – H scap – Paleotemp. div. Subcosmopol.

PRIMULACEAE

- Anagallis arvensis* L. – Th er – Euri-Medit. div. Subcosmopol.
- Samolus valerandi* L. – H ros – Subcosmopol.

RUBIACEAE

- Rubia peregrina* L. – Ch er – Steno-Medit.-Macarones.

CONVOLVULACEAE

- Cuscuta epithymum* (L.) L. – Th par – Eurasiat. Temper.
- Calystegia soldanella* (L.) G - rhiz. Cosmop. WRL.

BORAGINACEAE

- Anchusa crispa* Viv., *H bien.* - Steno-Medit. Endem. SA
- Echium plantagineum* L. – H bien – Euri-Medit.

LABIATAE

- Prasium majus* L. – Ch suff – Steno-Medit.
- Marrubium vulgare* L. – H scap – Euri-Medit.-Sudsiber. div. Subcosmopol.
- Lamium amplexicaule* L. – Th er – Paleotemp.
- Ballota nigra* L. – H caesp – Euri-Medit.
- Lycopus europaeus* L. – H scap – Paleotemp. div. Circumbor.

SOLANACEAE

- Solanum nigrum* L. – Th er – Cosmopol. (sinantr.)

SCROPHULARIACEAE

- Verbascum pulverulentum* Vill. – H scap – Centro-S-Europ.

PLANTAGINACEAE

- Plantago major* L. – H ros – Eurasiat. div. Subcosmopol.
- Plantago coronopus* L. – H ros – Euri-Medit.
- Plantago maritima* L. – H ros – Subsiber.-Centroeurop.

Plantago lagopus L. – H ros – Steno-Medit.

DIPSACACEAE

Scabiosa atropurpurea L. – H scap – Steno-Medit.

COMPOSITAE

Helichrysum italicum (Roth) Guss. ssp. *microphyllum* (Willd.) Rouy – Ch suff – W-Medit. (nesicola)

Senecio leucanthemifolius Poirlet – Th er – Steno-Medit.

Senecio vulgaris L. – Th er – Euri-Medit. div. Cosmopol.

Cirsium vulgare (Savi) Ten. ssp. *sylvaticum* (Tausch) Dostál – H bien – Paleotemp. div. Subcosmopol.

Aetheorrhiza bulbosa (L.) Cass. – G rtb – Steno-Medit.

Scolymus hispanicus L. – H bien – Euri-Medit.

Cichorium intybus L. – H scap – Cosmopol.

Hypochoeris glabra L. – Th er – Euri-Medit.

Reichardia picroides (L.) Roth – H scap – Steno-Medit.

Aetheorrhiza bulbosa (L.) Cass. – G rtb – Steno-Medit.

LILIACEAE

Agave americana L. P caesp. Nat. (C America)

Asparagus acutifolius L. – G rh – Steno-Medit.

Smilax aspera L. – P l – Paleosubtrop.

GRAMINACEAE

Agropyron junceum (L.) Beauv. (*Elymus farctus* (Viv.) Runem. ex Melderis.) – H caesp – Euri-Medit.

Vulpia membranacea L. – T.h caesp – Euri-Medit.

Lagurus ovatus L. – Th er – Euri-Medit.

Ammophila littoralis (Beauv.) Rothm. (*A. arenaria* (L.) Link ssp. *arundinacea* H. Lindb. fil.) – H caesp – Euri-Medit.

Sporobolus pungens (Schreber) Kunth – G rh – Subtrop.

CYPERACEAE

Carex divisa Hudson – H caesp – Euri-Medit.-Atl.

Si segnalano la Graminacea *Cortaderia selloana* (Schult.) Asch. et Graebn, specie invasiva neofita della Sardegna, l'Asteracea *Arctotis acaulis*, specie diffusa in numerosi giardini. Quest'ultima, originaria dell'Africa ed importata in Europa nel 1700, è una pianta dal portamento cespuglioso compatto dalle foglie molto frastagliate e di colore bianco lanuginoso, che le conferiscono capacità adattative negli ambiente costieri.

ALLEGATO 4

LEGENDA

INTERVENTI REALIZZATI

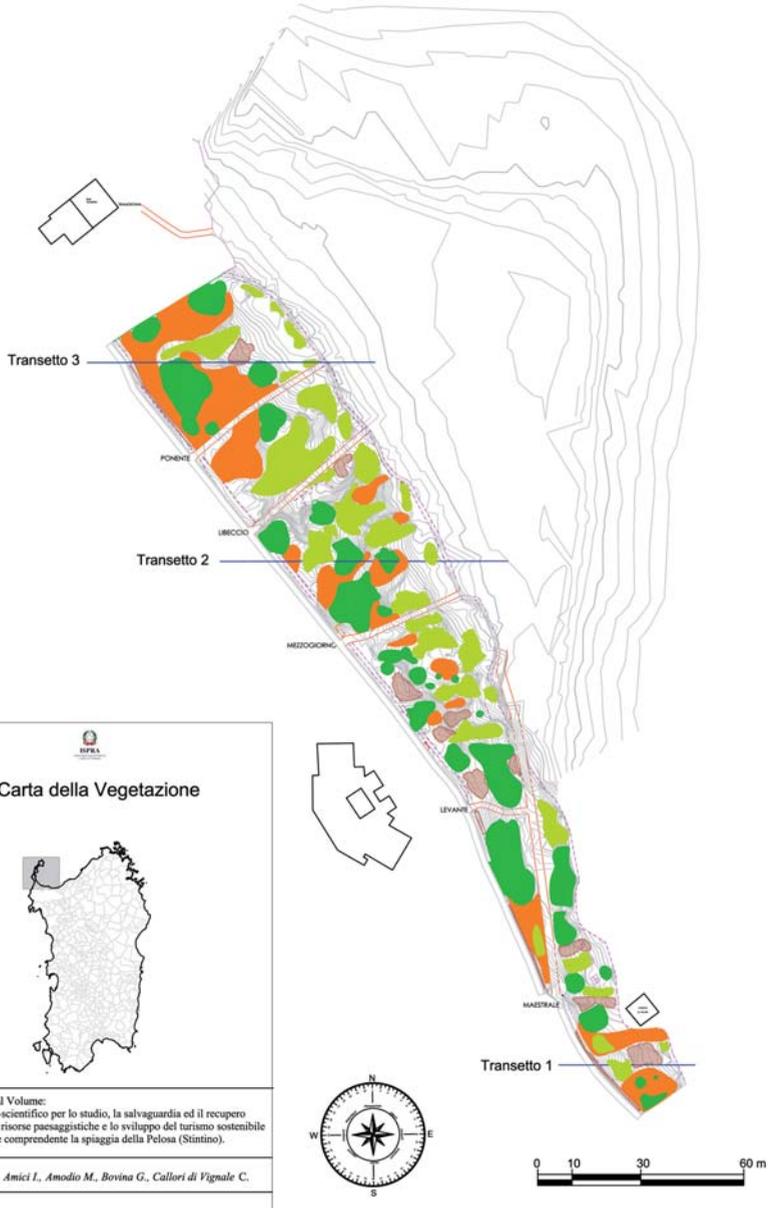
-  Accessi controllati: passerelle in legno
-  Recinzione associata a frangivento
-  Recinzione associata a doppio frangivento
-  Frangivento a scacchiera

TRANSETTI VEGETAZIONALI

-  Transetto N

FORMAZIONI VEGETALI

-  Vegetazione di macchia primaria a ginepri
-  Vegetazione psammofila dei litorali sabbiosi
-  Vegetazione erbacea delle aree degradate
-  Copertura a *Carpobrotus acinaciformis*



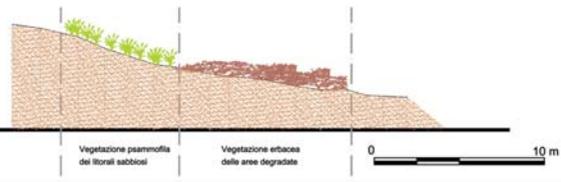
Carta della Vegetazione



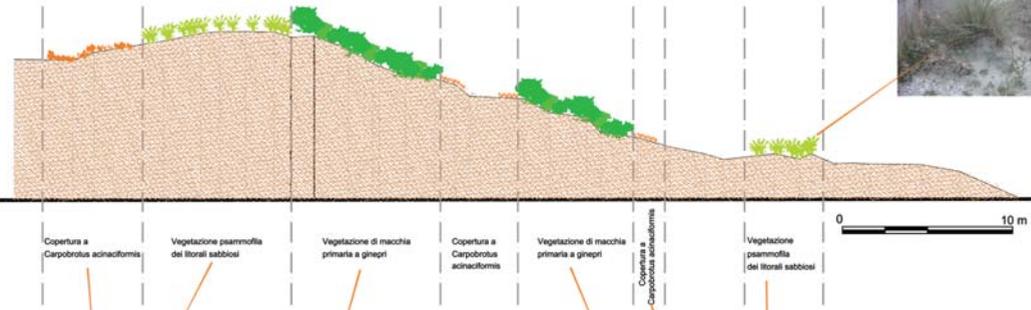
ALLEGATO 4 al Volume:
 Progetto tecnico-scientifico per lo studio, la salvaguardia ed il recupero ambientale delle riserve paesaggistiche e lo sviluppo del turismo sostenibile del tratto di mare comprendente la spiaggia della Pelosa (Stintino).

Rilievi a cura di: Amici I., Amodio M., Bovina G., Callori di Vignale C.

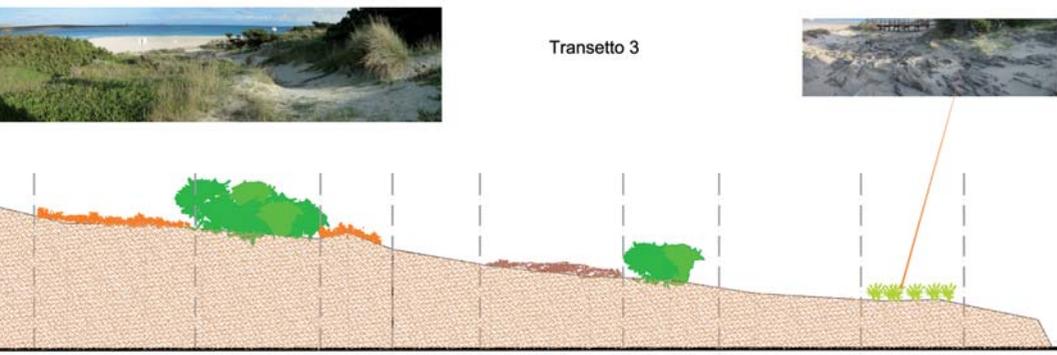
Transetto 1



Transetto 2



Transetto 3



APPENDICE 1. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO PER LA TUTELA AMBIENTALE DEL TRATTO COSTIERO COMPRENDENTE LA SPIAGGIA DELLA PELOSA, STINTINO

Capitolo 1

Il "Nuovo Codice dell'Ambiente" (D.lgs. 2006 n. 152)

Nel nostro paese, così come in Europa e nel resto del mondo, il legislatore dedica al tema della tutela ambientale un'attenzione sempre maggiore. Il Decreto legislativo del 3 aprile 2006 n. 152 "Norme in materia ambientale"¹ [così come modificato dal Decreto legislativo del 16 gennaio 2008 n. 4]², in attuazione degli articoli 2, 3, 9, 32, 41, 42, 44, 117 commi 1 e 3 della Costituzione e nel rispetto del Trattato dell'Unione europea, fissa i principi che devono costituire le regole generali della materia ambientale nell'adozione degli atti normativi, di indirizzo e di coordinamento e nell'emanazione dei provvedimenti di natura contingibile ed urgente (*Cfr.* art. 3 bis, Parte Prima, D.lgs. citato)³. Tali principi sono i seguenti: il principio dell'azione ambientale (art. 3 ter, D.lgs. cit.)⁴, il principio dello sviluppo sostenibile (art. 3 quater, D.lgs. cit.)⁵, il principio di sussidiarietà e di leale collaborazione (art.

¹ D.lgs. del 3.04.2006 n. 152, "Norme in materia ambientale", pubblicato nella Gazz.Uff. del 14.04.2006 n. 88.

² D.lgs. del 16.01.2008 n. 4, "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.lgs. 3 aprile 2006 n. 152, recante norme in materia ambientale", pubblicato nella Gazz. Uff. del 29.01.2008 n. 24, S.O.

³ Art. 3 bis del D. lgs. citato: "*Principi sulla produzione del diritto ambientale. 1. I principi posti dal presente articolo e dagli articoli seguenti costituiscono i principi generali in tema di tutela dell'ambiente, adottati in attuazione degli articoli 2, 3, 9, 32, 41, 42 e 44, 117 commi 1 e 3 della Costituzione e nel rispetto del Trattato dell'Unione europea. 2. I principi previsti dalla presente Parte Prima costituiscono regole generali della materia ambientale nell'adozione degli atti normativi, di indirizzo e di coordinamento e nell'emanazione dei provvedimenti di natura contingibile ed urgente. 3. I principi ambientali possono essere modificati o eliminati soltanto mediante espressa previsione di successive leggi della Repubblica italiana, purchè sia comunque sempre garantito il corretto recepimento del diritto europeo*".

⁴ Art. 3 ter del D. lgs. citato: "*Principio dell'azione ambientale. 1. La tutela dell'ambiente e degli ecosistemi naturali e del patrimonio culturale deve essere garantita da tutti gli enti pubblici e privati e dalle persone fisiche e giuridiche pubbliche o private, mediante una adeguata azione che sia informata ai principi della precauzione, dell'azione preventiva, della correzione, in via prioritaria alla fonte, dei danni causati all'ambiente, nonchè al principio «chi inquina paga» che, ai sensi dell'articolo 174, comma 2, del Trattato delle unioni europee, regolano la politica della comunità in materia ambientale*".

⁵ Art. 3 quater del D. lgs. citato: "*Principio dello sviluppo sostenibile. 1. Ogni attività umana giuridicamente rilevante ai sensi del presente codice deve conformarsi al principio dello sviluppo sostenibile, al fine di garantire che il soddisfacimento dei bisogni delle generazioni attuali non possa*

3 quinquies, D.lgs. cit.)⁶, nonché il principio del diritto di accesso alle informazioni ambientali e di partecipazione a scopo collaborativo [art. 3 sexies, D.lgs. cit.]⁷.

Dal citato decreto si evince come il legislatore, ben consapevole della complessità delle relazioni e delle interferenze tra natura e attività umane, ha inteso ricondurre nel binario dello "sviluppo sostenibile" la risoluzione di tutte le questioni che coinvolgono aspetti ambientali, in modo da salvaguardare il corretto funzionamento e l'evoluzione degli ecosistemi naturali dalle modificazioni negative che possono essere prodotte dalle attività umane.

Le attività antropiche in grado di incidere negativamente sullo stato dell'ambiente (ovvero sul suolo, acqua, aria, clima, patrimonio naturale e culturale) sono non soltanto quelle legate allo sviluppo industriale ed economico (come gli insediamenti urbani, industriali, turistici, ecc.), ma anche le opere realizzate a difesa di tali beni, nel caso in cui non vengano attuate con metodo scientifico e all'interno di precisi programmi tesi ad evitare impatti ambientali⁸ disastrosi.

In quest'ottica il suddetto decreto legislativo provvede a dettare norme a tutela del

compromettere la qualità della vita e le possibilità delle generazioni future. 2. Anche l'attività della pubblica amministrazione deve essere finalizzata a consentire la migliore attuazione possibile del principio dello sviluppo sostenibile, per cui nell'ambito della scelta comparativa di interessi pubblici e privati connotata da discrezionalità gli interessi alla tutela dell'ambiente e del patrimonio culturale devono essere oggetto di prioritaria considerazione. 3. Data la complessità delle relazioni e delle interferenze tra natura e attività umane, il principio dello sviluppo sostenibile deve consentire di individuare un equilibrato rapporto, nell'ambito delle risorse ereditate, tra quelle da risparmiare e quelle da trasmettere, affinché nell'ambito delle dinamiche della produzione e del consumo si inserisca altresì il principio di solidarietà per salvaguardare e per migliorare la qualità dell'ambiente anche futuro. 4. La risoluzione delle questioni che coinvolgono aspetti ambientali deve essere cercata e trovata nella prospettiva di garanzia dello sviluppo sostenibile, in modo da salvaguardare il corretto funzionamento e l'evoluzione degli ecosistemi naturali dalle modificazioni negative che possono essere prodotte dalle attività umane".

⁶ Art. 3 quinquies del D. lgs. citato: "Principi di sussidiarietà e di leale collaborazione. 1. I principi desumibili dalle norme del decreto legislativo costituiscono le condizioni minime ed essenziali per assicurare la tutela dell'ambiente su tutto il territorio nazionale. 2. Le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano possono adottare forme di tutela giuridica dell'ambiente più restrittive, qualora lo richiedano situazioni particolari del loro territorio, purchè ciò non comporti un'arbitraria discriminazione, anche attraverso ingiustificati aggravii procedurali. 3. Lo Stato interviene in questioni involgenti interessi ambientali ove gli obiettivi dell'azione prevista, in considerazione delle dimensioni di essa e dell'entità dei relativi effetti, non possano essere sufficientemente realizzati dai livelli territoriali inferiori di governo o non siano stati comunque effettivamente realizzati. 4. Il principio di sussidiarietà di cui al comma 3 opera anche nei rapporti tra regioni ed enti locali minori".

⁷ Art. 3 sexies del D. lgs. citato: "Diritto di accesso alle informazioni ambientali e di partecipazione a scopo collaborativo. 1. In attuazione della legge 7 agosto 1990, n. 241, e successive modificazioni, e delle previsioni della Convenzione di Aarhus, ratificata dall'Italia con la legge 16 marzo 2001, n. 108, e ai sensi del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 195, chiunque, senza essere tenuto a dimostrare la sussistenza di un interesse giuridicamente rilevante, può accedere alle informazioni relative allo stato dell'ambiente e del paesaggio nel territorio nazionale".

⁸ L'art. 5, lettera c) del D.lgs. citato definisce l'impatto ambientale come "l'alterazione qualitativa e/o quantitativa, diretta ed indiretta, a breve e a lungo termine, permanente e temporanea, singola e cumulativa, positiva e negativa dell'ambiente, inteso come sistema di relazioni fra i fattori antropici, naturalistici, chimico-fisici, climatici, paesaggistici, architettonici, culturali, agricoli ed economici, in conseguenza dell'attuazione sul territorio di piani o programmi o di progetti nelle diverse fasi della loro realizzazione, gestione e dismissione, nonché di eventuali malfunzionamenti".

suolo, dell'acqua e dell'aria⁹, nonché a regolamentare, con modalità di semplificazione e coordinamento, le procedure per la valutazione ambientale strategica (VAS)¹⁰, per la valutazione di impatto ambientale (VIA)¹¹ e per l'autorizzazione integrata ambientale (Ippc o AIA)¹².

Le valutazioni ambientali di piani, programmi (VAS) e progetti (VIA) che possono avere impatti significativi sull'ambiente e sul patrimonio culturale (quindi valutazioni riguardanti anche le attività inerenti alla *difesa* dell'ambiente e del patrimonio culturale¹³), hanno la finalità di assicurare che l'attività antropica sia compatibile con le condizioni per uno sviluppo sostenibile, nel rispetto della capacità rigenerativa degli ecosistemi e delle risorse, della salvaguardia della biodiversità e di un'equa distribuzione dei vantaggi connessi all'attività economica. Per mezzo delle suddette procedure si affronta la determinazione della valutazione *preventiva* integrata degli impatti ambientali nello svolgimento delle attività normative e amministrative, di informazione ambientale, di pianificazione e programmazione.

Più precisamente: "la valutazione ambientale di piani e programmi (VAS) che possono avere un impatto significativo sull'ambiente ha la finalità di garantire un

⁹ Il D.lgs. citato è così strutturato: Parte prima - *Disposizioni comuni e principi generali*, Parte seconda - *Procedure per la valutazione ambientale strategica (VAS), per la valutazione d'impatto ambientale (VIA) e per l'autorizzazione ambientale integrata (IPPC)*; Parte terza - *Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche*, Parte quarta - *Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati*, Parte quinta - *Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera*, Parte sesta - *Norme in materia di tutela risarcitoria contro i danni all'ambiente*.

¹⁰ L'art. 5, 1° comma, lettera a) del citato decreto definisce la valutazione ambientale di piani e programmi, denominata VAS, come "il processo che comprende, secondo le disposizioni di cui al titolo II della seconda parte del presente decreto, lo svolgimento di una verifica di assoggettabilità, l'elaborazione del rapporto ambientale, lo svolgimento di consultazioni, la valutazione del piano o del programma, del rapporto e degli esiti delle consultazioni, l'espressione di un parere motivato, l'informazione sulla decisione ed il monitoraggio".

¹¹ L'art. 5, 1° comma, lettera b) del citato decreto definisce "la valutazione ambientale dei progetti, nel seguito valutazione d'impatto ambientale, di seguito VIA: il processo che comprende, secondo le disposizioni di cui al titolo III della seconda parte del presente decreto, lo svolgimento di una verifica di assoggettabilità, la definizione dei contenuti dello studio d'impatto ambientale, lo svolgimento di consultazioni, la valutazione del progetto, dello studio e degli esiti delle consultazioni, l'informazione sulla decisione ed il monitoraggio".

¹² L'art. 5, 1° comma, lettera o-bis) del citato decreto definisce l'autorizzazione integrata ambientale come "il provvedimento previsto dagli articoli 5 e 7 e seguenti del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59". Quest'ultimo decreto ha per oggetto la prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento proveniente dalle attività di cui all'allegato 1 dello stesso e prevede misure intese ad evitare oppure, qualora non sia possibile, ridurre le emissioni delle suddette attività nell'aria, nell'acqua e nel suolo, comprese le misure relative ai rifiuti e per conseguire un livello elevato di protezione dell'ambiente nel suo complesso. Le attività indicate nell'allegato 1 sono le attività energetiche, di produzione e trasformazione dei metalli, impianti industriali, fonderie, industria dei prodotti minerali, industria chimica, impianti chimici. Tale decreto non rileva ai fini della presente relazione, in quanto le attività di dragaggio e ripascimento, che saranno analizzate nel proseguo, non rientrano tra quelle elencate nel suddetto allegato 1.

¹³ Si è introdotto questo inciso per alludere al fatto che anche le opere relative alla difesa della fascia costiera (che costituiranno oggetto di specifica analisi nel seguito della presente trattazione), sono interventi che determinano un impatto ambientale e, pertanto, ricadono nel campo di applicazione del D.lgs. in esame.

elevato livello di protezione dell'ambiente e contribuire all'integrazione di considerazioni ambientali all'atto dell'elaborazione, dell'adozione e approvazione di detti piani e programmi assicurando che siano coerenti e contribuiscano alle condizioni per uno sviluppo sostenibile" (Cfr. art. 4, 4° comma, lettera a) del D.lgs. citato); "la valutazione ambientale dei progetti (VIA) ha la finalità di proteggere la salute umana, contribuire con un migliore ambiente alla qualità della vita, provvedere al mantenimento delle specie e a conservare la capacità di riproduzione dell'ecosistema in quanto risorsa essenziale per la vita. A questo scopo, essa individua, descrive e valuta, in modo appropriato, per ciascun caso particolare e secondo le disposizioni del presente decreto, gli impatti diretti e indiretti di un progetto sui seguenti fattori: 1) l'uomo, la fauna e la flora; 2) il suolo, l'acqua, l'aria e il clima; 3) i beni materiali ed il patrimonio culturale; 4) l'interazione tra i fattori di cui sopra" (Cfr. art. 4, 4° comma, lettera b) del D.lgs. citato).

Dal suddetto quadro normativo emerge la volontà del legislatore di sottoporre, tramite la VAS e la VIA, ad un'attenta analisi¹⁴ ogni intervento umano sull'ambiente - o che possa avere effetti diretti e/o indiretti sull'ambiente e rientrante nell'oggetto di cui all'art. 6 del citato D.lgs.¹⁵ - che sia elaborato

¹⁴ La VAS viene svolta con le modalità indicate dagli artt. 11-18 del Titolo II, Parte II del D.lgs. citato; l'art.11 recita: "La valutazione ambientale strategica è avviata dall'autorità procedente contestualmente al processo di formazione del piano o programma e comprende, secondo le disposizioni di cui agli articoli da 12 a 18: a) lo svolgimento di una verifica di assoggettabilità; b) l'elaborazione del rapporto ambientale; c) lo svolgimento di consultazioni; d) la valutazione del rapporto ambientale e gli esiti delle consultazioni; e) la decisione; f) l'informazione sulla decisione; g) il monitoraggio".

La VIA viene svolta con le modalità indicate dagli artt. 19 - 29 del Titolo III, Parte II del d.lgs. citato; l'art. 19 recita: "La valutazione d'impatto ambientale comprende, secondo le disposizioni di cui agli articoli da 20 a 28: a) lo svolgimento di una verifica di assoggettabilità; b) la definizione dei contenuti dello studio di impatto ambientale; c) la presentazione e la pubblicazione del progetto; d) lo svolgimento di consultazioni; f) la valutazione dello studio ambientale e degli esiti delle consultazioni; g) la decisione; h) l'informazione sulla decisione; i) il monitoraggio. 2. Per i progetti inseriti in piani o programmi per i quali si è conclusa positivamente la procedura di VAS, il giudizio di VIA negativo ovvero il contrasto di valutazione su elementi già oggetto della VAS è adeguatamente motivato".

¹⁵ L' art. 6 del D.lgs. citato definisce l'oggetto della disciplina della VAS e della VIA. Per la VAS l'art. 6, commi da 1 a 4, recita: "1. La valutazione ambientale strategica riguarda i piani e i programmi che possono avere impatti significativi sull'ambiente e sul patrimonio culturale. 2. Fatto salvo quanto disposto al comma 3, viene effettuata una valutazione per tutti i piani e i programmi: a) che sono elaborati per la valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, per i settori agricolo, forestale, della pesca, energetico, industriale, dei trasporti, della gestione dei rifiuti e delle acque, delle telecomunicazioni, turistico, della pianificazione territoriale o della destinazione dei suoli, e che definiscono il quadro di riferimento per l'approvazione, l'autorizzazione, l'area di localizzazione o comunque la realizzazione dei progetti elencati negli allegati II, III e IV del presente decreto; b) per i quali, in considerazione dei possibili impatti sulle finalità di conservazione dei siti designati come zone di protezione speciale per la conservazione degli uccelli selvatici e quelli classificati come siti di importanza comunitaria per la protezione degli habitat naturali e della flora e della fauna selvatica, si ritiene necessaria una valutazione d'incidenza ai sensi dell'articolo 5 del decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357, e successive modificazioni. 3. Per i piani e i programmi di cui al comma 2 che determinano l'uso di piccole aree a livello locale e per le modifiche minori dei piani e dei programmi di cui al comma 2, la valutazione ambientale è necessaria qualora l'autorità competente valuti che possano avere impatti significativi sull'ambiente, secondo le disposizioni di cui all'articolo 12. 3-bis. L'autorità competente

e/o adottato da un'autorità a qualsiasi livello, sia nazionale sia regionale o locale¹⁶.

Data l'importanza e la delicatezza della materia trattata, il legislatore si è altresì occupato di determinare gli effetti giuridici e le sanzioni conseguenti all'adozione

valuta, secondo le disposizioni di cui all'articolo 12, se i piani e i programmi, diversi da quelli di cui al paragrafo 2, che definiscono il quadro di riferimento per l'autorizzazione dei progetti, possono avere effetti significativi sull'ambiente. 4. Sono comunque esclusi dal campo di applicazione del presente decreto: a) i piani e i programmi destinati esclusivamente a scopi di difesa nazionale caratterizzati da somma urgenza o coperti dal segreto di Stato; b) i piani e i programmi finanziari o di bilancio; c) i piani di protezione civile in caso di pericolo per l'incolumità pubblica".

Per la VIA, l'art. 6, commi da 5 a 11, recita: "5. La valutazione d'impatto ambientale, riguarda i progetti che possono avere impatti significativi sull'ambiente e sul patrimonio culturale. 6. Fatto salvo quanto disposto al comma 7, viene effettuata altresì una valutazione per: a) i progetti di cui agli allegati II e III al presente decreto; b) i progetti di cui all'allegato IV al presente decreto, relativi ad opere o interventi di nuova realizzazione, che ricadono, anche parzialmente, all'interno di aree naturali protette come definite dalla legge 6 dicembre 1991, n. 394. 7. La valutazione è inoltre necessaria per: a) i progetti elencati nell'allegato II che servono esclusivamente o essenzialmente per lo sviluppo ed il collaudo di nuovi metodi o prodotti e non sono utilizzati per più di due anni; b) le modifiche o estensioni dei progetti elencati nell'allegato II; c) i progetti elencati nell'allegato IV; qualora in base alle disposizioni di cui al successivo articolo 20 si ritenga che possano avere impatti significativi sull'ambiente. 8. Per i progetti di cui agli allegati III e IV, ricadenti all'interno di aree naturali protette, le soglie dimensionali, ove previste, sono ridotte del cinquanta per cento. 9. Le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano possono definire, per determinate tipologie progettuali o aree predeterminate, sulla base degli elementi indicati nell'allegato V, un incremento nella misura massima del trenta per cento o decremento delle soglie di cui all'allegato IV. Con riferimento ai progetti di cui all'allegato IV, qualora non ricadenti neppure parzialmente in aree naturali protette, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano possono determinare, per specifiche categorie progettuali o in particolari situazioni ambientali e territoriali, sulla base degli elementi di cui all'allegato V, criteri o condizioni di esclusione dalla verifica di assoggettabilità. 10. L'autorità competente in sede statale valuta caso per caso i progetti relativi ad opere ed interventi destinati esclusivamente a scopo di difesa nazionale. La esclusione di tali progetti dal campo di applicazione del decreto, se ciò possa pregiudicare gli scopi della difesa nazionale, è determinata con decreto interministeriale del Ministro della difesa e del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. 11. Sono esclusi in tutto in parte dal campo di applicazione del presente decreto, quando non sia possibile in alcun modo svolgere la valutazione di impatto ambientale, singoli interventi disposti in via d'urgenza, ai sensi dell'articolo 5, commi 2 e 5 della legge 24 febbraio 1992, n. 225, al solo scopo di salvaguardare l'incolumità delle persone e di mettere in sicurezza gli immobili da un pericolo imminente o a seguito di calamità. In tale caso l'autorità competente, sulla base della documentazione immediatamente trasmessa dalle autorità che dispongono tali interventi: a) esamina se sia opportuna un'altra forma di valutazione; b) mette a disposizione del pubblico coinvolto le informazioni raccolte con le altre forme di valutazione di cui alla lettera a), le informazioni relative alla decisione di esenzione e le ragioni per cui è stata concessa; c) informa la Commissione europea, tramite il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare nel caso di interventi di competenza regionale, prima di consentire il rilascio dell'autorizzazione, delle motivazioni dell'esclusione accludendo le informazioni messe a disposizione del pubblico".

¹⁶ L'art. 5, 1° comma, lettera e) del D.lgs. citato definisce i piani e i programmi come "gli atti e provvedimenti di pianificazione e di programmazione comunque denominati, compresi quelli cofinanziati dalla Comunità europea, nonchè le loro modifiche: 1) che sono elaborati e/o adottati da un'autorità a livello nazionale, regionale o locale oppure predisposti da un'autorità per essere approvati, mediante una procedura legislativa, amministrativa o negoziale e 2) che sono previsti da disposizioni legislative, regolamentari o amministrative".

e/o alla realizzazione di un piano, programma o progetto attuate in violazione delle menzionate disposizioni¹⁷.

Alla luce di tutto quanto sopra esposto, si rileva come sia indispensabile procedere ad un'indagine preliminare onde verificare se il piano, programma o progetto che si intende adottare e/o realizzare rientri nel campo di applicazione del presente decreto [ossia nell'art. 6, cit.; cfr. supra, nota 15] e, più precisamente, in quale degli Allegati¹⁸ (II, III o IV) il piano, programma o progetto sia compreso.

¹⁷ Riguardo alla VAS, l'art. 11, 5° comma del D.lgs. citato dispone: "*La VAS costituisce per i piani e programmi a cui si applicano le disposizioni del presente decreto, parte integrante del procedimento di adozione ed approvazione. I provvedimenti amministrativi di approvazione adottati senza la previa valutazione ambientale strategica, ove prescritta, sono annullabili per violazione di legge*".

Riguardo alla VIA, l'art. 29 del D.lgs. citato dispone: "*Controlli e sanzioni. 1. La valutazione di impatto ambientale costituisce, per i progetti di opere ed interventi a cui si applicano le disposizioni del presente decreto, presupposto o parte integrante del procedimento di autorizzazione o approvazione. I provvedimenti di autorizzazione o approvazione adottati senza la previa valutazione di impatto ambientale, ove prescritta, sono annullabili per violazione di legge. 2. Fermi restando i compiti di vigilanza e controllo stabiliti dalle norme vigenti, l'autorità competente esercita il controllo sull'applicazione delle disposizioni di cui al Titolo III della parte seconda del presente decreto nonché sull'osservanza delle prescrizioni impartite in sede di verifica di assoggettabilità e di valutazione. Per l'effettuazione dei controlli l'autorità competente può avvalersi, nel quadro delle rispettive competenze, del sistema agenziale. 3. Qualora si accertino violazioni delle prescrizioni impartite o modifiche progettuali tali da incidere sugli esiti e sulle risultanze finali delle fasi di verifica di assoggettabilità e di valutazione, l'autorità competente, previa eventuale sospensione dei lavori, impone al proponente l'adeguamento dell'opera o intervento, stabilendone i termini e le modalità. Qualora il proponente non adempia a quanto imposto, l'autorità competente provvede d'ufficio a spese dell'inadempiente. Il recupero di tali spese è effettuato con le modalità e gli effetti previsti dal regio decreto 14 aprile 1910, n. 639, sulla riscossione delle entrate patrimoniali dello Stato. 4. Nel caso di opere ed interventi realizzati senza la previa sottoposizione alle fasi di verifica di assoggettabilità o di valutazione in violazione delle disposizioni di cui al presente Titolo III, nonché nel caso di difformità sostanziali da quanto disposto dai provvedimenti finali, l'autorità competente, valutata l'entità del pregiudizio ambientale arrecato e quello conseguente alla applicazione della sanzione, dispone la sospensione dei lavori e può disporre la demolizione ed il ripristino dello stato dei luoghi e della situazione ambientale a cura e spese del responsabile, definendone i termini e le modalità. In caso di inottemperanza, l'autorità competente provvede d'ufficio a spese dell'inadempiente. Il recupero di tali spese è effettuato con le modalità e gli effetti previsti dal testo unico delle disposizioni di legge relative alla riscossione delle entrate patrimoniali dello Stato approvato con regiodecreto 14 aprile 1910, n. 639, sulla riscossione delle entrate patrimoniali dello Stato. 5. In caso di annullamento in sede giurisdizionale o di autotutela di autorizzazioni o concessioni rilasciate previa valutazione di impatto ambientale o di annullamento del giudizio di compatibilità ambientale, i poteri di cui al comma 4 sono esercitati previa nuova valutazione di impatto ambientale. 6. Resta, in ogni caso, salva l'applicazione di sanzioni previste dalle norme vigenti*".

Si veda anche la Parte Sesta del D.lgs. citato: "Norme di tutela in materia risarcitoria contro i danni all'ambiente" (dall'art. 299 al 318).

¹⁸ Gli Allegati alla Parte Seconda del D.lgs. in esame sono i seguenti: Allegato I (Criteri per la verifica di assoggettabilità di piani e programmi di cui all'articolo 12); Allegato II (Progetti di competenza statale), Allegato III (Progetti di competenza delle regioni e delle province autonome di Trento e di Bolzano); Allegato IV (Progetti sottoposti alla Verifica di assoggettabilità di competenza delle regioni e delle province autonome di Trento e Bolzano); Allegato V (Criteri per la Verifica di assoggettabilità di cui all'art.20), Allegato VI (Contenuti del Rapporto ambientale di cui all'art.13); Allegato VII (Contenuti dello Studio di impatto ambientale di cui all'art.22).

Difatti la riconduzione di un piano, programma o progetto in uno di quelli indicati nell'art. 6 cit., unitamente all'individuazione dell'Allegato, permette di stabilire: a) quale sia l'autorità competente¹⁹, statale, regionale o locale²⁰, in materia di VAS e di VIA; b) le modalità della procedura da seguire in sede di VAS e di VIA, in quanto il decreto in esame prevede che alcuni²¹ piani, programmi e progetti vengano sottoposti ad una previa *verifica di assoggettabilità*²², in base al cui esito l'autorità competente decide se il piano, programma o progetto possa avere impatti significativi sull'ambiente (in tal caso continua l'iter procedurale della VAS – secondo gli artt. da 13 a 18 - o della VIA – secondo gli artt. da 21 a 28)²³, oppure se possa essere adottato e/o realiz-

¹⁹ L'art. 5, 1° comma, lettera p) definisce l'autorità competente come: *"la pubblica amministrazione cui compete l'adozione del provvedimento di verifica di assoggettabilità, l'elaborazione del parere motivato, nel caso di valutazione di piani e programmi, e l'adozione dei provvedimenti conclusivi in materia di VIA, nel caso di progetti"*.

²⁰ Per la VAS, l'art. 7, 1° e 2° comma del D.lgs. cit., stabilisce: "Sono sottoposti a VAS in sede statale i piani e programmi di cui all'articolo 6, commi da 1 a 4, la cui approvazione compete ad organi dello Stato. 2. Sono sottoposti a VAS secondo le disposizioni delle leggi regionali, i piani e programmi di cui all'articolo 6, commi da 1 a 4, la cui approvazione compete alle regioni e province autonome o agli enti locali".

Per la VIA, l'art. 7, 3° e 4° comma del D.lgs. cit., stabilisce: " *3. Sono sottoposti a VIA in sede statale i progetti di cui all'allegato II al presente decreto. 4. Sono sottoposti a VIA secondo le disposizioni delle leggi regionali, i progetti di cui agli allegati III e IV al presente decreto"*.

Si riportano anche i commi 5 e 6 dell'art.7 cit.: "5. *In sede statale, l'autorità competente è il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Il provvedimento di VIA e il parere motivato in sede di VAS sono espressi di concerto con il Ministro per i beni e le attività culturali, che collabora alla relativa attività istruttoria. 6. In sede regionale, l'autorità competente è la pubblica amministrazione con compiti di tutela, protezione e valorizzazione ambientale individuata secondo le disposizioni delle leggi regionali o delle province autonome. 7. Le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano disciplinano con proprie leggi e regolamenti le competenze proprie e quelle degli altri enti locali"*.

²¹ L'individuazione dei piani e programmi che devono essere sottoposti alla verifica di assoggettabilità e che, conseguentemente, possono essere esclusi dalla procedura della VAS è effettuata dall'art. 6, comma 3 e 3 bis del D.lgs. cit., riportato *supra*, nota 15. La verifica di assoggettabilità è regolata dall'art. 12, vedi *infra*, nota 24.

L'individuazione dei progetti che devono essere sottoposti alla verifica di assoggettabilità e che, conseguentemente, possono essere esclusi dalla procedura della VIA è effettuata dall'art.6, comma 7, lettera c) del D.lgs. cit. [riportato *supra*, nota 15] e dall'art. 20 del D.lgs. citato, per il quale vedi *infra* nota 24. Si rileva che il comma 9 del suddetto art. 6 prevede anche casi di esclusione dalla verifica di assoggettabilità [Comma 9: "Con riferimento ai progetti di cui all'allegato IV, qualora non ricadenti neppure parzialmente in aree naturali protette, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano possono determinare, per specifiche categorie progettuali o in particolari situazioni ambientali e territoriali, sulla base degli elementi di cui all'allegato V, criteri o condizioni di esclusione dalla verifica di assoggettabilità"]. La verifica di assoggettabilità è regolata dall'art. 20 (vedi *infra*, nota 24).

²² L'art. 5, 1° comma, lettera m) del D.lgs. cit. definisce la verifica di assoggettabilità come: *"la verifica attivata allo scopo di valutare, ove previsto, se piani, programmi o progetti possono avere un impatto significativo sull'ambiente e devono essere sottoposti alla fase di valutazione secondo le disposizioni del presente decreto"*.

²³ L'articolazione della procedura della VAS è descritta dagli artt. 11 -18 del D.lgs. cit. (vedi *supra* nota 14, p. 7); l'articolazione della procedura di VIA è descritta dagli artt. 19 - 28 del D.lgs. cit. (vedi *supra* nota 14).

zato senza ulteriori indagini (in tal caso l'autorità può impartire le necessarie prescrizioni)²⁴.

In sintesi: dopo aver determinato che il piano, programma o progetto rientri nel campo di applicazione del decreto in esame e a seguito dell'individuazione dell'autorità competente - nonché a seguito dell'eventuale sottoposizione dell'intervento

²⁴ La verifica di assoggettabilità in tema di VAS è regolata dall'art. 12 del D.lgs. citato: "Art. 12. *Verifica di assoggettabilità.* 1. *Nel caso di piani e programmi di cui all'articolo 6, comma 3, l'autorità procedente trasmette all'autorità competente, su supporto cartaceo ed informatico, un rapporto preliminare comprendente una descrizione del piano o programma e le informazioni e i dati necessari alla verifica degli impatti significativi sull'ambiente dell'attuazione del piano o programma, facendo riferimento ai criteri dell'allegato I del presente decreto.* 2. *L'autorità competente in collaborazione con l'autorità procedente, individua i soggetti competenti in materia ambientale da consultare e trasmette loro il documento preliminare per acquisirne il parere. Il parere è inviato entro trenta giorni all'autorità competente ed all'autorità procedente.* 3. *Salvo quanto diversamente concordato dall'autorità competente con l'autorità procedente, l'autorità competente, sulla base degli elementi di cui all'allegato I del presente decreto e tenuto conto delle osservazioni pervenute, verifica se il piano o programma possa avere impatti significativi sull'ambiente.* 4. *L'autorità competente, sentita l'autorità procedente, tenuto conto dei contributi pervenuti, entro novanta giorni dalla trasmissione di cui al comma 1, emette il provvedimento di verifica assoggettando o escludendo il piano o il programma dalla valutazione di cui agli articoli da 13 a 18 e, se del caso, definendo le necessarie prescrizioni.* 5. *Il risultato della verifica di assoggettabilità, comprese le motivazioni, deve essere reso pubblico*".

La verifica di assoggettabilità in tema di VIA è regolata dall'art. 20 del D.lgs. citato: "Art. 20. *Verifica di assoggettabilità.* 1. *Il proponente trasmette all'autorità competente il progetto preliminare, lo studio preliminare ambientale e una loro copia conforme in formato elettronico su idoneo supporto nel caso di progetti: a) elencati nell'allegato II che servono esclusivamente o essenzialmente per lo sviluppo ed il collaudo di nuovi metodi o prodotti e non sono utilizzati per più di due anni; b) inerenti modifiche dei progetti elencati negli allegati II che comportino effetti negativi apprezzabili per l'ambiente, nonché quelli di cui all'allegato IV secondo le modalità stabilite dalle Regioni e dalle province autonome, tenendo conto dei commi successivi del presente articolo.* 2. *Dell'avvenuta trasmissione è dato sintetico avviso, a cura del proponente, nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana per i progetti di competenza statale, nel Bollettino Ufficiale della regione per i progetti di rispettiva competenza, nonché all'albo pretorio dei comuni interessati. Nell'avviso sono indicati il proponente, l'oggetto e la localizzazione prevista per il progetto, il luogo ove possono essere consultati gli atti nella loro interezza ed i tempi entro i quali è possibile presentare osservazioni. In ogni caso copia integrale degli atti è depositata presso i comuni ove il progetto è localizzato. Nel caso dei progetti di competenza statale la documentazione è depositata anche presso la sede delle regioni e delle province ove il progetto è localizzato. I principali elaborati del progetto preliminare e lo studio preliminare ambientale, sono pubblicati sul sito web dell'autorità competente.* 3. *Entro quarantacinque giorni dalla pubblicazione dell'avviso di cui al comma 2 chiunque abbia interesse può far pervenire le proprie osservazioni.* 4. *L'autorità competente nei successivi quarantacinque giorni, sulla base degli elementi di cui all'allegato V del presente decreto e tenuto conto dei risultati della consultazione, verifica se il progetto abbia possibili effetti negativi apprezzabili sull'ambiente. Entro la scadenza del termine l'autorità competente deve comunque esprimersi.* 5. *Se il progetto non ha impatti ambientali significativi o non costituisce modifica sostanziale, l'autorità competente dispone l'esclusione dalla procedura di valutazione ambientale e, se del caso, impartisce le necessarie prescrizioni.* 6. *Se il progetto ha possibili impatti significativi o costituisce modifica sostanziale si applicano le disposizioni degli articoli da 21 a 28.* 7. *Il provvedimento di assoggettabilità, comprese le motivazioni, è pubblico a cura dell'autorità competente mediante: a) un sintetico avviso pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana ovvero nel Bollettino Ufficiale della regione o della provincia autonoma; b) con la pubblicazione integrale sul sito web dell'autorità competente*".

alla verifica di assoggettabilità ed in relazione all'esito della stessa - il procedimento prosegue così come disciplinato dagli artt. 11-18 per la VAS e dagli artt. 19-28 per la VIA.

Le caratteristiche principali delle due procedure possono così evidenziarsi:

1) Entrambe le procedure (di VAS e di VIA) prevedono la partecipazione ed il coinvolgimento dei vari soggetti competenti in materia ambientale²⁵, nonché forme di consultazione ed informazione del pubblico²⁶.

²⁵ L'art. 5, 1° comma, lettera s) del D.lgs. cit. definisce i soggetti competenti in materia ambientale come "le pubbliche amministrazioni e gli enti pubblici che, per le loro specifiche competenze o responsabilità in campo ambientale, possono essere interessate agli impatti sull'ambiente dovuti all'attuazione dei piani, programmi o progetti". Tali soggetti vengono informati, consultati, forniscono pareri e si esprimono in merito al rapporto ambientale per la VAS e allo studio ambientale per la VIA [artt. 11-18 del D.lgs. cit. per la VAS e artt. 19 - 28 per la VIA; vedi anche *supra*, nota 14, p.7]. Vedi anche l'art. 9 del D.lgs. cit. (*Norme procedurali generali*), che prevede la facoltà dell'autorità competente di indire una o più conferenze di servizi, ai sensi della l. 1990 n. 241, al fine di acquisire elementi informativi e le valutazioni delle altre autorità pubbliche interessate; nonché di concludere, con il proponente o l'autorità procedente e le altre amministrazioni pubbliche interessate, accordi per disciplinare lo svolgimento delle attività di interesse comune ai fini della semplificazione e della maggiore efficacia dei procedimenti.

²⁶ L'art. 14, 3° comma, in tema di VAS stabilisce: "chiunque può prendere visione della proposta di piano o programma e del relativo rapporto ambientale e presentare proprie osservazioni, anche fornendo nuovi o ulteriori elementi conoscitivi e valutativi"; L'art. 24, 4° comma, in tema di VIA stabilisce: "chiunque abbia interesse può prendere visione del progetto e del relativo studio ambientale, presentare proprie osservazioni, anche fornendo nuovi o ulteriori elementi conoscitivi e valutativi" (vedi anche art. 20, 3° comma e art. 26, 3° comma).

Inoltre si rileva che le proposte di piani, programmi e progetti ed i risultati delle relative procedure devono essere resi pubblici. Per la VAS l'art. 13, 5° comma, stabilisce: "La proposta di piano o programma ed il rapporto ambientale sono altresì messi a disposizione dei soggetti competenti in materia ambientale e del pubblico interessato affinché questi abbiano l'opportunità di esprimersi"; l'art. 14, 2° comma, recita: "L'autorità competente e l'autorità procedente mettono, altresì, a disposizione del pubblico la proposta di piano o programma ed il rapporto ambientale mediante il deposito presso i propri uffici e la pubblicazione sul proprio sito web"; l'art. 17 stabilisce: "La decisione finale è pubblicata nella Gazzetta Ufficiale o nel Bollettino Ufficiale della Regione con l'indicazione della sede ove si possa prendere visione del piano o programma adottato e di tutta la documentazione oggetto dell'istruttoria. Sono inoltre rese pubbliche, anche attraverso la pubblicazione sui siti web della autorità interessate: a) il parere motivato espresso dall'autorità competente; b) una dichiarazione di sintesi in cui si illustra in che modo le considerazioni ambientali sono state integrate nel piano o programma e come si è tenuto conto del rapporto ambientale e degli esiti delle consultazioni, nonché le ragioni per le quali è stato scelto il piano o il programma adottato, alla luce delle alternative possibili che erano state individuate; c) le misure adottate in merito al monitoraggio di cui all'articolo 18". Per la VIA l'art. 20 recita: "Il provvedimento di assoggettabilità, comprese le motivazioni, è pubblico a cura dell'autorità competente mediante: a) un sintetico avviso pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana ovvero nel Bollettino Ufficiale della regione o della provincia autonoma; b) con la pubblicazione integrale sul sito web dell'autorità competente"; l'art. 24, 1° comma, recita: "Contestualmente alla presentazione di cui all'articolo 23, comma 1, del progetto deve essere data notizia a mezzo stampa e su sito web dell'autorità competente"; l'art. 27 stabilisce: "Il provvedimento di valutazione dell'impatto ambientale è pubblicato per estratto, con indicazione dell'opera, dell'esito del provvedimento e dei luoghi ove lo stesso potrà essere consultato nella sua interezza, a cura del proponente nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana per i progetti di competenza statale ovvero nel Bollettino Ufficiale della regione, per i progetti di rispettiva competenza. Dalla data di pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale ovvero dalla data di pubblicazione nel Bollettino Ufficiale della regione decor-

2) Nel processo di formazione della decisione finale assumono un'importanza fondamentale le indagini tecnico-scientifiche svolte durante l'elaborazione del rapporto ambientale²⁷ (per la VAS) e dello studio di impatto ambientale²⁸ (per la VIA). Difatti, in tema di VAS, l'autorità competente, in collaborazione con l'autorità procedente, esprime il proprio parere motivato sulla base della valutazione del rapporto ambientale e degli esiti delle consultazioni (vedi art. 15, 1° comma, D.lgs. cit.); in tema di VIA, l'autorità competente conclude con provvedimento espresso e motivato il procedimento di valutazione dell'impatto ambientale sulla base della valutazione dello studio di impatto ambientale e degli esiti della consultazione (vedi artt. 25 e 26, 1° comma, D.lgs. cit.).

3) Si ricorda²⁹ che: a) il parere motivato espresso al termine della procedura di VAS costituisce per i piani e programmi a cui si applicano le disposizioni del decreto

rono i termini per eventuali impugnazioni in sede giurisdizionale da parte di soggetti interessati. 2. Il provvedimento di valutazione dell'impatto ambientale deve essere pubblicato per intero e su sito web dell'autorità competente indicando la sede ove si possa prendere visione di tutta la documentazione oggetto dell'istruttoria e delle valutazioni successive".

²⁷ Il rapporto ambientale è il documento del piano o del programma redatto in conformità alle previsioni di cui all'articolo 13. Il comma 4 dell'art. 13 stabilisce: "Nel rapporto ambientale debbono essere individuati, descritti e valutati gli impatti significativi che l'attuazione del piano o del programma proposto potrebbe avere sull'ambiente e sul patrimonio culturale, nonché le ragionevoli alternative che possono adottarsi in considerazione degli obiettivi e dell'ambito territoriale del piano o del programma stesso. L'allegato VI al presente decreto riporta le informazioni da fornire nel rapporto ambientale a tale scopo, nei limiti in cui possono essere ragionevolmente richieste, tenuto conto del livello delle conoscenze e dei metodi di valutazione correnti, dei contenuti e del livello di dettaglio del piano o del programma". L'allegato VI definisce i contenuti del rapporto ambientale. Si aggiunge che le indagini e gli studi tecnico-scientifici rilevano anche nella successiva fase del monitoraggio [art. 18, D.lgs. cit.]

²⁸ Lo studio di impatto ambientale è l'elaborato che integra il progetto definitivo, redatto in conformità alle previsioni di cui all'articolo 22. L'art. 22 stabilisce: "Lo studio di impatto ambientale, è predisposto, secondo le indicazioni di cui all'allegato VII del presente decreto e nel rispetto degli esiti della fase di consultazione definizione dei contenuti di cui all'articolo 21, qualora attivata. 3. Lo studio di impatto ambientale contiene almeno le seguenti informazioni: a) una descrizione del progetto con informazioni relative alle sue caratteristiche, alla sua localizzazione ed alle sue dimensioni; b) una descrizione delle misure previste per evitare, ridurre e possibilmente compensare gli impatti negativi rilevanti; c) i dati necessari per individuare e valutare i principali impatti sull'ambiente e sul patrimonio culturale che il progetto può produrre, sia in fase di realizzazione che in fase di esercizio; d) una descrizione sommaria delle principali alternative prese in esame dal proponente, ivi compresa la cosiddetta opzione zero, con indicazione delle principali ragioni della scelta, sotto il profilo dell'impatto ambientale; e) una descrizione delle misure previste per il monitoraggio. 4. Ai fini della predisposizione dello studio di impatto ambientale e degli altri elaborati necessari per l'espletamento della fase di valutazione, il proponente ha facoltà di accedere ai dati ed alle informazioni disponibili presso la pubblica amministrazione, secondo quanto disposto dalla normativa vigente in materia. 5. Allo studio di impatto ambientale deve essere allegata una sintesi non tecnica delle caratteristiche dimensionali e funzionali del progetto e dei dati ed informazioni contenuti nello studio stesso inclusi elaborati grafici. La documentazione dovrà essere predisposta al fine consentirne un'agevole comprensione da parte del pubblico ed un'agevole riproduzione". L'allegato VII definisce i contenuti dello studio di impatto ambientale. Si aggiunge che le indagini e gli studi tecnico-scientifici rilevano anche nella successiva fase del monitoraggio [art. 28, D.lgs. cit.]

²⁹ Vedi *supra*, nota 17.

in esame, parte integrante del procedimento di adozione ed approvazione ed i provvedimenti amministrativi di approvazione adottati senza la previa valutazione ambientale strategica, ove prescritta, sono annullabili per violazione di legge (vedi art. 11, 5° comma, d.lgs. cit.); b) Il provvedimento espresso e motivato che conclude la VIA costituisce, per i progetti di opere ed interventi a cui si applicano le disposizioni del decreto in esame, presupposto o parte integrante del procedimento di autorizzazione o approvazione ed i provvedimenti di autorizzazione o approvazione adottati senza la previa valutazione di impatto ambientale, ove prescritta, sono annullabili per violazione di legge (vedi art. 29, D.lgs. cit.); c) La Parte Sesta del D.lgs. citato detta le norme di tutela in materia risarcitoria contro i danni all'ambiente (dall'art. 299 al 318).

4) Si rileva che sulle modalità procedurali sia della VAS che della VIA incide la qualificazione dell'area geografica interessata dal piano, programma o progetto, ovvero se essa sia classificata, come area protetta³⁰ (vedi *infra* punto a) o zona speciale di conservazione o sito di importanza comunitaria³¹ (vedi *infra* punto b).

a) Per quanto riguarda le aree protette, dalla lettura combinata dell'art. 6, 2° comma, lettera b) del D.lgs. 2006 n. 152 con l'art. 5 del D.P.R. 8 settembre 1997, n. 357 (vedi nota 31 e *infra* nota 35), emerge che i piani, programmi e progetti che interessano proposti siti di importanza comunitaria, siti di importanza comunitaria e zone speciali di conservazione ricadenti, interamente o parzialmente, in un'area naturale protetta nazionale, come definita dalla legge 6 dicembre 1991, n. 394, sono sottoposti alla "valutazione di incidenza"³², sentito l'Ente gestore della stessa.

³⁰ Le aree protette sono regolate dalla legge del 06.12.1991 n. 394. L'art. 8 disciplina l'istituzione delle aree protette nazionali: "1. I parchi nazionali individuati e delimitati secondo le modalità di cui all'articolo 4 sono istituiti e delimitati in via definitiva con decreto del Presidente della Repubblica, su proposta del Ministro dell'ambiente, sentita la regione. 2. Le riserve naturali statali, individuate secondo le modalità di cui all'articolo 4, sono istituite con decreto del Ministro dell'ambiente, sentita la regione. 3. Qualora il parco o la riserva interessi il territorio di una regione a statuto speciale o provincia autonoma si procede di intesa. 4. Qualora il parco o la riserva interessi il territorio di più regioni, ivi comprese quelle a statuto speciale o province autonome, è comunque garantita una configurazione ed una gestione unitaria. 5. Con il provvedimento che istituisce il parco o la riserva naturale possono essere integrate, sino alla entrata in vigore della disciplina di ciascuna area protetta, le misure di salvaguardia introdotte ai sensi dell'articolo 6. 6. Salvo quanto previsto dall'articolo 34, commi 1 e 2, e dall'articolo 35, commi 1, 3, 4 e 5, alla istituzione di enti parco si provvede sulla base di apposito provvedimento legislativo. 7. Le aree protette marine sono istituite in base alle disposizioni di cui all'articolo 18". La classificazione e l'istituzione dei parchi e delle riserve naturali di interesse regionale e locale sono effettuate dalle regioni (art. 2, 8° comma).

Per le aree marine protette si veda anche la legge del 31.12.1982 n. 979, recante disposizioni per la difesa del mare e la legge 1985 n.127 per le aree del Mediterraneo particolarmente protette. Le aree marine protette sono istituite con un Decreto del Ministro dell'ambiente che contiene la denominazione e la delimitazione dell'area, gli obiettivi e la disciplina di tutela a cui è finalizzata la protezione (art. 18, L.1991 n. 394).

³¹ Il D.P.R. del 08.09.1997 n. 357 (così come modificato dal D.P.R. del 12.03.2003 n. 120) è il regolamento nazionale di attuazione della direttiva 92/43/CEE "Habitat", relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche.

³² L'art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357 (cfr. nota 31) prevede una "valutazione di incidenza" a cui sottoporre piani, programmi e progetti onde individuare e valutare gli effetti che questi possono avere sul proposto sito di importanza comunitaria, sul sito di importanza comunitaria o sulla zona speciale di conservazione, tenuto conto degli obiettivi di conservazione dei medesimi.

Tale valutazione di incidenza, ai sensi dell'art. 10, 3° comma del D.lgs. 2006 n. 152, viene effettuata all'interno delle procedure di VAS e di VIA [l'art. 10 cit. dispone che *"la VAS e la VIA comprendono le procedure di valutazione d'incidenza di cui all'articolo 5 del decreto n. 357 del 1997; a tal fine, il rapporto ambientale, lo studio preliminare ambientale o lo studio di impatto ambientale contengono gli elementi di cui all'allegato G dello stesso decreto n. 357 del 1997 e la valutazione dell'autorità competente si estende alle finalità di conservazione proprie della valutazione d'incidenza oppure dovrà dare atto degli esiti della valutazione di incidenza ..."*].

Si aggiunge che l'art. 6, 6° comma, lettera b) del D.lgs. 2006 n. 152 stabilisce che sono sottoposti alla VIA *"i progetti di cui all'allegato IV al presente decreto, relativi ad opere o interventi di nuova realizzazione, che ricadono, anche parzialmente, all'interno di aree naturali protette come definite dalla legge 6 dicembre 1991, n. 394"*. Quindi sono sottoposti alla VIA *tutti* i progetti dell'Allegato IV che ricadano anche parzialmente all'interno di *tutte* le aree naturali protette. In più il comma 8 dell'art. 6 dispone *"che per i progetti di cui agli allegati III e IV, ricadenti all'interno di aree naturali protette, le soglie dimensionali, ove previste, sono ridotte del cinquanta per cento"*.

b) Per quanto riguarda le zone speciali di conservazione³³ e i siti di importanza comunitaria³⁴, l'art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357 (cfr. nota 31) prevede una "valutazione di incidenza" a cui sottoporre piani, programmi e progetti onde individuare e valutare gli effetti che questi possono avere sul proposto sito di importanza comu-

³³ Ai sensi dell'art.2, lettera n) del D.P.R. 1997 n. 357 (vedi nota 32) la zona speciale di conservazione è *"un sito di importanza comunitaria designato in base all'articolo 3, comma 2, in cui sono applicate le misure di conservazione necessarie al mantenimento o al ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, degli habitat naturali o delle popolazioni delle specie per cui il sito è designato"*. L'art. 3, comma 2 stabilisce che *"il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, designa, con proprio decreto, adottato d'intesa con ciascuna regione interessata i siti al comma 1 quali «Zone speciali di conservazione», entro il termine massimo di sei anni, dalla definizione, da parte della Commissione europea dell'elenco dei siti"*.

³⁴ Ai sensi dell'art.2, lettera m) del D.P.R. 1997 n. 357 (vedi nota 32) il sito di importanza comunitaria è *"un sito che è stato inserito nella lista dei siti selezionati dalla Commissione europea e che, nella o nelle regioni biogeografiche cui appartiene, contribuisce in modo significativo a mantenere o a ripristinare un tipo di habitat naturale di cui all'allegato A o di una specie di cui all'allegato B in uno stato di conservazione soddisfacente e che può, inoltre, contribuire in modo significativo alla coerenza della rete ecologica «Natura 2000» di cui all'articolo 3, al fine di mantenere la diversità biologica nella regione biogeografica o nelle regioni biogeografiche in questione. Per le specie animali che occupano ampi territori, i siti di importanza comunitaria corrispondono ai luoghi, all'interno della loro area di distribuzione naturale, che presentano gli elementi fisici o biologici essenziali alla loro vita e riproduzione"*.

Ai sensi del D.M. 3 settembre 2002 ("Linee guida per la gestione dei siti natura 2000") la rete Natura 2000 è *"costituita dall'insieme dei siti denominati ZPS (Zone di Protezione Speciale) e SIC (Siti di Importanza Comunitaria), attualmente proposti alla Commissione europea, e che al termine dell'iter istitutivo saranno designati come ZSC (Zone Speciali di Conservazione), i quali garantiranno la presenza, il mantenimento e/o il ripristino di habitat e di specie peculiari del continente europeo, particolarmente minacciati di frammentazione ed estinzione. I criteri di elezione dei siti proposti dagli Stati membri, descritti nell'allegato III della direttiva Habitat, delineano il percorso metodologico per la costruzione della rete europea denominata Natura 2000"*.

Le zone di protezione speciale sono quelle previste dalla direttiva 79/409/CEE, concernente la conservazione degli uccelli selvatici, e dall'articolo 1, comma 5, della legge 11 febbraio 1992, n. 157.

nitaria, sul sito di importanza comunitaria o sulla zona speciale di conservazione, tenuto conto degli obiettivi di conservazione dei medesimi³⁵. Tale valutazione di incidenza viene effettuata all'interno delle procedure di VAS e di VIA, in forza dell' art. 10, 3° comma del D.lgs. 2006 n. 152 (l'art. 10 è stato riportato *supra*, al punto a).

³⁵ Si riporta l'art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357: "*Valutazione di incidenza. 1. Nella pianificazione e programmazione territoriale si deve tenere conto della valenza naturalistico-ambientale dei proposti siti di importanza comunitaria, dei siti di importanza comunitaria e delle zone speciali di conservazione. 2. I proponenti di piani territoriali, urbanistici e di settore, ivi compresi i piani agricoli e faunistico-venatori e le loro varianti, predispongono, secondo i contenuti di cui all' allegato G , uno studio per individuare e valutare gli effetti che il piano può avere sul sito, tenuto conto degli obiettivi di conservazione del medesimo. Gli atti di pianificazione territoriale da sottoporre alla valutazione di incidenza sono presentati, nel caso di piani di rilevanza nazionale, al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e, nel caso di piani di rilevanza regionale, interregionale, provinciale e comunale, alle regioni e alle province autonome competenti.3. I proponenti di interventi non direttamente connessi e necessari al mantenimento in uno stato di conservazione soddisfacente delle specie e degli habitat presenti nel sito, ma che possono avere incidenze significative sul sito stesso, singolarmente o congiuntamente ad altri interventi, presentano, ai fini della valutazione di incidenza, uno studio volto ad individuare e valutare, secondo gli indirizzi espressi nell' allegato G , i principali effetti che detti interventi possono avere sul proposto sito di importanza comunitaria, sul sito di importanza comunitaria o sulla zona speciale di conservazione, tenuto conto degli obiettivi di conservazione dei medesimi. 4. Per i progetti assoggettati a procedura di valutazione di impatto ambientale, ai sensi dell' articolo 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349 , e del decreto del Presidente della Repubblica 12 aprile 1996 , pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 210 del 7 settembre 1996, e successive modificazioni ed integrazioni, che interessano proposti siti di importanza comunitaria, siti di importanza comunitaria e zone speciali di conservazione, come definiti dal presente regolamento, la valutazione di incidenza è ricompresa nell'ambito della predetta procedura che, in tal caso, considera anche gli effetti diretti ed indiretti dei progetti sugli habitat e sulle specie per i quali detti siti e zone sono stati individuati. A tale fine lo studio di impatto ambientale predisposto dal proponente deve contenere gli elementi relativi alla compatibilità del progetto con le finalità conservative previste dal presente regolamento, facendo riferimento agli indirizzi di cui all' allegato G. 5. Ai fini della valutazione di incidenza dei piani e degli interventi di cui ai commi da 1 a 4, le regioni e le province autonome, per quanto di propria competenza, definiscono le modalità di presentazione dei relativi studi, individuano le autorità competenti alla verifica degli stessi, da effettuarsi secondo gli indirizzi di cui all' allegato G , i tempi per l'effettuazione della medesima verifica, nonché le modalità di partecipazione alle procedure nel caso di piani interregionali. 6. Fino alla individuazione dei tempi per l'effettuazione della verifica di cui al comma 5, le autorità di cui ai commi 2 e 5 effettuano la verifica stessa entro sessanta giorni dal ricevimento dello studio di cui ai commi 2, 3 e 4 e possono chiedere una sola volta integrazioni dello stesso ovvero possono indicare prescrizioni alle quali il proponente deve attenersi. Nel caso in cui le predette autorità chiedano integrazioni dello studio, il termine per la valutazione di incidenza decorre nuovamente dalla data in cui le integrazioni pervengono alle autorità medesime. 7. La valutazione di incidenza di piani o di interventi che interessano proposti siti di importanza comunitaria, siti di importanza comunitaria e zone speciali di conservazione ricadenti, interamente o parzialmente, in un'area naturale protetta nazionale, come definita dalla legge 6 dicembre 1991, n. 394, è effettuata sentito l'ente di gestione dell'area stessa. 8. L'autorità competente al rilascio dell'approvazione definitiva del piano o dell'intervento acquisisce preventivamente la valutazione di incidenza, eventualmente individuando modalità di consultazione del pubblico interessato dalla realizzazione degli stessi. 9. Qualora, nonostante le conclusioni negative della valutazione di incidenza sul sito ed in mancanza di soluzioni alternative possibili, il piano o l'intervento debba essere realizzato per motivi imperativi di rilevante interesse pubblico, inclusi motivi di natura sociale ed economica, le amministrazioni competenti adottano ogni misura compensativa necessaria per garantire la coerenza globale della rete "Natura 2000" e ne danno*

5) Il d.lgs. citato è stato adottato nel rispetto del Trattato dell'Unione Europea. La parte seconda del decreto contiene norme di recepimento delle seguenti direttive comunitarie:

- direttiva 2001/42/CEE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 giugno 2001, concernente la valutazione degli impatti di determinati piani e programmi sull'ambiente;
- direttiva 85/337/CEE del Consiglio del 27 giugno 1985, concernente la valutazione di impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati, come modificata ed integrata con la direttiva 97/11/CE del Consiglio del 3 marzo 1997 e con la direttiva 2003/35/CEE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 maggio 2003;
- direttive 79/409/CEE concernente la conservazione degli uccelli selvatici;
- direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche.

La parte terza del decreto contiene le norme di recepimento delle seguenti direttive comunitarie:

- a) direttiva 75/440/CEE relativa alla qualità delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile;
- b) direttiva 76/464/CEE concernente l'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose scaricate nell'ambiente idrico;
- c) direttiva 78/659/CEE relativa alla qualità delle acque dolci che richiedono protezione o miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci;
- d) direttiva 79/869/CEE relativa ai metodi di misura, alla frequenza dei campionamenti e delle analisi delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile;
- e) direttiva 79/923/CEE relativa ai requisiti di qualità delle acque destinate alla molluschicoltura;
- f) direttiva 80/68/CEE relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose;
- g) direttiva 82/176/CEE relativa ai valori limite ed obiettivi di qualità per gli scarichi di mercurio del settore dell'elettrolisi dei cloruri alcalini;
- h) direttiva 83/513/CEE relativa ai valori limite ed obiettivi di qualità per gli scarichi di cadmio;
- i) direttiva 84/156/CEE relativa ai valori limite ed obiettivi di qualità per gli scarichi di mercurio provenienti da settori diversi da quello dell'elettrolisi dei cloruri alcalini;
- l) direttiva 84/491/CEE relativa ai valori limite e obiettivi di qualità per gli scarichi di esaclorocicloesano;
- m) direttiva 88/347/CEE relativa alla modifica dell'Allegato 11 della direttiva 86/280/CEE concernente i valori limite e gli obiettivi di qualità per gli scarichi di talune sostanze pericolose che figurano nell'elenco 1 dell'Allegato della direttiva 76/464/CEE;

comunicazione al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio per le finalità di cui all' articolo 13 10. Qualora nei siti ricadano tipi di habitat naturali e specie prioritari, il piano o l'intervento di cui sia stata valutata l'incidenza negativa sul sito di importanza comunitaria, può essere realizzato soltanto con riferimento ad esigenze connesse alla salute dell'uomo e alla sicurezza pubblica o ad esigenze di primaria importanza per l'ambiente, ovvero, previo parere della Commissione europea, per altri motivi imperativi di rilevante interesse pubblico".

- n) direttiva 90/415/CEE relativa alla modifica della direttiva 86/280/CEE concernente i valori limite e gli obiettivi di qualità per gli scarichi di talune sostanze pericolose che figurano nell'elenco 1 della direttiva 76/464/CEE;
- o) direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane;
- p) direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque da inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole;
- q) direttiva 98/15/CEE recante modifica della direttiva 91/271/CEE per quanto riguarda alcuni requisiti dell'Allegato 1;
- r) direttiva 2000/60/CEE, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque;
- s) direttiva 96/61/CEE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.

La parte sesta del decreto contiene le norme di recepimento della direttiva 2004/35/CEE sulla responsabilità ambientale in materia di prevenzione e riparazione del danno ambientale.

Capitolo 2

La tutela ambientale della fascia costiera: quadro giuridico

Dall'indagine svolta nel capitolo precedente emerge come il D.lgs. 2006 n. 152 sia il necessario riferimento normativo per tutte le attività umane produttive di impatti ambientali.

Lo scopo di questo capitolo, ai fini dell'oggetto della presente Appendice,³⁶ consiste nell'analizzare gli interventi per la tutela ambientale della fascia costiera alla luce del suddetto decreto legislativo e delle altre disposizioni vigenti in materia³⁷, onde individuare se, dal punto di vista giuridico, si possano realizzare nel tratto interessato (c.d. spiaggia della Pelosa, Stintino) le opere a difesa della costa sulla base degli studi scientifici dell'ISPRA (già ICRAM)³⁸.

Si fa presente che l'art. 89 del D.lgs. 31 marzo 1998 n. 112 ha trasferito alle Regioni e agli enti locali le funzioni relative "alla programmazione, pianificazione e gestione integrata degli interventi di difesa delle coste e degli abitati" (lettera h), nonché l'art. 105, 2° comma, ha trasferito alle Regioni le funzioni relative al "rilascio di concessioni di beni del demanio della navigazione interna, del demanio marittimo e di zone del mare territoriale per finalità diverse da quelle di approvvigionamento di fonti di energia"; pertanto, nel proseguo della

³⁶ L'oggetto della presente relazione è l'individuazione del quadro normativo di riferimento per la tutela ambientale del tratto costiero comprendente la spiaggia della Pelosa, Stintino - SS (vedi anche nota seguente).

³⁷ Per i riferimenti alla normativa internazionale e comunitaria in materia cfr. "L'erosione costiera e gli interventi di ripascimento del litorale: il quadro giuridico attuale e le prospettive di riforma" di G. Garzia, incaricato in diritto dell'ambiente nell'Università di Bologna, sede di Ravenna, in www.federalismi.it n.15/2007.

³⁸ La convenzione stipulata in data 18.04.2008 tra il Comune di Stintino (SS) e l'ISPRA (già ICRAM) ha per oggetto lo studio scientifico, da parte di quest'ultima, del tratto di litorale comprendente la spiaggia della Pelosa, finalizzato alla prevenzione del rischio idrogeologico e al recupero del dissesto esistente.

presente trattazione, si farà riferimento alla normativa regionale e locale vigente in materia (l'argomento sarà comunque approfondito nel successivo Cap.3).

Così definito l'oggetto del presente lavoro, è necessario premettere che tra i beni oggetto di tutela ambientale è compresa la fascia costiera³⁹. Tale bene è sottoposto ad un crescente degrado, causato sia dalle attività antropiche (quali insediamenti urbani, turistici, portuali, industriali) sia da eventi naturali (quali le oscillazioni del livello del mare e l'incremento della frequenza e dell'intensità degli eventi atmosferici estremi, ossia i cambiamenti climatici globali)⁴⁰. Da qui nasce l'esigenza di predisporre delle misure in grado di contrastare il fenomeno erosivo, al fine del recupero dei litorali.

Il ripascimento⁴¹ è uno degli interventi di difesa costiera che consiste nel ricostruire la spiaggia erosa mediante l'impiego di materiale idoneo di provenienza marina (da alvei fluviali, ambiti costieri, depositi marini) o terrestre (da cave terrestri). Tale intervento è attualmente preferibile rispetto alle altre tipologie di opere rigide, sia dal punto di vista tecnico ed economico sia sotto il profilo ambientale e paesaggistico, in quanto consente, se ben condotto, di minimizzare l'impatto ambientale e gli effetti negativi associati all'uso di strutture rigide⁴².

Si è detto che il materiale da utilizzare ai fini del ripascimento può essere di provenienza marina o terrestre, ma l'esistenza di vincoli sempre più restrittivi legati al recupero del materiale in aree emerse (cave, alvei fluviali, ecc.) ha fatto emergere la necessità di individuare nuove fonti d'approvvigionamento, quali l'utilizzo dei depositi di sabbie relitte (ubicati a largo e ad elevate profondità)⁴³ o delle sabbie che provengono dallo stesso ambito costiero⁴⁴.

L'intervento di ripascimento si articola in tre fasi: a) prelevamento della sabbia da utilizzare; il prelievo di sabbia di provenienza marina viene detta attività di

³⁹ Le coste sono beni demaniali. L'art. 822 del Codice Civile (R.D. del 1942 n. 262) stabilisce: *"Appartengono allo Stato e fanno parte del demanio pubblico il lido del mare, la spiaggia, le rade e i porti; i fiumi, i torrenti, i laghi e le altre acque definite pubbliche dalle leggi in materia [28, 692 c.nav.]; le opere destinate alla difesa nazionale.[II]. Fanno parimenti parte del demanio pubblico, se appartengono allo Stato, le strade, le autostrade e le strade ferrate; gli aerodromi [28, 692 c.nav.] gli acquedotti; gli immobili riconosciuti d'interesse storico, archeologico e artistico a norma delle leggi in materia; le raccolte dei musei, delle pinacoteche, degli archivi, delle biblioteche; e infine gli altri beni che sono dalla legge assoggettati al regime proprio del demanio pubblico"*. L'art. 823 del Codice Civile stabilisce che spetta all'autorità amministrativa la tutela dei beni che fanno parte del demanio pubblico. Più precisamente la coste fanno parte del demanio marittimo ai sensi dell'art. 28 del Codice della Navigazione (R.D. del 1942 n. 327): *"[I]. Fanno parte del demanio marittimo [822 ss.c.c.]: a) il lido, la spiaggia, i porti, le rade; b) le lagune, le foci dei fiumi che sboccano in mare, i bacini di acqua salsa o salmastra che almeno durante una parte dell'anno comunicano liberamente col mare; c) i canali utilizzabili ad uso pubblico marittimo"*.

⁴⁰ Cfr.: ICRAM settembre 2006 - I Quaderni - "Aspetti ambientali del dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento: proposta di un protocollo di monitoraggio", pag. XI e ss..

⁴¹ Vedi ICRAM settembre 2006, op. cit., pag.1 e ss, nonché il glossario, *ivi*, pag. 137.

⁴² Vedi ICRAM settembre 2006, op.cit., pag. 1 e pag. 2. Le altre opere di difesa della costa consistono nella realizzazione di opere rigide trasversali (pennelli) e longitudinali (frangiflutti, difese aderenti, barriere) alla linea di costa.

⁴³ Vedi ICRAM settembre 2006, op.cit., pag. 2.

⁴⁴ Cfr. ICRAM agosto 2006, "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini", pag. 56.

“dragaggio”⁴⁵; b) deposizione della sabbia prelevata sulla spiaggia oggetto del ripascimento vero e proprio (detta area di ripascimento); c) livellamento della spiaggia con pale meccaniche.

Le suddette fasi rilevano sotto il profilo giuridico, in quanto sono attività che producono un impatto sul suolo (di cui *infra* al punto a) e sul mare (di cui *infra* al punto b)⁴⁶ e pertanto rientrano nel campo di applicazione del D.lgs. 2006 n. 152.

a) L’art. 54, Parte Terza, del citato decreto definisce “*la difesa del suolo*” come: “*il complesso delle azioni ed attività riferibili alla tutela e salvaguardia del territorio, dei fiumi, dei canali e collettori, degli specchi lacuali, delle lagune, della fascia costiera, delle acque sotterranee, nonché del territorio a questi connessi, aventi le finalità di ridurre il rischio idraulico, stabilizzare i fenomeni di dissesto geologico, ottimizzare l’uso e la gestione del patrimonio idrico, valorizzare le caratteristiche ambientali e paesaggistiche collegate*”; pertanto il ripascimento è sicuramente definibile come un’attività di difesa del suolo e deve essere ricompreso nell’ambito dei relativi interventi di pianificazione e programmazione.

L’art. 56, Parte Terza del citato decreto stabilisce che tra le attività di programmazione, pianificazione e di attuazione degli interventi destinati a realizzare le finalità di cui all’art. 53⁴⁷, rientra “*la protezione delle coste e degli abitati dall’invasione e dall’erosione delle acque marine ed il rifacimento degli arenili, anche mediante*

⁴⁵ Il dragaggio è “*il prelievo all’interno di un corpo idrico (lago, canale, fiume, e mare) di sedimento dal fondo condotto mediante draga*” (Vedi ICRAM 2006, op. cit., Glossario, pag. 133.

⁴⁶ Dal punto di vista tecnico-scientifico, gli effetti che l’attività di ripascimento produce sul suolo (c.d. area di ripascimento) e sul mare (c.d. area di dragaggio) sono analizzati in numerosi studi, tra cui ICRAM agosto 2006, “Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini”, op. cit.. Tale manuale affronta tutte le problematiche relative ai dragaggi portuali, ai prelievi di sabbie costiere e del largo, al ripascimento di aree soggette ad erosione, al riempimento delle vasche di colmata, all’immersione in mare di materiale di escavo, sintetizzando le azioni da intraprendere per garantire la tutela ambientale attraverso una gestione ecosostenibile della materia, indicando le attività da svolgere a partire dalla caratterizzazione fisico-chimico-biologica dei sedimenti, alla definizione e classificazione della qualità ambientale degli stessi, fino alle differenti gestioni e le conseguenti attività di monitoraggio, nonché la possibilità di effettuare trattamenti per ridurre la contaminazione e poter riutilizzare le differenti frazioni di materiale così recuperato, attività non contemplate dalla normativa vigente (vedi *infra*, nel presente lavoro, punto b). Si veda la risoluzione dell’VIII commissione parlamentare, seduta n. 210 del 25 settembre 2007, “*che impegna il Governo a pervenire in tempi rapidi ad un quadro normativo e regolamentare nell’ambito della movimentazione dei materiali e dei sedimenti in ambiente marino e costiero, che disciplini tutte le diverse attività e competenze, coordinando le diverse norme esistenti o in corso di definizione in materia, superando le incoerenze, la frammentarietà e la difficoltà interpretativa, e confermando come base tecnico-scientifica il manuale del Ministero dell’ambiente redatto da ICRAM-APAT*” [in www.camera.it]

⁴⁷ L’art. 53 del decreto cit. definisce le finalità della Parte Terza: “*Le disposizioni di cui alla presente sezione sono volte ad assicurare la tutela ed il risanamento del suolo e del sottosuolo, il risanamento idrogeologico del territorio tramite la prevenzione dei fenomeni di dissesto, la messa in sicurezza delle situazioni a rischio e la lotta alla desertificazione. 2. Per il conseguimento delle finalità di cui al comma 1, la pubblica amministrazione svolge ogni opportuna azione di carattere conoscitivo, di programmazione e pianificazione degli interventi, nonché preordinata alla loro esecuzione, in conformità alle disposizioni che seguono. 3. Alla realizzazione delle attività previste al comma 1 concorrono, secondo le rispettive competenze, lo Stato, le regioni a statuto speciale ed ordinario, le province autonome di Trento e di Bolzano, le province, i comuni e le comunità montane e i consorzi di bonifica e di irrigazione*”.

opere di ricostituzione dei cordoni dunosi” (art. 56, lettera g), d.lgs. cit.) e rientra “*la disciplina delle attività estrattive nei corsi d’acqua, nei laghi, nelle lagune ed in mare, al fine di prevenire il dissesto del territorio, inclusi erosione ed abbassamento degli alvei e delle coste*” (art. 56, lettera d); nonchè il successivo art. 65, alla lettera h) comprende, tra i contenuti del Piano di bacino⁴⁸, anche “*le opere di protezione, consolidamento e sistemazione dei litorali marini che sottendono il distretto idrografico*”, nonchè “*la normativa e gli interventi rivolti a regolare l’estrazione dei materiali litoidi dal demanio fluviale, lacuale e marittimo e le relative fasce di rispetto, specificatamente individuate in funzione del buon regime delle acque e della tutela dell’equilibrio geostatico e geomorfologico dei terreni e dei litorali*” (art. 65, lettera m); pertanto il ripascimento, quale attività posta a difesa del suolo e nel rispetto della corretta utilizzazione delle acque (distretto idrografico), deve essere ricompreso nell’ambito dei relativi interventi di pianificazione e programmazione (ovvero nei piani territoriali e nei piani di bacino o, nelle more della loro approvazione, nei piani stralcio; vedi nota 48).

Quindi dalla lettura coordinata delle suddette norme si evince che le opere a difesa della costa (tra cui rientra il ripascimento) devono essere previste nei piani e programmi relativi alla tutela del suolo e dell’acqua: si rileva che, ai sensi dell’art. 6, 2° comma, lettera a) del decreto *de quo* (vedi supra, nota 15), i piani e programmi relativi ai settori “*della pianificazione territoriale e della destinazione dei suoli*”, “*della gestione dei rifiuti e delle acque*”, nonchè quelli “*che definiscono il quadro di riferimento per l’approvazione, l’autorizzazione, l’area di localizzazione o comunque la realizzazione dei progetti elencati negli allegati II, III e IV⁴⁹ del presente decreto*”, devono essere sottoposti alla VAS⁵⁰; più precisamente, dal momento che l’art. 89 del D.lgs. 31 marzo 1998 n. 112 ha trasferito alle Regioni e agli enti locali le funzioni relative “*alla programmazione, pianificazione e gestione integrata degli interventi di difesa delle coste e degli abitati*”, nonchè in forza dell’art. 7, 1° e 2°

⁴⁸ L’art. 65, 1° comma, D.lgs. cit. stabilisce che il Piano di bacino “*ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d’uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ed alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato*”. Si rileva, inoltre, che ai sensi dell’art. 66, D.lgs. cit., i piani di bacino prima della loro approvazione, sono sottoposti a valutazione ambientale strategica (VAS) in sede statale, secondo la procedura prevista dalla parte seconda del presente decreto. Si riporta l’art.66: “*Adozione ed approvazione dei piani di bacino 1. I piani di bacino, prima della loro approvazione, sono sottoposti a valutazione ambientale strategica (VAS) in sede statale, secondo la procedura prevista dalla parte seconda del presente decreto. 2. Il Piano di bacino, corredato dal relativo rapporto ambientale ai fini di cui al comma 1, è adottato a maggioranza dalla Conferenza istituzionale permanente di cui all’articolo 63, comma 4 che, con propria deliberazione, contestualmente stabilisce: a) i termini per l’adozione da parte delle regioni dei provvedimenti conseguenti; b) quali componenti del piano costituiscono interesse esclusivo delle singole regioni e quali costituiscono interessi comuni a due o più regioni*”. Si fa presente che i progetti dei piani stralcio, adottati nelle more dell’approvazione del piano di bacino, non sono sottoposti alla VAS [art. 68, D.lgs. cit.]

⁴⁹ L’Allegato IV ricomprende “*le opere costiere destinate a combattere l’erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa del mare*”; vedi *infra* nel testo.

⁵⁰ Previa verifica di assoggettabilità ex art. 12, se ricorrono le condizioni previste dall’ art. 6, comma 3 e 3-bis [cfr. *supra*, Cap. 1, note 21, 22, 23, 24].

comma, del D.lgs. 2006 n. 152, i piani e programmi relativi alla difesa della costa devono essere sottoposti alla VAS in sede regionale⁵¹.

Per quanto riguarda i progetti di ripascimento, l'Allegato IV alla Parte Seconda del D.lgs. 2006 n. 152 ricomprende, alla lettera n), tra i progetti da sottoporre alla Verifica di assoggettabilità - ex art. 20 - di competenza delle regioni e delle province autonome di Trento e Bolzano, anche le *"opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa del mare"*; quindi i progetti di ripascimento rientrano tra quelli da sottoporre alla VIA in sede regionale⁵², previa verifica di assoggettabilità ex art. 20 (cfr. *supra*, Cap.1, note 21, 22, 23, 24).

Si ricorda (vedi *supra*, Cap.1, nota 35) che se l'intervento di ripascimento avviene in o incide su zone classificate come aree protette, zone speciali di conservazione o siti di importanza comunitaria, la valutazione di incidenza prevista dall'art. 5 del

⁵¹ Nella Regione Sardegna al momento è stata avviata l'applicazione sperimentale della VAS ad alcuni piani e programmi elaborati a livello Regionale. Sono state inoltre elaborate, in collaborazione con l'Assessorato Regionale Enti locali, finanze e urbanistica, specifiche linee guida per la Valutazione Ambientale Strategica dei piani urbanistici comunali. La giunta regionale ha attribuito la competenza in materia di VAS al Servizio della Sostenibilità Ambientale e Valutazione Impatti dell'Assessorato della difesa dell'ambiente, con funzioni di coordinamento per l'espletamento della valutazione ambientale strategica di piani e programmi. Al momento è stata avviata l'applicazione sperimentale della VAS ad alcuni piani e programmi elaborati a livello regionale: Piano forestale ambientale regionale, PO-FESR 2007-2013, Piano energetico ambientale regionale, piano regionale dei trasporti, Piano regionale di gestione rifiuti, Piano regionale per le attività estrattive. È stato costituito un gruppo di lavoro per stilare specifiche linee guida per la Valutazione Ambientale strategica dei piani urbanistici comunali. Le linee guida in formato bozza sono state diffuse fra i comuni pilota che stanno adeguando gli strumenti urbanistici al Piano paesaggistico regionale e sono al momento in fase di discussione con le provincie in un tavolo di coordinamento sulla Valutazione Ambientale Strategica. (cfr. www.regionesardegna.it). Si rileva che con la Legge regionale 12 giugno 2006, n. 9 (artt. 48 e 49) vengono conferite alle province le funzioni amministrative relative alla VAS di piani e programmi di livello comunale e sub-provinciale.

⁵² In forza dell'art. 6, commi 5, 6, 7, 8, 9, (vedi *supra*, note 15, 22 e 23), nonché dell'art. 7, 4° comma che stabilisce: *"sono sottoposti a VIA secondo le disposizioni delle leggi regionali, i progetti di cui agli allegati III e IV al presente decreto"*; il 6° comma stabilisce: *"In sede regionale, l'autorità competente è la pubblica amministrazione con compiti di tutela, protezione e valorizzazione ambientale individuata secondo le disposizioni delle leggi regionali o delle province autonome. 7. Le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano disciplinano con proprie leggi e regolamenti le competenze proprie e quelle degli altri enti locali"*. Si rileva che in Sardegna, con la Legge regionale 12 giugno 2006, n. 9 (artt. 48 e 49) spettano alle province le funzioni amministrative in materia di valutazione di impatto ambientale non ritenute di rilievo regionale e lo svolgimento della valutazione di impatto ambientale dei progetti, delle opere e interventi di valenza provinciale.

Anche la giurisprudenza ha posto in rilievo l'obbligo di assoggettare gli interventi di ripascimento della fascia costiera alla previa valutazione di impatto ambientale (VIA), in quanto "il riposizionamento della scogliera ed il ripascimento dell'arenile rientrano nel concetto di "lavori di difesa del mare" per i quali è prevista la valutazione di impatto ambientale. Per "lavori di difesa del mare" devono evidentemente intendersi le opere finalizzate a contrastare l'erosione ed a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli e lavori simili. I lavori in questione sono, con tutta evidenza, destinati a contrastare il fenomeno dell'erosione (a ciò è evidentemente finalizzato il riposizionamento della scogliera) ed a modificare la costa (il ripascimento dell'arenile comporta tale modifica" (Cfr. Tar Campania, Napoli, Sez. I, 08.04.2005 n. 3579).

D.P.R. 1997 n. 357 viene effettuata all'interno della procedura di VIA ex art. 10, 3° comma del D.lgs. 2006 n. 152.

b) Per quanto riguarda l'impatto sul mare provocato dall'intervento di ripascimento (ossia dalla fase di dragaggio, dalla movimentazione dei fondali, dal posizionamento della sabbia sulla costa) dal punto di vista giuridico, in aggiunta a quanto rilevato *supra* al punto a), viene in rilievo la Sezione II della Parte Terza del D.lgs. 2006 n. 152, che detta norme per la tutela dell'acqua dall'inquinamento. In tale contesto è inserito l'art. 109 che disciplina l'"*immersione in mare di materiale derivante da attività di escavo e attività di posa in mare di cavi e condotte*".

Ai sensi di tale norma è consentita: l'immersione in mare di "*materiali di escavo di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi*" (art. 109, lettera a), previa autorizzazione che viene rilasciata "*solo quando è dimostrata, nell'ambito della relativa istruttoria, l'impossibilità tecnica o economica del loro utilizzo ai fini di ripascimento o di recupero oppure del loro smaltimento alternativo in conformità alle modalità stabilite con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio [...] da emanarsi entro centoventi giorni dalla data di entrata in vigore della parte terza del presente decreto*" (art. 109, 2° comma); è altresì consentita l'immersione in mare, previa autorizzazione, di "*inerti, materiali geologici inorganici e manufatti al solo fine di utilizzo, ove ne sia dimostrata la compatibilità e l'innocuità ambientale*" (art. 109, lettera b), *con esclusione dei nuovi manufatti soggetti alla valutazione di impatto ambientale. Per le opere di ripristino, che non comportino aumento della cubatura delle opere preesistenti, è dovuta la sola comunicazione all'autorità competente*" (art. 109, 3° comma).

L'art. 21 della legge 2002 n. 179 ha stabilito che l'ente competente al rilascio della suddetta autorizzazione è la Regione⁵³; nel caso vengano impiegati per il ripascimento materiali provenienti dall'escavo di fondali marini, la Regione, all'avvio dell'istruttoria, deve acquisire il parere della Commissione Consultiva della Pesca istituita presso la Capitaneria di porto interessata e ne informa il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

Nelle more dell'emanazione del suddetto decreto ministeriale (vedi art. 109, 2° comma) l'attività istruttoria per il rilascio dell'autorizzazione è ancora regolata dal D.M. 24 gennaio 1996, che disciplina lo scarico nelle acque del mare o in ambienti ad esso contigui, di materiali provenienti da escavo di fondali di ambienti marini o salmastri o di terreni litoranei emersi, nonchè da ogni altra movimentazione di sedimenti in ambiente marino: l'istruttoria è destinata ad acquisire e conseguentemente valutare i dati relativi alla caratterizzazione chimica, fisica e microbiologica del materiale di dragaggio, alla individuazione e caratterizzazione della zona di scarica ed ogni altro elemento necessario a garantire la compatibilità dello scarico con la tutela dell'ambiente marino, delle coste e del demanio marittimo nonchè la sicurezza della navigazione ed ogni altro uso legittimo del mare; sono vietati gli scarchi nelle aree protette e sensibili.

⁵³ Nella Regione Sardegna, l'ente competente al rilascio della suddetta autorizzazione è la provincia, in quanto i compiti e le funzioni riguardanti il rilascio delle autorizzazioni per l'immersione in mare di materiali e per la movimentazione dei fondali marini derivante da attività di posa in mare di cavi e condotte, precedentemente in capo al Servizio tutela delle acque della regione Sardegna, sono state trasferite alle province competenti per territorio, ai sensi dell'art. 51 della L.R. 2006 n. 9 e dell'art. 15, comma 12, lettera d) della L.R. 2007 n. 2.

Stante la lacunosità della normativa vigente in materia, si rileva che il “Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini” elaborato dall'ISPRA (già ICRAM) su richiesta del Ministero dell'Ambiente (vedi *supra*, nota 46) può costituire il documento tecnico-scientifico di riferimento nella realizzazione di interventi di dragaggio e/o deposizione dei sedimenti.

Per quanto riguarda la qualità del sedimento marino, si fa presente che la disciplina dettata dal D.M. 367/2003⁵⁴ (che fissava gli standard di qualità per l'ambiente marino costiero) è stata sostituita da quella della Tabella 1/A dell'Allegato 1 alla Parte Terza del D.lgs. 2006 n. 152 [art. 78 del D.lgs. citato].

Dalla lettura e dal coordinamento delle norme citate si evince quanto segue:

- il prelevamento della sabbia dal mare (sia che avvenga dai fondali marini, sia che avvenga dallo stesso ambito costiero della spiaggia da ripascere, mediante draga o bypass sedimentario)⁵⁵ produce una movimentazione dei fondali, quindi tale intervento deve essere autorizzato ex art. 21 della legge 2002 n. 179 ed ex art. 109 D.lgs. 2006 n. 152, previa attività istruttoria, da svolgersi ai sensi del citato D.M. 24 gennaio 1996 o dell'emanando decreto ministeriale, dalla quale risulti che la detta movimentazione sia compatibile con la tutela ambientale.
- il posizionamento della sabbia sulla costa, ovvero il ripascimento vero e proprio (sia che avvenga con sabbia prelevata dal mare, sia con sabbia da cava terrestre) dal punto di vista giuridico, costituisce un'immissione in mare ex art. 109, lettera b), pertanto deve essere “*dimostrata la compatibilità e l'innocuità ambientale*” dei materiali utilizzati. Quindi anche tale intervento deve essere autorizzato ex art. 21 della legge 2002 n. 179 ed ex art. 109 D.lgs. 2006 n. 152, previa attività istruttoria, da svolgersi ai sensi del citato D.M. 24 gennaio 1996 o dell'emanando decreto, dalla quale ne risulti la compatibilità ambientale.

⁵⁴ Il D.M. 367/2003 era il Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, emanato alla luce della decisione CEE 2455/2001.

⁵⁵ L'estrazione della sabbia dal mare è disciplinata dal Codice della Navigazione, art. 51: “*Estrazione e raccolta di arena e altri materiali.[I]. Nell'ambito del demanio marittimo e del mare territoriale [2], l'estrazione e la raccolta di arena, alghe, ghiaia o altri materiali è sottoposta alla concessione del capo del compartimento*”. L'art. 54 del Regolamento del Codice della Navigazione stabilisce: “*Concessioni di estrazione e di raccolta.[I]. Le concessioni per la estrazione e la raccolta di arena, alghe, ghiaia e altri materiali vengono fatte con licenza conforme al modello stabilito dal ministero dei trasporti e della navigazione nella quale sono determinati: 1) la località nella quale l'estrazione o la raccolta è consentita; 2) la quantità del materiale da estrarre o da raccogliere; 3) il periodo di tempo entro il quale l'estrazione o la raccolta deve avvenire; 4) le modalità che il concessionario deve seguire nell'operare l'estrazione o la raccolta; 5) il canone e le modalità di pagamento. [II]. Le concessioni per l'estrazione e la raccolta di arena, alghe, ghiaia e altri materiali, quando importino la costruzione di opere e impianti di difficile rimozione, sono fatte con atto di concessione a norma del secondo comma dell'articolo 36 del codice[1] [III]. Prima di iniziare l'estrazione e la raccolta il concessionario deve denunciare alla guardia di finanza, gli estremi della concessione ottenuta*”. Si rileva che, ai sensi degli artt. 89 e 105 del D.lgs. 1998 n. 112 citato, spettano alle Regioni le concessioni di estrazione di materiale litoide dai corsi d'acqua [art. 89, lettera d), il rilascio di concessioni di beni del demanio della navigazione interna, del demanio marittimo e di zone del mare territoriale per finalità diverse da quelle di approvvigionamento di fonti di energia [art. 105, lettera l), nonchè lo svolgimento dell'attività di escavazione dei fondali dei porti, in mancanza dell'autorità portuale [art. 105, comma 7).

- Nel corso dell'istruttoria una particolare attenzione è riservata alla presenza di aree protette marine e terrestri, alle aree sensibili, alla fascia di tre miglia marine dalla costa, ecc.. (il D.M. citato vieta gli scarichi nelle aree protette e sensibili; nonchè nella fascia delle tre miglia dalla costa o nei fondali di profondità inferiore ai 50 metri, salvo che nei casi di opere di ripascimento e di altre autorizzate).

Si rileva, a parere di chi scrive, un mancato coordinamento tra l'art. 109 e le norme sulla procedura di VIA (vedi Parte Seconda del D.lgs. citato, analizzata supra al Cap. 1). Difatti sembrerebbe che l'autorizzazione prescritta dall'art. 109, 3° comma, non sia inserita nella procedura di VIA, o che la VIA non sia prevista: dalla norma in esame, che esclude dall'autorizzazione *de qua* "i nuovi manufatti soggetti alla valutazione di impatto ambientale", si potrebbe dedurre che l'immersione in mare di "inerti, materiali geologici inorganici e manufatti al solo fine di utilizzo" sia soggetta soltanto ad autorizzazione e non alla VIA.

In questa sede il legislatore sembra dimenticare che il richiedere "la compatibilità e l'innocuità ambientale" dei materiali *de quibus* significa implicitamente ammettere che questi possono avere un impatto sull'ambiente; pertanto l'immissione in mare degli stessi deve essere sottoposta necessariamente alla VIA, previa verifica di assoggettabilità, ai sensi del D.lgs. 2006 n. 152.

Conseguentemente, il legislatore sembra dimenticare che il ripascimento e tutte le sue fasi (ossia dal prelevamento in mare di sabbia al riposizionamento della stessa sulla costa) è definibile come un'opera costiera destinata a combattere l'erosione, o un lavoro marittimo volto a modificare la costa, o un lavoro a difesa del mare (vedi lettera n), Allegato IV, Parte Seconda) e pertanto da sottoporre *in toto* alla VIA⁵⁶: in questa sede⁵⁷ vanno svolti gli studi di compatibilità ambientale (ex art. 20, 21 e 22, nonchè l'Allegato VII⁵⁸ del D.lgs. citato) con le relative analisi

⁵⁶ Vedi supra, nota 52 e testo corrispondente.

⁵⁷ Nella fase di verifica di assoggettabilità, gli studi di cui si parla nel testo saranno contenuti nello studio preliminare ambientale nell'ambito del progetto preliminare (art. 20 del D.lgs. citato). Si ricorda che "se il progetto non ha impatti ambientali significativi o non costituisce modifica sostanziale, l'autorità competente dispone l'esclusione dalla procedura di valutazione ambientale e, se del caso, impartisce le necessarie prescrizioni. 6. Se il progetto ha possibili impatti significativi o costituisce modifica sostanziale si applicano le disposizioni degli articoli da 21 a 28" (art. 20, cit., comma 5 e 6).

⁵⁸ Si riporta l'Allegato VII, Parte Seconda del D.lgs.cit.: "Contenuti dello Studio di impatto ambientale di cui all'art. 22: 1. Descrizione del progetto, comprese in particolare: a) una descrizione delle caratteristiche fisiche dell'insieme del progetto e delle esigenze di utilizzazione del suolo durante le fasi di costruzione e di funzionamento; b) una descrizione delle principali caratteristiche dei processi produttivi, con l'indicazione, per esempio, della natura e delle quantità dei materiali impiegati; c) una valutazione del tipo e della quantità dei residui e delle emissioni previsti (inquinamento dell'acqua, dell'aria e del suolo, rumore, vibrazione, luce, calore, radiazione, eccetera) risultanti dall'attività del progetto proposto; d) la descrizione della tecnica prescelta, con riferimento alle migliori tecniche disponibili a costi non eccessivi, e delle altre tecniche previste per prevenire le emissioni degli impianti e per ridurre l'utilizzo delle risorse naturali, confrontando le tecniche prescelte con le migliori tecniche disponibili. 2. Una descrizione delle principali alternative prese in esame dal proponente, compresa l'alternativa zero, con indicazione delle principali ragioni della scelta, sotto il profilo dell'impatto ambientale, e la motivazione della scelta progettuale, sotto il profilo dell'impatto ambientale, con una descrizione delle alternative prese in esame e loro comparazione con il progetto presentato. 3. Una descrizione delle componenti dell'ambiente potenzialmente soggette ad un impatto importante del progetto proposto, con particolare riferimento alla

dei sedimenti e lo studio degli effetti che ogni intervento può produrre e produce sull'ambiente marino, con particolare attenzione alla presenza di aree protette o sensibili, alla fascia di tre miglia dalla costa, alla presenza di habitat sensibili, ecc.: in tali casi saranno studiate e proposte idonee misure di mitigazione e di accorgimento; si ricorda che la valutazione di incidenza ex art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357 (vedi *supra* Cap.1, note 32 e 35) è ricompresa nella procedura di VIA ex art. 10, 3° comma del D.Lgs. 2006 n. 152).

Dalle risultanze dello studio di impatto ambientale (cfr. *supra*, Cap. 1, nota 28), nel corso dell'istruttoria (ex art. 24, 25 e 26 del D.lgs. citato), emergerà se il progetto di ripascimento *in toto* sia compatibile con l'ambiente o meno.

Si fa presente che, ai sensi dell'art. 26, 4° comma del D.lgs. 2006 n. 152, il provvedimento definitivo di valutazione dell'impatto ambientale sostituisce o coordina tutte le autorizzazioni, intese, concessioni, licenze, pareri, nulla osta e assensi comunque denominati in materia ambientale, necessari per la realizzazione e l'esercizio dell'opera o intervento.

Anche la giurisprudenza ha posto in rilievo l'obbligo di assoggettare gli interventi di ripascimento della fascia costiera alla previa valutazione di impatto ambientale (vedi *supra*, nota 52).

In sintesi: dato che le attività di dragaggio, di movimentazione dei fondali e di ripascimento possono causare impatti ambientali, tali interventi devono essere sottoposti alla VIA, in quanto sono interventi definibili come "opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa del mare" (lettera n) dell'Allegato IV alla Parte Seconda del D.lgs. 2006 n.152); più precisamente sono da sottoporre alla VIA in sede regionale (provinciale in Sardegna, vedi *supra*, nota 52 ed *infra*, Cap.3, punto b), previa verifica di assoggettabilità ex art. 20 (vedi *supra*, nota 52 e testo); tali interventi necessitano altresì dell'autorizzazione regionale (provinciale in Sardegna, vedi *supra*, nota 53 ed *infra* Cap. 3, punto b) prevista dall'art. 109 del D.Lgs. 2006 n.152 e dall'art. 21 della Legge 2002 n. 179.

popolazione, alla fauna e alla flora, al suolo, all'acqua, all'aria, ai fattori climatici, ai beni materiali, compreso il patrimonio architettonico e archeologico, nonché il patrimonio agroalimentare, al paesaggio e all'interazione tra questi vari fattori. 4. Una descrizione dei probabili impatti rilevanti [diretti ed eventualmente indiretti, secondari, cumulativi, a breve, medio e lungo termine, permanenti e temporanei, positivi e negativi] del progetto proposto sull'ambiente: a) dovuti all'esistenza del progetto; b) dovuti all'utilizzazione delle risorse naturali; c) dovuti all'emissione di inquinanti, alla creazione di sostanze nocive e allo smaltimento dei rifiuti; nonché la descrizione da parte del proponente dei metodi di previsione utilizzati per valutare gli impatti sull'ambiente. 5. Una descrizione delle misure previste per evitare, ridurre e se possibile compensare rilevanti impatti negativi del progetto sull'ambiente. 5-bis. Una descrizione delle misure previste per il monitoraggio; 6. La descrizione degli elementi culturali e paesaggistici eventualmente presenti, dell'impatto su di essi delle trasformazioni proposte e delle misure di mitigazione e compensazione necessarie. 7. Un riassunto non tecnico delle informazioni trasmesse sulla base dei numeri precedenti. 8. Un sommario delle eventuali difficoltà [lacune tecniche o mancanza di conoscenze] incontrate dal proponente nella raccolta dei dati richiesti e nella previsione degli impatti di cui al numero 4".

Capitolo 3

Quadro giuridico per opere di ripristino della spiaggia della Pelosa

Nei capitoli precedenti si è analizzata la normativa vigente in materia di tutela ambientale della fascia costiera, con specifico riferimento all'intervento di ripascimento.

In questo capitolo si volge un'attenzione specifica alla normativa della Regione Sardegna, in quanto l'area che ricade nell'oggetto del presente studio⁵⁹ è la spiaggia della Pelosa, ubicata nel comune di Stintino, in provincia di Sassari⁶⁰.

L'erosione costiera ha determinato una perdita di superficie della spiaggia *de qua* e una forte riduzione del volume dei sedimenti che la costituiscono; stante la necessità di arginare il fenomeno erosivo in corso, il Comune di Stintino potrebbe potenzialmente ricorrere ad inteenti quali ripascimento con materiale idoneo della spiaggia sommersa e /o emersa; bypass sedimentario per far rifluire i sedimenti dispersi dalle correnti all'interno del sistema della spiaggia; ripascimento del sistema dunale.

Occorre premettere che la spiaggia della Pelosa non è direttamente classificata come area protetta, sito di importanza comunitaria o zona speciale di conservazione⁶¹, ma confina con tali aree.

Difatti la Penisola di Stintino è antistante al Parco Nazionale dell'Asinara (anche Sito di Importanza Comunitaria ITBO10001). Anche lo Stagno di Casaraccio appartiene al sistema Natura 2000 (Stagno di Pilo e Casaraccio SIC ITBO10002). La costa occidentale della Penisola appartiene all'ambito della Rete Ecologica Europea Natura 2000, attraverso il Sito di Importanza Comunitaria ITBO10043 "Coste e isolette a NW della Sardegna". Lo stesso sito lambisce la spiaggia della Pelosa, il cui fondale rientra ampiamente anche nel SIC ITBO10082 "Isola Piana". Nel fondale sono presenti praterie di *Posidonia oceanica*, riconosciute come Habitat prioritario ai sensi della Direttiva 92/43/CEE (le praterie di *posidonia* sono indicate nell'Allegato A del D.P.R. 1997 n. 357 con il codice 11.20).

Si ricorda, pertanto, che nel caso di interventi da condurre in tali aree o nelle immediate vicinanze dovrà essere avviata la valutazione di incidenza ex art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357; tale valutazione di incidenza, ai sensi dell'art. 10, 3° comma del D.lgs. 2006 n. 152, viene effettuata all'interno delle procedure di VAS e di VIA.

Alla luce di quanto rilevato, l'intervento di ripascimento della spiaggia della Pelosa⁶², può "incidere" sulle aree descritte e pertanto rientra tra quelli per i quali

⁵⁹ Vedi *supra*, Cap. 2, note 36 e 38.

⁶⁰ Si ricorda che l'art. 89 del D.lgs. 31 marzo 1998 n. 112 ha trasferito alle Regioni e agli enti locali le funzioni relative "alla programmazione, pianificazione e gestione integrata degli interventi di difesa delle coste e degli abitati" (vedi *supra*, Cap.2, pag. 27).

Si fa presente che la normativa regionale in materia è molto eterogenea, nel senso che ciascuna regione ha una legislazione con dei tratti specifici e peculiari: cfr. "L'erosione costiera e gli interventi di ripascimento del litorale: il quadro giuridico attuale e le prospettive di riforma" di G. Garzia, op. cit. *supra* alla nota 37.

⁶¹ Vedi *supra*, Cap. 1, punto 4, testo e note corrispondenti.

⁶² Il prelevamento della sabbia dall'ambiente costiero antistante la spiaggia della Pelosa può incidere sulle praterie di *posidonia* tutelate come Habitat prioritario dalla Direttiva 92/43/CEE e comprese nei fondali dell'Isola Piana, classificata come SIC ITBO10082, nonchè sui fondali del

si ritiene necessaria “una valutazione d’incidenza⁶³ ai sensi dell’articolo 5 del decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357 e successive modificazioni, in considerazione dei possibili impatti sulle finalità di conservazione dei siti designati come zone di protezione speciale per la conservazione degli uccelli selvatici e quelli classificati come siti di importanza comunitaria per la protezione degli habitat naturali e della flora e della fauna selvatica” (art. 6, 2° comma, lettera b) del D.lgs. 2006 n. 152 e art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357).

Tale valutazione di incidenza, ai sensi dell’art. 10, 3° comma del D.lgs. 2006 n. 152, viene effettuata all’interno delle procedure di VAS e di VIA.

Tanto premesso, specializzando l’indagine fin qui svolta (Capitoli 1 e 2) alla fattispecie concreta (ovvero il ripascimento della spiaggia della Pelosa) si rileva quanto segue:

1. Il ripascimento della spiaggia della Pelosa in relazione alle procedure di VAS (punto a) e di VIA (punto b).

a) Il ripascimento *de quo*, quale attività posta a difesa del suolo, più precisamente della fascia costiera (art. 53 e 54, Parte Terza, del D.lgs. 2006 n. 152) e quale intervento posto a tutela dei litorali marini, che comporta *l'estrazione dei materiali litoidi dal demanio marittimo (art. 65 del decreto cit.) deve essere ricompreso nell'ambito dei relativi interventi di pianificazione e programmazione*, ovvero nei piani territoriali e nei piani di bacino (artt. 53, 54, 56, 65, 66 del decreto cit.).⁶⁴ Ai sensi dell’art. 6, 2° comma, lettere a) e b) del decreto *de quo*, i piani e programmi relativi ai settori “della pianificazione territoriale e della destinazione dei suoli”, “della gestione dei rifiuti e delle acque”, nonché quelli “che definiscono il quadro di riferimento per l’approvazione, l’autorizzazione, l’area di localizzazione o comunque la realizzazione dei progetti elencati negli allegati II, III e IV⁶⁵ del presente decreto”, nonché “i piani per i quali si ritiene necessaria una valutazione d’incidenza ai sensi dell’articolo 5 del D.P.R. 1997, n. 357” devono essere sottoposti alla VAS in sede regionale.⁶⁶

SIC ITB010043 “Coste e isolette a NW della Sardegna” (vedi *infra* punto b); inoltre anche il posizionamento della sabbia, ovunque sia prelevata, può avere ripercussioni sui detti siti (vedi *infra*, nota 63 e nota 80 con testo corrispondente). In questa sede non si affronta la problematica relativa alla differenza tra habitat naturali e proposti SIC, SIC e Zone speciali di conservazione, per cui vedi *infra*, in questo Capitolo, punto 2.

⁶³ Ai sensi dell’art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357 i proponenti di piani territoriali, urbanistici e di settore, di progetti ed interventi che interessano la aree della rete “Natura 2000” non direttamente connessi e necessari al mantenimento in uno stato soddisfacente di conservazione delle stesse o che ricadono parzialmente o interamente nelle aree naturali protette devono sottoporre il piano alla valutazione di incidenza. Sono da assoggettare alla valutazione di incidenza anche le iniziative che, pur ubicate all'esterno di siti di importanza comunitaria e Zone di protezione speciale, producono i loro effetti all'interno di dette aree.

⁶⁴ Cfr. *supra*, Cap. 2, punto a, testo e note. Per la Sardegna si veda la L.R. 2006 n. 9 (“Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali”) e la L.R. 2006 n. 19 (“Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici”).

⁶⁵ L’Allegato IV ricomprende “*le opere costiere destinate a combattere l’erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa del mare*”.

⁶⁶ Previa verifica di assoggettabilità ex art. 12 se ricorrono le condizioni previste dall’ art. 6, comma 3 e 3-bis (cfr. *supra*, Cap. 1, note 21, 22, 23, 24), ovvero: per i piani e i programmi di cui al citato comma 2 che determinano l’uso di piccole aree a livello locale, per le modifiche minori dei piani e dei programmi di cui al comma 2, nonché per i piani e i programmi diversi da quelli di

Si rileva che la Regione Sardegna con la Legge regionale 12 giugno 2006, n. 9 (artt. 48 e 49) ha conferito alle province le funzioni amministrative relative alla VAS di piani e programmi di livello comunale e sub-provinciale e *provinciale*⁶⁷; viene altresì in rilievo la Delibera della Giunta regionale n. 24-23 del 23.04.2008, recante "Direttive per lo svolgimento delle procedure di valutazione di impatto ambientale e di valutazione ambientale strategica"⁶⁸: entrambe le normative citate sono state emanate in attuazione delle disposizioni contenute nel D.lgs. 2006 n.152.

Alla luce delle suesposte considerazioni il comune di Stintino deve sottoporre il piano o programma relativo al progetto di ripascimento della spiaggia della Pelosa alla procedura di VAS presso la provincia di Sassari ⁶⁹.

cui al paragrafo 2 che definiscono il quadro di riferimento per l'autorizzazione dei progetti, la valutazione ambientale è necessaria qualora l'autorità competente valuti che possano avere impatti significativi sull'ambiente, secondo le disposizioni di cui all'articolo 12.

⁶⁷ L'art. 49 è stato modificato dall'art. 5 della Legge regionale 2008 n.3, comma 19, che recita: Nel comma 1 dell'articolo 49 della legge regionale n. 9 del 2006, le parole: "*di livello comunale e subprovinciale*" sono sostituite dalle parole "*di livello comunale, subprovinciale e provinciale*".

⁶⁸ Si rileva che nella suddetta delibera l'Assessore riferisce "*che è in corso di predisposizione da parte dell'Assessorato un disegno di legge che regolamenti, in maniera organica, le procedure in materia di impatto ambientale e di valutazione ambientale strategica, coordinando le indicazioni a livello nazionale con le norme regionali*"... "*Occorre, peraltro, prevedere delle disposizioni specifiche in materia di valutazione ambientale strategica, introdotta ex novo nell'ambito della legislazione nazionale [n.d.r.: D.lgs. 2006 n. 152] in attuazione della Direttiva comunitaria 42/2001/CE relativa a "Valutazione degli effetti di determinati piani e programmi", da adottare nell'ambito dei processi di pianificazione che verranno promossi a livello regionale, fermo restando che a breve verranno predisposte le linee guida per le valutazioni strategiche di competenza provinciale, ai termini della legge regionale n. 9/2006, così come modificata dal comma 19 dell'art. 5 della L.R. n. 3/2008*".

Si nota che già la Delibera della Giunta regionale n. 11-27 del 19.02.2008 conteneva una norma transitoria in materia di valutazione ambientale strategica, valutazione di impatto ambientale e autorizzazione integrata ambientale: l'art. 4, 1° comma della detta Delibera recita: "*Nelle more dell'adozione di una legge regionale organica in materia di valutazione ambientale strategica e di valutazione di impatto ambientale sono adottate integralmente le disposizioni del D.Lgs. n. 152/2006, come modificato dal D.Lgs. n. 4/2008...*"; il comma 5 recita: "*Con appositi atti di indirizzo la Giunta regionale individua le disposizioni organizzative per lo svolgimento delle procedure di valutazione ambientale strategica, di valutazione di impatto ambientale, di valutazione di incidenza di competenza regionale, definisce gli indirizzi per quelle di competenza provinciale e individua ulteriori misure di semplificazione per il coordinamento di altri pareri e autorizzazioni comprese quelle disciplinate dal D.Lgs. n. 42/2004*".

⁶⁹ Nelle more dell'attuazione di quanto previsto (vedi nota 68), la competenza resta della Regione Sardegna.

Si ricorda (vedi anche *supra*, Cap.2, punto a) che i piani e programmi di assetto ed uso del territorio – ovvero i PPR, i PUC - devono essere coordinati e mai in contrasto con i Piani di bacino approvati o con i piani stralcio (art. 65, 67, 68 D.lgs. 2006 n.152) e gli enti territorialmente interessati dal Piano di bacino sono tenuti a rispettarne le prescrizioni nel settore urbanistico (art. 65, 5° comma, cit.).

In Sardegna, dato che:

- la Regione Sardegna, in attuazione del citato decreto, ha emanato la L.R. 2006 n. 19, "Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici" (in attuazione degli artt. 65 e ss. del D.lgs. 2006 n. 152, vedi spec. artt. 8 e 9 della L.R. cit.);
- Il Piano Paesaggistico Regionale (PPR) è il quadro di riferimento e di coordinamento, per lo sviluppo sostenibile dell'intero territorio regionale, degli atti di programmazione e pianificazione regionale, provinciale e locale (art. 1, L.R. 2004 n.8);

Si ricorda che, nelle more dell'adozione di una legge regionale organica in materia di valutazione ambientale strategica, sono adottate integralmente le disposizioni del D.Lgs. n. 152/2006, come modificato dal D.Lgs. n. 4/2008 (art. 4, 1° comma della Delibera della Giunta regionale n. 11-27 del 19.02.2008, vedi *supra*, nota 68), oggi tradotte nella citata Delibera della Giunta regionale n. 24-23 del 23.04.2008.

Pertanto le modalità di svolgimento della VAS sono quelle indicate nell'Allegato C della citata Delibera della Giunta regionale n. 24-23 del 23.04.2008.

Si rileva che nel caso in esame non ricorrono le condizioni per sottoporre il piano alla verifica di assoggettabilità ex artt. 6 e 7 dell'Allegato C della citata Delibera (corrispondenti all'art. 12 del D.lgs. 2006 n. 152, vedi nota 66)⁷⁰.

Dal momento che:

- il piano relativo al ripascimento della spiaggia della Pelosa rientra tra i piani "*che sono elaborati per la valutazione e gestione ... delle acque, della pianificazione territoriale o della destinazione dei suoli e che definiscono il quadro di riferimento per l'approvazione, l'autorizzazione, l'area di localizzazione o comunque la realizzazione dei progetti elencati nell'allegato IV del D.Lgs. 152/06*" (art. 8, Allegato C della citata delibera, corrispondente all'art. 6, 2° comma, lettera a) del D.lgs. 2006 n. 152);
- il piano *de quo* rientra altresì tra i piani "*per i quali si ritiene necessaria una valutazione d'incidenza*"⁷¹ ai sensi dell'articolo 5 del decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357 e successive modificazioni, in considerazione dei possibili impatti sulle finalità di conservazione dei siti (...) classificati come siti di importanza comunitaria per la protezione degli habitat naturali e della flora e della fauna selvatica" (art. 8, Allegato C della citata Delibera, corrispondente all'art. 6, 2° comma, lettera b) del D.lgs. 2006 n. 152);
- i descritti piani devono essere obbligatoriamente sottoposti alla VAS con la procedura degli artt. 10-17, Allegato C della citata Delibera;
- non ricorrono le condizioni previste dall'art. 6 dell'Allegato C per sottoporre il piano alla verifica di assoggettabilità ex artt. 6 e 7 dell'Allegato C della citata Delibera;

- è stato approvato il PPR con Delibera della Giunta regionale n. 36-7 del 05.09.2006 ex L.R. 2004 n. 8;

- i comuni devono adeguarsi alle disposizioni e previsioni del PPR (art. 2, 6° comma, L.R. 2004 n. 8);

- la formazione dei piani paesaggistici e urbanistici è regolata dalla L.R. 1989 n.45;

- i PUC dei comuni i cui territori ricadono nella fascia costiera di duemila metri dalla linea di battigia marina devono contenere lo studio di compatibilità paesistico ambientale e pertanto sono sottoposti alla VAS e i piani attuativi alla VIA (art. 5, L.R. 2004 n. 8);

- le procedure di VAS e di VIA sono regolate dal D.lgs. 2006 n. 152, nonchè, in sua attuazione, dalla L.R. 2006 n. 9 e dalla citata Delibera del 2008;

- per tutto quanto rilevato, il Comune di Stintino deve sottoporre alla VAS il PUC contenente il piano di ripascimento del litorale *de quo* (e deve sottoporre alla VIA il relativo progetto attuativo).

Difatti, il Comune di Stintino ha avviato il procedimento di redazione della VAS relativa al PUC ad al PUL (piano di utilizzo dei litorali) (vedi www.comune.stintino.ss.it).

⁷⁰ A meno che non si ritenga che il piano relativo al ripascimento *de quo* sia definibile come un piano che "*determina l'uso di piccole aree a livello locale*"; nel qual caso il piano sarebbe sottoposto alla verifica di assoggettabilità in forza dell'art. 6, lettera a) della citata Delibera.

⁷¹ In forza di quanto rilevato *supra*, pagg. 45, 46 e 47 e relative note 61,62 e 63.

tanto premesso, si ritiene:

- che il piano di ripascimento della spiaggia della Pelosa non possa essere sottoposto alla verifica di assoggettabilità, ma obbligatoriamente alla VAS secondo gli artt. 10-17, Allegato C della citata Delibera;
- che la valutazione di incidenza ex art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357 deve essere ricompresa nella procedura di VAS (artt. 12, 14 e 15, Allegato C della citata Delibera, corrispondente all'art. 10, 3° comma del D.lgs. 2006 n. 152).

b) Il progetto di ripascimento della spiaggia della Pelosa rientra tra i progetti elencati nell'Allegato IV, Parte Seconda del D.lgs. 2006 n. 152, ovvero "*opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa del mare*" (lettera n) dell'Allegato IV); tali progetti devono essere sottoposti alla VIA ai sensi dell'art. 6, 6° comma, lettera c) del decreto citato, "*qualora in base alle disposizioni di cui al successivo articolo 20 si ritenga che possano avere impatti significativi sull'ambiente*", ovvero previa verifica di assoggettabilità; più precisamente tali progetti sono sottoposti alla VIA in sede regionale ai sensi dell'art. 7, 4° comma del decreto citato⁷², previa verifica di assoggettabilità, ove previsto, da svolgersi secondo le modalità stabilite dalle Regioni e dalle province autonome (art. 20, 1° comma, lettera b).

Come già osservato in tema di VAS (vedi *supra*, punto a), anche in materia di VIA la Regione Sardegna ha recepito le disposizioni del D.lgs. 2006 n. 152 attraverso la Legge regionale 12 giugno 2006, n. 9 e la Delibera della Giunta regionale n. 24-23 del 23.04.2008, recante "Direttive per lo svolgimento delle procedure di valutazione di impatto ambientale e di valutazione ambientale strategica"⁷³.

Ai sensi dell'art. 49 della citata Legge regionale, spettano alle province le funzioni amministrative in materia di valutazione di impatto ambientale non ritenute di rilievo regionale e lo svolgimento della valutazione di impatto ambientale dei progetti, delle opere e interventi di valenza provinciale⁷⁴; mentre la citata Delibera

⁷² Cfr. *supra*, Cap.1, note 21, 22, 23, 24 e testo, nonché Cap. 2, nota 52 e testo.

⁷³ Si ricorda che, nelle more dell'adozione di una legge regionale organica in materia, sono adottate integralmente le disposizioni del D.Lgs. n. 152/2006, come modificato dal D.Lgs. n. 4/2008 (vedi art. 4, 1° comma della Delibera della Giunta regionale n. 11-27 del 19.02.2008, vedi *supra*, nota 68), oggi tradotte nella citata Delibera della Giunta regionale n. 24-23 del 23.04.2008. Nella citata Delibera la Giunta stabilisce che le procedure di valutazione di impatto ambientale devono essere svolte secondo quanto specificato negli Allegati A e B, che sostanzialmente traducono, a livello regionale, le disposizioni del D.lgs. 2006 n. 152.

⁷⁴ L'art. 49 della L.R. 2006 n. 9 al comma 2 recita: "Con atto di indirizzo e coordinamento, da emanarsi da parte della Giunta regionale entro i novanta giorni successivi alla data di entrata in vigore della presente legge, sono individuate, con le procedure di cui al comma 2 dell'articolo 3 della presente legge, le specifiche categorie di opere, tra quelle regolamentate dalle direttive comunitarie vigenti, da attribuire alla competenza delle province. Prima della sua approvazione definitiva l'atto di indirizzo e coordinamento è inviato al Consiglio regionale per l'espressione del parere della competente Commissione. Il parere della Commissione è reso entro trenta giorni dalla richiesta; in caso contrario si prescinde dal parere". Ma l'elenco delle opere da attribuirsi alla competenza delle province deve essere ancora definito, difatti nella citata Delibera l'assessore riferisce che "con la legge regionale 12 giugno 2006 n. 9, concernente il "Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali", è stato introdotto, tra gli altri, un dispositivo normativo che prevede l'attribuzione alle province della competenza ad espletare le procedure di valutazione di impatto ambientale relativamente ad alcune categorie di interventi, il cui elenco deve essere definito con apposite disposizioni organizzative". Nelle more dell'attuazione di quanto previsto, l'ente competente resta la Regione.

stabilisce le modalità di svolgimento della procedura di VIA attraverso gli Allegati A e B, che sostanzialmente traducono, a livello regionale, le disposizioni del D.lgs. 2006 n. 152 (vedi nota 73).

Alla luce delle suesposte considerazioni, il progetto di ripascimento della spiaggia della Pelosa deve essere sottoposto alla VIA *attualmente*⁷⁵ in sede regionale, secondo le modalità, stabilite dagli Allegati A e B della citata Delibera, che si esplicano qui di seguito.

L'Allegato B1 della citata Delibera, al punto 7, lettera l) stabilisce che tra i progetti da sottoporre alla verifica di assoggettabilità rientrano le *“opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa del mare”*: quindi il progetto di ripascimento della spiaggia della Pelosa rientra tra quelli del citato Allegato B1, sottoposti a previa verifica di assoggettabilità.

Ma l'art. 2 dell'Allegato B dispone che *“sono sottoposti a verifica i progetti di opere e di impianti compresi nell'allegato B1 qualora non ricadano neanche parzialmente in aree naturali protette come definite dalla L. 6 dicembre 1991, n. 394 e nelle aree designate dall'Amministrazione regionale per l'inserimento nella rete Natura 2000 come previsto dall'art.20 comma 12 della L.R 3/2003”*⁷⁶.

Pertanto se l'intervento di ripascimento *ricade anche parzialmente* nelle zone descritte, questo non può essere sottoposto alla verifica di assoggettabilità, ma direttamente alla procedura di VIA secondo le disposizioni dell'Allegato A della citata Delibera ⁷⁷.

⁷⁵ Vedi *supra*, nota 74.

È vero che l'elenco di opere da attribuirsi alla competenza delle province deve essere ancora definito (vedi *supra* nota 74), ma dalla lettura dell'art. 61 della L.R. 2006 n.9 si può ipotizzare che l'intervento di ripascimento della spiaggia della Pelosa possa rientrare tra le opere la cui VIA sarà attribuita alla competenza delle province.

Difatti, ai sensi dell'art. 61 della L.R. 2006 n. 9 sono attribuite alle province le funzioni di progettazione, realizzazione, gestione e manutenzione, in conformità al piano di bacino, o ai piani stralcio, e/o agli altri atti della pianificazione e programmazione regionale, degli interventi di difesa del suolo e di prevenzione del rischio di frana e/o idrogeologico, ricadenti nel territorio provinciale, ad esclusione di quelli di cui al comma 3, ovvero quelli attribuiti ai comuni. Ai sensi del citato comma 3 sono attribuite ai comuni le funzioni e i compiti di progettazione, realizzazione, gestione e manutenzione in materia degli interventi di difesa del suolo e di prevenzione del rischio di frana e/o idrogeologico, ricadenti interamente nel territorio comunale ovvero in area urbana.

⁷⁶ L'elenco dei proposti siti di importanza comunitaria della Sardegna si può visionare in www.sardegnaambiente.it. In tale elenco ricadono proprio i SIC che confinano con la spiaggia della Pelosa, di cui *supra* [a questi si aggiunge la vicinanza del Parco nazionale dell'Asinara, che oltre ad essere classificato come SIC è anche area protetta ai sensi della L. 1991 n. 394].

Vedi anche la Decisione della Commissione CEE 2008/335/CE del 28 marzo 2008 (*notificata con il numero C[2008] 1148*) che adotta, a norma della direttiva 92/43/CEE del Consiglio, il primo elenco aggiornato dei siti di importanza comunitaria per la regione biogeografica mediterranea; in tale elenco sono compresi i siti sopra menzionati.

⁷⁷ L'art. 3 dell'Allegato A recita: *“La procedura di valutazione di impatto ambientale si applica alle seguenti tipologie progettuali: progetti indicati nell'allegato A1; progetti indicati negli allegati A1 e B1, con soglie dimensionali ridotte del 50%, qualora ricadano anche parzialmente in aree naturali protette come definite dalla Legge 6 dicembre 1991, n. 394; progetti indicati nell'allegato B1 ricadenti nelle aree designate dall'Amministrazione regionale per l'inserimento nella rete Natura 2000, come previsto dall'art.20, comma 12, della L.R. n. 3/2003; progetti indicati nell'al-*

Alla luce di quanto rilevato, benchè la spiaggia della Pelosa non sia né area protetta ai sensi della L.1991 n. 394, né SIC o ZSC, è indispensabile delimitare sia la zona di intervento in mare per il prelievo della sabbia ai fini del ripascimento *de quo*, sia l'area di posizionamento della sabbia (con attenzione alla presenza della *Posidonia oceanica*), proprio perché i fondali della spiaggia della Pelosa in parte confinano con e in parte sono ricompresi nelle suddette aree (vedi nota 76); più precisamente i detti fondali ricadono, anche se parzialmente, nel SIC ITB010082 "Isola Piana" e nel SIC ITB010043 "Coste e isolette a NW della Sardegna" (nella spiaggia sommersa sono altresì presenti praterie di *Posidonia oceanica*, riconosciute come Habitat prioritario ai sensi della Direttiva 92/43/CEE).

Nel caso in esame, il prelievo della sabbia ai fini di ripascimento potrebbe essere effettuato proprio dai fondali ricompresi nei suddetti SIC⁷⁸; inoltre il posizionamento della sabbia sulla spiaggia può avere delle ripercussioni sulla *Posidonia oceanica*⁷⁹ che vive nei fondali.

Dal dato fattuale rilevato discendono le seguenti conseguenze:

il progetto di ripascimento *de quo* non può essere sottoposto alla previa verifica di assoggettabilità [art. 2 dell'Allegato B, citata Delibera], ma direttamente alla VIA [ex Allegato A, citata Delibera].

È necessario procedere alla valutazione di incidenza⁸⁰ ex art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357, da effettuarsi all'interno della procedura di VIA [art. 7, 2° comma, Allegato A, citata Delibera⁸¹].

dallo studio di impatto ambientale, integrato con la relazione per la valutazione di incidenza (vedi nota 82) e predisposto con le modalità indicate nell'Allegato A2

legato B1 per i quali, a seguito della procedura di verifica, si è disposto l'assoggettamento alla procedura di V.I.A.. 2. Oltre alle nuove realizzazioni, qualora si ritenga che possano avere impatti significativi sull'ambiente, sono altresì da sottoporre alla procedura di V.I.A.: le modifiche o estensioni dei progetti elencati nell'allegato A1 ove la modifica o l'estensione di per sé sono conformi agli eventuali limiti presenti nello stesso allegato".

⁷⁸ Una potenziale zona di prelievo ricade proprio nei descritti SIC.

⁷⁹ Il ripascimento può causare il seppellimento della posidonia, laddove la profondità di chiusura della spiaggia attiva prevista per il ripascimento (la profondità massima alla quale il sedimento risente ancora dell'azione del moto ondoso) sia localizzata ad una profondità maggiore rispetto alla profondità del limite superiore della prateria stessa. Inoltre il dragaggio effettuato in ambito litoraneo può avere effetti di erosione sulla spiaggia sommersa dove si trova la posidonia. Per gli effetti del ripascimento sulle praterie di posidonia vedi ICRAM, settembre 2006, "Aspetti ambientali ..." cit. pag.46 e ss..

⁸⁰ Così come per la procedura di VIA, anche per la valutazione di incidenza, la L.R. 2006 n.9, all'art. 47, 4° comma, ha stabilito che "*sono attribuite alle province le funzioni amministrative concernenti lo svolgimento della procedura della valutazione d'incidenza di cui all'articolo 5 del decreto del Presidente della Repubblica n. 357 del 1997, come modificato e integrato dall'articolo 6 del decreto del Presidente della Repubblica n. 120 del 2003, relative ad interventi di valenza provinciale e comunale da individuarsi, con apposita deliberazione della Giunta regionale, secondo le procedure previste al comma 2 dell'articolo 3 della presente legge". Nelle more dell'attuazione di quanto previsto, resta salva la competenza della Regione.*

⁸¹ L'art.7 citato recita: "*Nel caso in cui l'intervento oggetto della V.I.A. ricada all'interno di un'area interessata da un Sito d'Importanza Comunitaria (SIC) e/o da una Zona di Protezione Speciale (ZPS) di cui alle Direttive Habitat 92/43/CEE e 79/409/CEE Uccelli, il proponente deve integrare lo SIA (n.d.r.: Studio di impatto ambientale) con la relazione per la valutazione di incidenza, redatta in conformità all'allegato G al citato D.P.R. 357/1997, come modificato e integrato dal D.P.R. 120/2003".*

della citata Delibera, emergerà la compatibilità ambientale o meno del ripascimento *de quo*⁸².

Si rileva che la descritta procedura (ovvero la VIA senza la previa verifica di assoggettabilità, integrata con la relazione per la valutazione di incidenza) si applica anche nel caso in cui la sabbia venga prelevata da cava terrestre, anziché dal mare; infatti il posizionamento della sabbia sulla spiaggia della Pelosa (che non è un SIC) è comunque un intervento che “pur ubicato all'esterno di siti di importanza comunitaria e zone di protezione speciale, produce i suoi effetti all'interno di dette aree” (nel caso in esame, a causa della presenza della posidonia e della vicinanza ai fondali del SIC “Isola Piana” e del SIC “Coste e isolette a NW della Sardegna”)⁸³.

Si riporta l'Allegato G, previsto dall'art.5 del citato D.P.R.: “CONTENUTI DELLA RELAZIONE PER LA VALUTAZIONE DI INCIDENZA DI PIANI E PROGETTI.

1. *Caratteristiche dei piani e progetti. Le caratteristiche dei piani e progetti debbono essere descritte con riferimento, in particolare:*

- alle tipologie delle azioni e/o opere;
- alle dimensioni e/o ambito di riferimento;
- alla complementarità con altri piani e/o progetti;
- all'uso delle risorse naturali;
- alla produzione di rifiuti;
- all'inquinamento e disturbi ambientali;
- al rischio di incidenti per quanto riguarda, le sostanze e le tecnologie utilizzate..

2. *Area vasta di influenza dei piani e progetti - interferenze con il sistema ambientale :*

Le interferenze di piani e progetti debbono essere descritte con riferimento al sistema ambientale

considerando:

- componenti abiotiche;
- componenti biotiche;
- connessioni ecologiche.

Le interferenze debbono tener conto della qualità, della capacità di rigenerazione delle risorse naturali della zona e della capacità di carico dell'ambiente naturale, con riferimento minimo alla cartografia del progetto CORINE LAND COVER (Progetto CORINE LAND COVER: si tratta di un progetto che fa parte del programma comunitario CORINE, il sistema informativo creato allo scopo di coordinare a livello europeo le attività di rilevamento, archiviazione, elaborazione e gestione di dati territoriali relativi allo stato dell'ambiente. Tale progetto ha previsto la redazione, per tutto il territorio nazionale, di una carta della copertura del suolo in scala 1:100.000)”.

⁸² Se è vero che, in astratto, gli effetti del ripascimento sui SIC possono far ipotizzare un esito negativo della valutazione di incidenza e della VIA, è altresì vero che la risposta definitiva sarà data unicamente dalle risultanze delle analisi e dagli studi ambientali condotti, dove un ruolo fondamentale sarà rivestito dallo studio e dalla predisposizione di idonee misure di mitigazione. Ad esempio: esiste un rapporto tra la stabilità della costa e la presenza di praterie di posidonia. Secondo alcuni Autori il ripristino della spiaggia ha un ruolo positivo nell'aumentare la stabilità delle praterie; e il miglioramento dello stato generale di salute delle praterie, derivante dalla stabilizzazione della spiaggia, può addirittura aumentare la protezione della spiaggia stessa. Quindi un ripascimento ben progettato può favorire, sia direttamente che indirettamente, non solo la stabilità della spiaggia, ma anche il miglioramento dello stato di salute delle praterie (cfr. ICRAM, “Aspetti ambientali...”, cit., pag. 48).

⁸³ Si ricorda che l'art.5 del D.P.R. 1997 n. 357 stabilisce che sono da assoggettare alla valutazione di incidenza anche le iniziative che, pur ubicate all'esterno di siti di importanza comunitaria e Zone di protezione speciale, producono i loro effetti all'interno di dette aree.

Si fa presente che il posizionamento della sabbia, quale intervento effettuato fuori dai SIC, ma che può produrre effetti sui SIC, è considerato come intervento escluso dalla previa verifica di assoggettabilità in forza dell'interpretazione che si è data all'art. 2, Allegato B, citata Delibera (per

Dato che l'intervento di ripascimento si articola nella fase del prelevamento della sabbia dal mare (che costituisce una movimentazione dei fondali, sia che avvenga tramite dragaggio, sia tramite bypass sedimentario) e nella fase del posizionamento della sabbia sulla costa (che costituisce un'immissione in mare anche se il prelevamento avviene da cava terrestre), è altresì necessaria l'auto-rizzazione regionale - prescritta dall'art. 109 del D.lgs. 2006 n. 152 e dall'art. 21 della legge 2002 n. 179 - rilasciata previa l'attività istruttoria regolata dal D.M. 24 gennaio 1996.

In Sardegna, la menzionata autorizzazione è rilasciata dalla provincia, in forza dell'art. 51, 2° comma della L.R. 2006 n. 9, come modificato dall'art. 15 della L.R. 2007 n. 2, che recita: "*sono altresì attribuiti alle province i compiti e le funzioni riguardanti il rilascio delle autorizzazioni relative alle seguenti attività: a) immersione in mare da strutture ubicate nelle acque del mare o in ambiti ad esso contigui di materiali di escavo di fondali marini, o salmastri, o di terreni litoranei emersi; b) immersione in mare di inerti, materiali geologici inorganici e manufatti al solo fine di utilizzo, ove ne sia dimostrata la compatibilità ambientale e l'innocuità; c) immersione in casse di colmata, in vasche di raccolta o comunque in strutture di contenimento poste in ambito costiero dei materiali di cui alla lettera a) del presente articolo; d) posa in mare di cavi e condotte ed eventuale relativa movimentazione dei fondali marini non avente carattere internazionale*".

Si è detto (cfr. *supra* Cap. 2, punto b) che, ai sensi del citato D.M., gli scarichi non possono avvenire nelle aree protette e sensibili, quindi nella fase del prelievo in mare non si deve "prelevare" la posidonia e nella fase del posizionamento della sabbia sulla costa lo scarico non deve seppellire la posidonia; ma si ricorda che gli effetti complessivi del ripascimento sulla posidonia e sui SIC vengono studiati nell'ambito della valutazione di incidenza, condotta nella VIA⁸⁴ (vedi anche *supra*, note 82 e 83), al cui esito emergerà la compatibilità ambientale o meno dell'intervento *de quo*.

In sintesi: il progetto di ripascimento della spiaggia della Pelosa necessita della VIA in sede regionale, ai sensi della L.R. 2006 n. 9 e della Delibera della Giunta regionale n. 24-23 del 23.04.2008, nonché dell'autorizzazione all'immersione in mare di materiali e alla movimentazione dei fondali, rilasciata - previa istruttoria regolata dal D.M. 24 gennaio 1996 - dalla provincia di Sassari, ex art. 51, L.R. 2006 n. 9.

In conclusione, in forza di tutto quanto rilevato, si può affermare che dal punto di vista giuridico la realizzazione del ripascimento *de quo* (se condotto nel rispetto

cui vedi *supra*, pag. 56), ovvero intendendo l'espressione "*anche parzialmente*" riferita anche alle "*aree designate dall'Amministrazione regionale per l'inserimento nella rete Natura 2000*"; in caso contrario, l'intervento di posizionamento della sabbia può essere sottoposto alla verifica di assoggettabilità ex Allegato B, citata Delibera. Sarà comunque necessaria la valutazione di incidenza ex art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357.

⁸⁴ Ai sensi dell'art. 26, 4° comma del D.lgs. 2006 n. 152 (nonché artt. 11 e 17, Allegato A, Delibera G.R. 24-23 del 23.04.2008) il provvedimento definitivo di valutazione dell'impatto ambientale sostituisce o coordina tutte le autorizzazioni, intese, concessioni, licenze, pareri, nulla osta e assensi comunque denominati in materia ambientale, necessari per la realizzazione e l'esercizio dell'opera o intervento.

delle procedure indicate] dipenderà dagli esiti delle indagini e degli studi sopra descritti, condotti al fine di vagliarne la compatibilità ambientale⁸⁵.

Si sottolinea l'importanza del rispetto delle procedure indicate, per le gravi conseguenze che discendono dalla loro mancata osservanza; difatti si ricorda⁸⁶ che:

- la VAS costituisce per i piani e programmi a cui si applicano le disposizioni del D.lgs. 2006 n. 152, parte integrante del procedimento di adozione ed approvazione; i provvedimenti amministrativi di approvazione adottati senza la previa valutazione ambientale strategica, ove prescritta, sono annullabili per violazione di legge [art. 11, 5° comma del D.lgs. cit., recepito a livello regionale attraverso l'art. 18, Allegato C della Delibera della Giunta regionale 24-23 del 23.04.2008];
- la valutazione di impatto ambientale costituisce, per i progetti di opere ed interventi a cui si applicano le disposizioni del D.lgs. 2006 n. 152, presupposto o parte integrante del procedimento di autorizzazione o approvazione; i provvedimenti di autorizzazione o approvazione adottati senza la previa valutazione di impatto ambientale, ove prescritta, sono annullabili per violazione di legge, con le conseguenze indicate nell'art. 29 del citato decreto [richiamato dall'art. 14, Allegato A della citata Delibera];
- il danno ambientale, così come definito dall'art. 300⁸⁷ del decreto citato, obbliga il responsabile al ripristino della situazione precedente [artt. 305 e ss.] e, in

⁸⁵ Si fa presente che una volta ottenuta l'autorizzazione al progetto di ripascimento, gli interventi successivi da effettuarsi per la manutenzione della spiaggia sono esclusi dalla VIA se definibili come "lavori di manutenzione straordinaria che non comportino modifiche rispetto allo stato originario, ai parametri dimensionali originari o alla destinazione d'uso" [art. 4 lettera c) dell'Allegato A]; al contrario, devono essere sottoposti alla verifica di assoggettabilità se sono definibili come "lavori di manutenzione straordinaria che comportino modifiche rispetto allo stato originario, ai parametri dimensionali originari o alla destinazione d'uso" [art. 2, lettera c) dell'Allegato B]. Sono esclusi dalla VIA - ex art. 4, lettera b), Allegato A, nonché ex art. 3, lettera a), Allegato B - i lavori di manutenzione ordinaria. Ma la normativa non definisce i criteri in base ai quali un intervento possa essere classificato come lavoro di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Inoltre ritengo sia difficile sostenere che un ripascimento, anche se di ridotta entità, non comporti modifiche rispetto allo stato originario o ai parametri dimensionali originari; pertanto è probabile che debba essere sottoposto alla verifica di assoggettabilità [ex art. 2, lettera c).

Se, invece, il ripascimento ridotto non può essere considerato come lavoro di manutenzione, allora la procedura da seguire sarà interamente quella descritta nel testo, al punto b.

In ogni caso sono necessarie le autorizzazioni ex art. 51, L.R. 2006 n. 9, nonché la valutazione di incidenza ex art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357.

⁸⁶ Vedi *supra*, Cap. 1, nota 17 e testo corrispondente.

⁸⁷ L'art. 300 del decreto citato definisce il danno ambientale: "1. È danno ambientale qualsiasi deterioramento significativo e misurabile, diretto o indiretto, di una risorsa naturale o dell'utilità assicurata da quest'ultima. 2. Ai sensi della direttiva 2004/35/CE costituisce danno ambientale il deterioramento, in confronto alle condizioni originarie, provocato:

a) alle specie e agli habitat naturali protetti dalla normativa nazionale e comunitaria di cui alla legge 11 febbraio 1992, n. 157, recante norme per la protezione della fauna selvatica, che recepisce le direttive 79/409/CEE del Consiglio del 2 aprile 1979; 85/411/CEE della Commissione del 25 luglio 1985 e 91/244/CEE della Commissione del marzo 1991 ed attua le convenzioni di Parigi del 18 ottobre 1950 e di Berna del 19 settembre 1979, e di cui al decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357, recante regolamento recante attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche, nonché alle aree naturali protette di cui alla legge dicembre 1991, n. 394, e successive norme di attuazione;

mancanza, al risarcimento del danno [l'art. 311, 2° comma, recita: "*chiunque realizzando un fatto illecito, o omettendo attività o comportamenti doverosi, con violazione di legge, di regolamento, o di provvedimento amministrativo, con negligenza, imperizia, imprudenza o violazione di norme tecniche, arrechi danno all'ambiente, alterandolo, deteriorandolo o distruggendolo in tutto o in parte, è obbligato al ripristino della precedente situazione e, in mancanza, al risarcimento per equivalente patrimoniale nei confronti dello Stato*"].

2. Il ripascimento del sistema dunale (punto c) in relazione alle procedure di VAS (punto d) e di VIA (punto e).

c) Le attività antropiche e l'erosione marina hanno profondamente alterato l'assetto del sistema dunale della Pelosa⁸⁸.

Il Comune di Stintino ha pertanto affidato all'ISPRA (già ICRAM) lo studio relativo alla salvaguardia ed alla gestione del sistema dunale⁸⁹.

L'ISPRA sta valutando gli aspetti scientifici correlati al recupero delle dune⁹⁰.

Le dune della spiaggia della Pelosa sono uno degli Habitat naturali indicati nell'Allegato A del D.P.R. 1997 n. 357⁹¹ [che contiene l'elenco dei tipi di Habitat naturali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di aree speciali di conservazione].

Le dune *de quibus* sono classificate con il codice 21.20 "Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* «dune bianche»"⁹².

b) alle acque interne, mediante azioni che incidano in modo significativamente negativo sullo stato ecologico, chimico e/o quantitativo oppure sul potenziale ecologico delle acque interessate, quali definiti nella direttiva 2000/60/CE, ad eccezione degli effetti negativi cui si applica l'articolo 4, paragrafo 7, di tale direttiva;

c) alle acque costiere ed a quelle ricomprese nel mare territoriale mediante le azioni suddette, anche se svolte in acque internazionali;

d) al terreno, mediante qualsiasi contaminazione che crei un rischio significativo di effetti nocivi, anche indiretti, sulla salute umana a seguito dell'introduzione nel suolo, sul suolo o nel sottosuolo di sostanze, preparati, organismi o microrganismi nocivi per l'ambiente".

⁸⁸ Cfr. ICRAM, 1° Relazione 2004, op. cit., pag. 46: " ... l'assetto è stato profondamente modificato dalla strada costiera, dalla successiva urbanizzazione e dall'intensa fruizione balneare dell'area, elementi che hanno prodotto la "decapitazione" della porzione sommitale, eliminando qualunque possibilità di evoluzione del sistema oltre l'allineamento stradale. Sul versante opposto, verso mare, il corpo dunale risulta modellato dall'erosione marina".

⁸⁹ Vedi la Convenzione tra il Comune e l'ISPRA, citata alla nota 38.

⁹⁰ Nella Relazione cit. si legge: "E' opportuno sottolineare che, pur costituendo sistemi ecologici fragili, gli ambienti dunali, se alimentati e protetti, sono ambienti in grado di rigenerarsi con relativa rapidità. Si può ritenere quindi che il deposito eolico della Pelosa, per quanto in evidenti condizioni di instabilità, abbia comunque possibilità di recupero e possa anche tornare a svolgere il ruolo di surplus sedimentario che generalmente, in condizioni favorevoli, i corpi dunali tendono a svolgere per la conservazione della spiaggia. E' evidente come tutto questo sia irrinunciabilmente legato alla rapida attivazione di specifici e profondi interventi di restauro e protezione".

⁹¹ Il D.P.R. 1997 n. 357 è il regolamento attuativo della direttiva 92/43/CEE, c.d. direttiva Habitat (vedi supra Cap. 1, punto 4)

⁹² E' stato approvato il Piano forestale ambientale regionale con delibera 53-9 del 27.12.2007. Il comune di Stintino ricade nel distretto 02 Nurra e Sassarese [Allegato 1 della delibera], precisamente nel sub-distretto metamorfico-paleozoico [Allegato 1, pag. 6]. Nella Pelosa vi è il "geosigmeto psammofilo sardo" (cfr. Allegato 1, pag. 9), descritto nell'Allegato 2, punto 3.1.: "geosigmeto psammofilo sardo dei sistemi dunali litoranei [Cakiletea, Ammophiletea, Crucianellion maritimaee, Malcolmietalia, Juiniperion turbinate]".

Si fa presente che le suddette dune non risultano nell'elenco dei proposti SIC della Regione Sardegna (in www.sardegnaambiente.it, vedi nota 76), pertanto non sono state designate come SIC, né tanto meno come ZSC⁹³.

Ma tale "esclusione" non implica una minore protezione per questo tipo di habitat, in quanto la finalità del D.P.R. 1997 n. 357 (in attuazione della direttiva habitat) è comunque quella di salvaguardare la biodiversità mediante la conservazione degli habitat naturali indicati nell'Allegato A, anche prima della loro classificazione come SIC o della loro designazione come ZCS (vedi § 3.6. del Manuale cit. alla nota 94). Pertanto, nei piani di gestione del territorio (piani paesaggistici, piani urbanistici) le Regioni e le province autonome devono predisporre le opportune misure per evitare il degrado degli Habitat naturali indicati nell'Allegato A (art. 4 e 5, D.P.R.

Il geosigmeto psammofilo è caratterizzato dalla presenza, tra gli altri tipi di vegetazione, anche dell'*ammophila* e dello *juniperus* spp.; le dune che sono caratterizzate da questo tipo di vegetazione sono comprese nell'elenco degli habitat naturali dell'Allegato A del D.P.R. 1997 n. 357 [2120. Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* «dune bianche»; 2230. Dune con prati dei *Malcolmietalia*; 2250. * Dune costiere con *Juniperus* spp.].

Da quanto rilevato si fa presente che è molto probabile che la duna della Pelosa costituiscono uno degli habitat naturali elencati nell'Allegato A del D.P.R. 1997 n. 357, ovvero "2120 Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* «dune bianche»".

Se ciò corrisponde al vero, la Sardegna potrebbe valutare l'opportunità di inserire le suddette dune nell'elenco dei proposti SIC (vedi nota 94).

Se le suddette dune non sono un habitat naturale ai sensi del citato D.P.R. (vedi *infra*, punto c.I del presente lavoro), il ripascimento delle stesse deve essere comunque sottoposto alla valutazione di incidenza per le ragioni indicate al punto c. III del presente lavoro.

⁹³ Le fasi del procedimento per l'individuazione della rete Natura 2000 previste dal D.P.R. 357/97 e sue successive modificazioni, in attuazione della direttiva, sono sinteticamente le seguenti: 1. le Regioni e le Province autonome individuano nei loro territori i siti classificabili di importanza comunitaria, o Siti di Importanza Comunitaria proposti (pSIC) – in base alle definizioni della direttiva Habitat – e ne danno comunicazione al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, il quale provvede a formulare una proposta unitaria, che invia alla Commissione europea; 2. la Commissione, allo scopo di valutare la completezza e la coerenza delle proposte degli Stati Membri, organizza seminari scientifici per regione biogeografica; 3. sulla base delle conclusioni raggiunte con i Seminari Biogeografici, la Commissione provvede a definire un "Elenco dei Siti di Importanza Comunitaria (SIC)"; 4. le Regioni e le Province autonome assicurano per i proposti siti di importanza comunitaria "le opportune misure per evitare il degrado degli habitat naturali e degli habitat di specie, nonché la perturbazione delle specie per cui le zone sono state individuate"; 5. entro sei anni dalla pubblicazione dell'Elenco dei siti, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio designa con proprio decreto, adottato d'intesa con ciascuna regione interessata, i siti inseriti come Zone Speciali di Conservazione (ZSC); 6. entro sei mesi dalla designazione di cui al punto 5, le Regioni e le Province autonome adottano per le ZSC, sulla base di linee guida di gestione emanate con specifico decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, sentita la Conferenza permanente tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome, le "misure di conservazione necessarie che implicano all'occorrenza appropriati piani di gestione specifici od integrati ad altri piani di sviluppo e le opportune misure regolamentari, amministrative o contrattuali che siano conformi alle esigenze ecologiche dei tipi di habitat naturali" presenti nei siti che fanno parte della rete Natura 2000 (vedi § 3.1.2. del "Manuale delle linee guida per la redazione dei piani di gestione dei siti Natura 2000", in www2.miniambiente.it).

1997 n. 357, nonchè § 3.7 del Manuale cit.), anche di quegli habitat non classificati come SIC o come ZSC⁹⁴.

Alla luce delle suesposte considerazioni si rileva quanto segue:

I. l'intervento di ripristino delle dune della Pelosa deve essere sottoposto alla valutazione di incidenza ex art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357, in quanto intervento che incide su un habitat naturale indicato nell'allegato A;

II. se, invece, si interpreta l'art. 5 del citato D.P.R. come riferibile unicamente agli interventi effettuati sui proposti SIC, SIC e ZSC, escludendo quindi gli habitat naturali non proposti SIC, allora l'intervento *de quo* non necessita della valutazione di incidenza;

III. anche se si propendesse per l'alternativa II., si fa presente che il ripristino delle dune della Pelosa può avere effetti sui SIC limitrofi⁹⁵, quindi deve essere comunque sottoposto alla valutazione di incidenza [si ricorda che, ai sensi dell'art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357, sono da assoggettare alla valutazione di incidenza anche le iniziative che, pur ubicate all'esterno di siti di importanza comunitaria, di zone speciali di conservazione e di zone di protezione speciale, producono i loro effetti all'interno di dette aree].

In sintesi: il ripristino delle dune della spiaggia della Pelosa deve essere sottoposto alla valutazione di incidenza ex art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357.

d) Ciò premesso, si rileva che anche il ripristino delle dune, così come il ripascimento del litorale, consiste in un'opera a difesa del suolo, più precisamente della fascia costiera, nonchè in un'opera di *protezione, consolidamento e sistemazione dei litorali marini che sottendono il distretto idrografico* (vedi gli artt. 53, 54, 56, 65 del D.Lgs. 2006 n. 156) e, quale attività posta a difesa del suolo e del distretto idrografico, deve essere ricompreso nell'ambito dei relativi interventi di pianificazione e programmazione⁹⁶.

⁹⁴ Difatti nel PPR della Regione Sardegna sono previste misure di conservazione e di salvaguardia per questi tipi di habitat. Nelle N.T.A. (norme tecniche di attuazione) del PPR della Regione Sardegna (approvato con Delibera della Giunta regionale n. 36-7 del 05.09.2006, vedi nota 69 e 101) ricevono tutela - tra le altre - anche le "aree seminaturali" (art. 25 delle N.T.A.) tra cui ricadono "*le dune e litorali soggetti a fruizione turistica ... e tutti gli habitat dell'Alit. della Direttiva 92/43/CEE e succ. mod.*"; nonchè le "aree di ulteriore interesse naturalistico" (art. 38 delle N.T.A.), tra cui ricadono i "*biotopi di rilevante interesse, con particolare riferimento agli habitat dell'Allegato I della Direttiva 92/43 CEE e succ. mod., non individuati nell'ambito della rete "Natura 2000" della Regione Sardegna o di altre normative nazionali e regionali*".

⁹⁵ La sabbia utilizzata per ripascere le dune, tramite l'erosione marina ed eolica, finisce nel mare e quindi nei fondali dove è presente la posidonia, habitat prioritario e i SIC limitrofi, indicati *supra*, nella nota 76.

⁹⁶ Vedi l'analisi svolta *supra*, Cap 2, punto a) e Cap. 3, punto a).

L'art. 56, Parte Terza del citato decreto stabilisce che tra le attività di programmazione, pianificazione e di attuazione degli interventi destinati a realizzare le finalità di cui all'art. 53, rientra "*la protezione delle coste e degli abitati dall'invasione e dall'erosione delle acque marine ed il rifacimento degli arenili, anche mediante opere di ricostituzione dei cordoni dunosi*" (art. 56, lettera g), d.lgs. cit.); nonchè il successivo art. 65, alla lettera h) comprende, tra i contenuti del Piano di bacino, anche "*le opere di protezione, consolidamento e sistemazione dei litorali marini che sottendono il distretto idrografico*"; pertanto il ripascimento, quale attività posta a difesa del suolo e nel rispetto della corretta utilizzazione delle acque (distretto idrografico), deve essere ricompreso nell'ambito dei relativi interventi di pianificazione e programmazione (ovvero nei piani territoriali e nei piani di bacino o, nelle more della loro approvazione, nei piani stralcio).

Tali piani e programmi devono essere sottoposti alla VAS in sede regionale (ex artt. 6, 2° comma e 7, 1° e 2° comma, cit. decreto; vedi nota 95), provinciale in Sardegna (ex artt. 48 e 49 della L.R. 2006 n. 9⁹⁷), da svolgersi con le modalità indicate nell'Allegato C della Delibera della Giunta Regionale n. 24-23 del 23.04.2008.

Dato che:

- il piano relativo al ripristino del sistema dunale rientra tra i piani *“che sono elaborati per la valutazione e gestione ... delle acque, della pianificazione territoriale o della destinazione dei suoli e che definiscono il quadro di riferimento per l'approvazione, l'autorizzazione, l'area di localizzazione o comunque la realizzazione dei progetti elencati nell'allegato IV⁹⁸ del D.Lgs. 152/06”* (art. 8, Allegato C della citata delibera, corrispondente all'art. 6, 2° comma, lettera a) del D.lgs. 2006 n. 152);
- il piano *de quo* rientra altresì tra i piani *“per i quali si ritiene necessaria una valutazione d'incidenza⁹⁹ ai sensi dell'articolo 5 del decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357 e successive modificazioni, in considerazione dei possibili impatti sulle finalità di conservazione dei siti (...) classificati come siti di importanza comunitaria per la protezione degli habitat naturali e della flora e della fauna selvatica”* (art. 8, Allegato C della citata Delibera, corrispondente all'art. 6, 2° comma, lettera b) del D.lgs. 2006 n. 152);
- i descritti piani devono essere obbligatoriamente sottoposti alla VAS con la procedura degli artt. 10-17, Allegato C della citata Delibera;
- non ricorrono le condizioni previste dall'art. 6 dell'Allegato C per sottoporre il piano alla verifica di assoggettabilità ex artt. 6 e 7 dell'Allegato C della citata Delibera; tanto premesso, si ritiene:
- che il piano di ripristino del sistema dunale non possa essere sottoposto alla verifica di assoggettabilità, ma obbligatoriamente alla VAS (vedi nota 69¹⁰⁰), secondo le modalità degli artt. 10-17, Allegato C della citata Delibera;

Quindi dalla lettura coordinata delle suddette norme si evince che le opere a difesa della costa (tra cui rientra il ripascimento delle dune) devono essere previste nei piani e programmi relativi alla tutela del suolo e dell'acqua: si rileva che, ai sensi dell'art. 6, 2° comma, lettera a) del decreto *de quo*, i piani e programmi relativi ai settori *“della pianificazione territoriale e della destinazione dei suoli”, “della gestione dei rifiuti e delle acque”*, nonché quelli *“che definiscono il quadro di riferimento per l'approvazione, l'autorizzazione, l'area di localizzazione o comunque la realizzazione dei progetti elencati negli allegati II, III e IV del presente decreto”*, devono essere sottoposti alla VAS; più precisamente, dal momento che l'art. 89 del D.lgs. 31 marzo 1998 n. 112 ha trasferito alle Regioni e agli enti locali le funzioni relative *“alla programmazione, pianificazione e gestione integrata degli interventi di difesa delle coste e degli abitati”*, nonché in forza dell'art. 7, 1° e 2° comma, del D.lgs. 2006 n. 152, i piani e programmi relativi alla difesa della costa devono essere sottoposti alla VAS in sede regionale.

⁹⁷ Nelle more dell'attuazione di quanto previsto, la competenza resta della Regione. Vedi tutto quanto rilevato *supra*, Cap. 3, punto a), note 68 e 69 e testo corrispondente.

⁹⁸ Si ricorda che l'Allegato IV comprende *“le opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa del mare”*, tra cui rientra il ripascimento delle dune, quale *“opera costiera destinata a combattere l'erosione”*, o *“lavoro volto a modificare la costa”*.

⁹⁹ In forza di quanto rilevato *supra*, punti c.I., c.II. e c.III.

¹⁰⁰ Si riporta la nota 69: Si ricorda (vedi anche *supra*, Cap.2, punto a) che i piani e programmi di assetto ed uso del territorio - ovvero i PPR, i PUC - devono essere coordinati e mai in contrasto con i Piani di bacino approvati o con i piani stralcio (art. 65, 67, 68 D.lgs. 2006 n.152) e gli enti

- che la valutazione di incidenza ex art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357 deve essere ricompresa nella procedura di VAS [artt. 12, 14 e 15, Allegato C della citata Delibera, corrispondente all'art. 10, 3° comma del D.lgs. 2006 n. 152].

e) Per quanto riguarda il progetto di ripascimento, l'Allegato IV alla Parte Seconda del D.lgs. 2006 n. 152 ricomprende, alla lettera n), tra i progetti da sottoporre alla Verifica di assoggettabilità - ex art. 20 - di competenza delle regioni e delle province autonome di Trento e Bolzano, anche le *"opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa del mare"*; quindi i progetti di ripascimento del sistema dunale rientrano tra quelli da sottoporre alla VIA in sede regionale¹⁰¹, provinciale in Sardegna (vedi *supra*, nota 52 e Cap.3, punto b), previa verifica di assoggettabilità, ove previsto, da svolgersi secondo le modalità stabilite dalle Regioni e dalle province autonome [art. 20, 1° comma, lettera b; cfr. *supra*, Cap.1, note 21, 22, 23, 24].

La Regione Sardegna ha recepito le disposizioni del citato decreto attraverso la L.R. 2006 n. 6 e la Delibera della Giunta regionale n. 24-23 del 23.04.2008: pertanto il progetto di ripascimento *de quo* deve essere sottoposto alla VIA secondo le modalità stabilite dagli Allegati A e B della citata Delibera, che si esplicano qui di seguito:

L'Allegato B1 della citata Delibera, al punto 7, lettera l) stabilisce che tra i progetti da sottoporre alla verifica di assoggettabilità rientrano le *"opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la*

territorialmente interessati dal Piano di bacino sono tenuti a rispettarne le prescrizioni nel settore urbanistico [art. 65, 5° comma, cit.].

In Sardegna, dato che:

- la Regione Sardegna, in attuazione del citato decreto, ha emanato la L.R. 2006 n. 19, "Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici" [in attuazione degli artt. 65 e ss. del D.lgs. 2006 n. 152, vedi spec. artt. 8 e 9 della L.R. cit.];
- Il Piano Paesaggistico Regionale (PPR) è il quadro di riferimento e di coordinamento, per lo sviluppo sostenibile dell'intero territorio regionale, degli atti di programmazione e pianificazione regionale, provinciale e locale [art. 1, L.R. 2004 n.8];
- è stato approvato il PPR con Delibera della Giunta regionale n. 36-7 del 05.09.2006 ex L.R. 2004 n. 8;
- i comuni devono adeguarsi alle disposizioni e previsioni del PPR [art. 2, 6° comma, L.R. 2004 n. 8];
- la formazione dei piani paesaggistici e urbanistici è regolata dalla L.R. 1989 n.45;
- i PUC dei comuni i cui territori ricadono nella fascia costiera di duemila metri dalla linea di battigia marina devono contenere lo studio di compatibilità paesistico-ambientale e pertanto sono sottoposti alla VAS e i piani attuativi alla VIA [art. 5, L.R. 2004 n. 8];
- le procedure di VAS e di VIA sono regolate dal D.lgs. 2006 n. 152, nonchè, in sua attuazione, dalla L.R. 2006 n. 9 e dalla citata Delibera del 2008;
- per tutto quanto rilevato, il Comune di Stintino deve sottoporre alla VAS il PUC contenente il piano di ripascimento *de quo* [e deve sottoporre alla VIA il relativo progetto attuativo].

Difatti, il Comune di Stintino ha avviato il procedimento di redazione della VAS relativa al PUC ed al PUL [piano di utilizzo dei litorali] (vedi www.comune.stintino.ss.it).

¹⁰¹ In forza dell'art. 6, commi 5, 6, 7, 8, 9, [vedi *supra*, note 15, 22 e 23], nonchè dell'art. 7, 4° comma che stabilisce: *"sono sottoposti a VIA secondo le disposizioni delle leggi regionali, i progetti di cui agli allegati III e IV al presente decreto"*; il 6° comma stabilisce: *"In sede regionale, l'autorità competente è la pubblica amministrazione con compiti di tutela, protezione e valorizzazione ambientale individuata secondo le disposizioni delle leggi regionali o delle province autonome. 7. Le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano disciplinano con proprie leggi e regolamenti le competenze proprie e quelle degli altri enti locali"*.

costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa del mare": quindi il progetto di ripristino del sistema dunale rientra tra quelli del citato Allegato B1, sottoposti a previa verifica di assoggettabilità.

Ma l'art. 2 dell'Allegato B dispone che *"sono sottoposti a verifica i progetti di opere e di impianti compresi nell'allegato B1 qualora non ricadano neanche parzialmente in aree naturali protette come definite dalla L. 6 dicembre 1991, n. 394 e nelle aree designate dall'Amministrazione regionale per l'inserimento nella rete Natura 2000 come previsto dall'art.20 comma 12 della L.R 3/2003"*¹⁰².

Pertanto se l'intervento di ripascimento *ricade anche parzialmente* nelle zone descritte, questo non può essere sottoposto alla verifica di assoggettabilità, ma direttamente alla procedura di VIA secondo le disposizioni dell'Allegato A della citata Delibera.

Nel caso specifico, si è detto (vedi *supra*, punto c, spec. punto c.I, c.II. e c.III) che le dune *de quibus* non compaiono nell'elenco delle "aree designate dall'Amministrazione regionale per l'inserimento nella rete Natura 2000", quindi, ai sensi del citato art. 2, il progetto di ripascimento delle suddette dune dovrebbe venire sottoposto alla verifica di assoggettabilità.

Ma si è altresì detto che il ripascimento *de quo* può avere effetti sui SIC limitrofi¹⁰³, ossia su aree che sono inserite nella rete Natura 2000.

Pertanto il ripascimento *de quo* rientra tra i progetti che, ricadendo anche parzialmente nelle aree inserite nella rete Natura 2000 (ossia i SIC limitrofi), sono esclusi dalla previa verifica di assoggettabilità (art. 2, Allegato B, cit.) e, quindi, sottoposti direttamente alla VIA, secondo la procedura indicata nell'Allegato A.

In sintesi:

il progetto di ripascimento *de quo* non può essere sottoposto alla previa verifica di assoggettabilità (art. 2 dell'Allegato B, citata Delibera), ma direttamente alla VIA (ex Allegato A, citata Delibera).

È necessario procedere alla valutazione di incidenza¹⁰⁴ ex art. 5 del D.P.R. 1997 n. 357, da effettuarsi all'interno della procedura di VIA (art. 7, 2° comma, Allegato A, citata Delibera¹⁰⁵).

In Sardegna, con la Legge regionale 12 giugno 2006, n. 9 (artt. 48 e 49) spettano alle province le funzioni amministrative in materia di valutazione di impatto ambientale non ritenute di rilievo regionale e lo svolgimento della valutazione di impatto ambientale dei progetti, delle opere e interventi di valenza provinciale; ma si ricorda (vedi Cap. 3, punto b, note 73, 74 e 75) che, nelle more dell'attuazione di quanto previsto, la competenza resta della Regione.

¹⁰² Vedi nota 76.

¹⁰³ Vedi nota 96.

¹⁰⁴ Così come per la procedura di VIA, anche per la valutazione di incidenza, la L.R. 2006 n.9, all'art. 47, 4° comma, ha stabilito che *"sono attribuite alle province le funzioni amministrative concernenti lo svolgimento della procedura della valutazione d'incidenza di cui all'articolo 5 del decreto del Presidente della Repubblica n. 357 del 1997, come modificato e integrato dall'articolo 6 del decreto del Presidente della Repubblica n. 120 del 2003, relative ad interventi di valenza provinciale e comunale da individuarsi, con apposita deliberazione della Giunta regionale, secondo le procedure previste al comma 2 dell'articolo 3 della presente legge". Nelle more dell'attuazione di quanto previsto, resta salva la competenza della Regione.*

¹⁰⁵ L'art.7 citato recita: *"Nel caso in cui l'intervento oggetto della V.I.A. ricada all'interno di un'area interessata da un Sito d'Importanza Comunitaria (SIC) e/o da una Zona di Protezione Speciale (ZPS) di cui alle Direttive Habitat 92/43/CEE e 79/409/CEE Uccelli, il proponente deve integrare lo SIA [n.d.r.: Studio di impatto ambientale] con la relazione per la valutazione di incidenza, redatta in conformità all'allegato G al citato D.P.R. 357/1997, come modificato e integrato dal D.P.R. 120/2003".*

Dallo studio di impatto ambientale, integrato con la relazione per la valutazione di incidenza e predisposto con le modalità indicate nell'Allegato A2 della citata Delibera, emergerà la compatibilità ambientale o meno del ripascimento *de quo*.

In conclusione, si osserva quanto segue:

il ripristino delle dune realizzato attraverso l'utilizzo di sabbia da cava può essere assimilato ad un intervento che comporta un'immissione in mare¹⁰⁶ di "*inerti, materiali geologici inorganici e manufatti al solo fine di utilizzo*" e, quindi, deve essere "*dimostrata la compatibilità e l'innocuità ambientale*" dei materiali utilizzati [art. 109, lettera b, del D.lgs. 2006 n. 152].

Pertanto è altresì necessaria l'autorizzazione regionale - prescritta dall'art. 109 del D.lgs. 2006 n. 152 e dall'art. 21 della legge 2002 n. 179 - rilasciata previa attività istruttoria regolata dal D.M. 24 gennaio 1996 (vedi *supra*, Cap. 2, punto b e Cap. 3, punto b).

In Sardegna, la menzionata autorizzazione è rilasciata dalla provincia, in forza dell'art. 51, 2° comma della L.R. 2006 n. 9, come modificato dall'art. 15 della L.R. 2007 n. 2 (vedi *supra*, Cap. 3, punto b, pag. 56).

In sintesi: il progetto di ripristino del sistema dunale della Pelosa necessita della VIA in sede regionale, ai sensi della L.R. 2006 n. 9 e della Delibera della Giunta regionale n. 24-23 del 23.04.2008, nonché dell'autorizzazione all'immersione in mare di materiali, rilasciata - previa istruttoria regolata dal D.M. 24 gennaio 1996 - dalla provincia di Sassari, ex art. 51, L.R. 2006 n. 9.

¹⁰⁶ Si ricorda che la sabbia utilizzata per ripascere le dune finisce nel mare (vedi nota 96 e 104).

Bibliografia

- GARZIA G. (2007) - L'Erosione costiera e gli interventi di ripascimento del litorale: il quadro giuridico attuale e le prospettive di riforma. Università di Bologna. In www.federalismi.it, 15.
- ICRAM (2004) - Caratterizzazione dell'apparato dunale della spiaggia della Pelosa nell'ambito della Gestione Integrata della Zona Costiera di Stintino (Sassari). 1°Relazione. A cura di S. Silenzi e S. Devoti. Pp. 69.
- ICRAM E APAT (2006) - Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Pp. 67.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO, Servizio Conservazione della Natura (2004) - Manuale per la gestione dei siti Natura 2000.
- NICOLETTI L., PAGANELLI D., GABELLINI M. (2006) - Aspetti ambientali del dragaggio di sabbie relitte ai fini di rinascimento: proposta di un protocollo di monitoraggio. Quaderno ICRAM, 5: 159.

Siti Internet d'interesse

www.ambientediritto.it
www.amministrativo.it/ambiente
www.camera.it
www.comune.stintino.ss.it
www.federalismi.it
www.miniambiente.it
www.pianosardegna.it
www.regione.sardegna.it
www.sardegnaambiente.it
www.sardegnaterritorio.it

Legislazione nazionale

(in ordine cronologico)

- L.1982 n. 979, Disposizioni per la difesa del mare (in G.U. della Repubblica Italiana n. 16 - Supplemento Ordinario del 18 gennaio 1983)
- L.1983 n. 183, Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo (in Suppl. ordinario alla Gazz. Uff., 25 maggio, n. 120)
- D.M. 24 gennaio 1996, Direttive inerenti le attività istruttorie per il rilascio delle autorizzazioni di cui all'art. 11 della legge 10 maggio 1976, n. 319 e successive modificazioni ed integrazioni, relative allo scarico nelle acque del mare o in ambienti ad esso contigui, di materiali provenienti da escavo di fondali di ambienti marini o salmastri o di terreni litoranei emersi, nonché da ogni altra movimentazione di sedimenti in ambiente marino (in G.U. 7 febbraio 1996, n. 31)
- D.P.R. 1997 n. 357, Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche (in G. U. 23 ottobre 1997 n. 248, S.O.)

- D.lgs. 1998 n. 112, Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della l. 15 marzo 1997, n. 59 (G.U. n. 92 del 21-4-1998, S.O.)
- D.lgs. 1999 n. 152, Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole (in Suppl. ordinario n. 101/L, alla Gazz. Uff. n. 124, del 29 maggio), ora abrogato dal D.lgs 2006 n. 152
- L. 2002 n. 179, Disposizioni in materia ambientale (in G.U. 13 agosto n. 189)
- D.M. 3 settembre 2002, Linee guida per la gestione dei siti Natura 2000 (in GU n. 224 del 24-9-2002)
- D.M. 2003 n. 367, Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 (in Gazz. Uff., 8 gennaio, n. 5), ora abrogato dal D.lgs 2006 n. 152
- D.lgs. 2004 n. 42, Codice dei beni culturali e del paesaggio (in S.O. n. 28 alla G.U. del 24 febbraio n. 45)
- D.lgs. 2005 n. 59, Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (in G.U. 22 aprile 2005, n. 93)
- D.lgs. 2006 n. 152, Norme in materia ambientale (in G.U. n. 88 del 14 aprile 2006), modificato dal D.lgs. 2008 n. 4
- D.lgs. 2008 n. 4, Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale (in G.U. 29 gennaio 2008, n. 24, S.O)

Legislazione regionale Sardegna

(in ordine cronologico)

- L. R. Sardegna 1989 n. 31, B.U.R. 16/6/1989 n.22, Norme per l'istituzione e la gestione dei parchi, delle riserve e dei monumenti naturali, nonché delle aree di particolare rilevanza naturalistica e ambientale
- L.R. Sardegna 1989 n. 45, B.U.R. 22/12/1989 n.48, norme per l'uso e la tutela del territorio regionale
- L. R. Sardegna 1993, n. 23, B.U.R. 11/5/1993 n.17, Modifiche ed integrazioni alla legge regionale 22 dicembre 1989, n. 45, recante "Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale"
- L.R. Sardegna 1999 n.1, B.U.R. 19/1/1999 n.2, Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale della Regione (legge finanziaria 1999)
- L. R. Sardegna 2004 n.8, B.U.R. 25/11/2004 n.38, Norme urgenti di provvisoria salvaguardia per la pianificazione paesaggistica e la tutela del territorio regionale
- L. R. Sardegna 2006 n. 9, B.U.R. 20/06/2006 n. 20, Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali
- L. R. Sardegna 2006 n. 19, B.U.R. 14/12/2006 n. 41, Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici.
- L. R. Sardegna 2007 n. 2, S.O. del B.U.R. 31/05/2007 n. 18, Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale della Regione (legge finanziaria 2007)

- L.R. Sardegna 2008 n. 3, in S.O. n. 1 del B.U.R. 06.03.2008 n. 9, Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale della Regione (Legge finanziaria 2008)
- Delibera G. R. Sardegna n. 36-7 del 05.09.2006, Approvazione del Piano Paesaggistico. Primo ambito omogeneo
- Delibera G.R. Sardegna n. 53-9 del 27.12.2007, Procedura per l'approvazione finale del Piano Forestale Ambientale Regionale redatto ai sensi del D.Lgs. 227/2001
- Delibera G.R. Sardegna n. 11-27 del 19.02.2008, Disegno di legge concernente "Istituzione del servizio integrato regionale di gestione dei rifiuti urbani e di riordino in materia ambientale"
- Delibera G.R. Sardegna n. 22-23 del 23.04.2008, Direttive per lo svolgimento delle procedure di valutazione di impatto ambientale e di valutazione ambientale strategica

Direttive CEE

(in ordine cronologico)

- Direttiva 79/409/CEE, concernente la conservazione degli uccelli selvatici
- Direttiva 92/43/CEE, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche
- Decisione Commissione CEE 2008/335/CEE del 28.03.2008, che adotta, a norma della direttiva 92/43/CEE del Consiglio, il primo elenco aggiornato dei siti di importanza comunitaria per la regione biogeografica mediterranea [*notificata con il numero C(2008) 1148*]
- Direttive CEE indicate nel Cap. 1, punto 5) che sono state recepite dal D.lgs. 2006 n. 152

APPENDICE 2. VADEMECUM PER LA MANUTENZIONE, LA FRUIZIONE ED IL MANTENIMENTO DEL DECORO DELLA SPIAGGIA E DELL'APPARATO DUNALE DELLA PELOSA

Fra i principali fattori di dissesto del delicato ambiente duna-spiaggia della Pelosa vi sono l'elevata fruizione turistica, l'antropizzazione della costa e la viabilità stradale litoranea. Le attività balneari, gli stabilimenti, i sentieri di accesso alla spiaggia creati sulla duna e il calpestio incontrollato non fanno che aumentare gli effetti nocivi sul compromesso equilibrio dell'ecosistema costiero.

Gli interventi di difesa, in essere presso la Pelosa, sono tesi alla protezione della duna costiera mediante opere finalizzate ad aumentare la velocità e la quantità di accumulo della sabbia, nonché a favorire il consolidamento delle dune embrionali. Interventi dissuasivi (passerelle, ecc.) hanno il duplice scopo di limitare il passaggio pedonale incontrollato sulla duna e di creare ulteriori accessi al mare.

In tale contesto, appare fondamentale che il servizio turistico balneare di fruizione alla spiaggia si sviluppi nel senso di favorire il progressivo e continuo ripristino del cordone dunale, diminuendo l'impatto antropico sul sistema.

Infatti, nonostante il tentativo di rinaturalizzazione del sistema, appare evidente che esso non possa essere decontestualizzato dalla corretta gestione del bene turistico. Questa si avvale di azioni di mantenimento e pulizia che sono proprie di un ambiente turistico che tende ad un'alta qualità dei servizi (come ad esempio espressamente richiesto nell'assegnazione delle Bandiere Blu), dove cioè si attuano le normali operazioni di mantenimento della pulizia e del decoro urbano. Conciliando tali necessità con il bisogno di riportare a condizioni quanto più naturali possibili il sistema costiero considerato, si propongono di seguito alcune indicazioni utili a far sì che le opere di bonifica e pulizia, che si effettuano periodicamente sul sistema spiaggia-duna della Pelosa, non costituiscano ulteriore motivo d'innesco o di magnificazione dei fenomeni erosivi e/o di depauperamento dell'ecosistema che si sta cercando di salvaguardare. Pertanto, si forniscono indicazioni utili ad una corretta fruizione della spiaggia nonché al mantenimento di un elevato standard di qualità in termini di decoro e rispetto del pubblico. Si evidenzia che tali indicazioni non possono in alcun modo derogare le normative vigenti: in tal senso, ogni indicazione dovrà essere verificata dagli organi competenti del Comune.

Linee guida per gli operatori

Le indicazioni di seguito riportate ricadono in una filosofia di gestione del litorale che serve a guidare l'operatore, impegnato nella manutenzione, ad una corretta

applicazione ed utilizzo degli strumenti, nonché a favorire la conservazione del bene naturale compatibilmente con il decoro del bene turistico.

1. Non potare o sradicare gli arbusti e le piante anche qualora si presentassero in formazioni solitarie, invadessero i camminamenti, le vie di accesso, i marciapiedi e le sedi stradali (ad eccezione di elementi compromettenti la sicurezza). Tale divieto è esteso anche alla vegetazione secca o parzialmente secca.
2. Nell'ambito delle operazioni di manutenzione e per quanto possibile evitare di camminare sulla vegetazione e di passare in prossimità delle zone in cui le radici delle piante risultano essere scoperte (non calpestare le radici e le essenze vegetali), di camminare lungo i fianchi non vegetati delle dune e nelle zone con affioramenti rocciosi dove è possibile osservare sacche di sabbia (tumuli relitti).
3. Gli interventi di manutenzione ordinaria dei litorali devono mirare esclusivamente alla raccolta dei rifiuti di natura antropica (ad esempio rimozione del materiale plastico e ferroso, delle cicche di sigaretta e di tutti i rifiuti presenti sulle spiagge, lungo i camminamenti e nelle formazioni vegetali), evitando di estirpare la vegetazione in posto o spiaggiata ed avendo cura di asportare il minor quantitativo possibile di sabbia durante ogni operazione legata alle attività di mantenimento degli arenili.
4. Non utilizzare pale o rastrelli meccanizzati nelle operazioni di pulizia della spiaggia. La pulizia va effettuata manualmente o con metodologie a basso impatto (zappe, badili, rastrelli, coppi e altri attrezzi manuali atti alle esigenze del servizio). Evitare il passaggio dei mezzi meccanici sul cordone dunale e sulla spiaggia.
5. I siti di stoccaggio dei rifiuti raccolti dagli arenili non potranno essere ubicati, neanche temporaneamente, presso la spiaggia o la duna. NB: per la definizione di rifiuto seguire la normativa corrente.
6. Dove possibile, compatibilmente con le esigenze turistico balneari, la movimentazione delle biomasse spiaggiate, con particolare riferimento alla *Posidonia oceanica*, va ridotta al minimo favorendo il concetto di spiaggia naturale.
7. Non utilizzare prodotti non compatibili con l'ambiente per la bonifica e la disinfezione del sito, salvo diverse indicazioni atte alla tutela della salute pubblica.
8. Nella messa in opera di cestini, cartelli o indicazioni di varia natura dovranno essere preferiti materiali naturali (per es. pali e targhe in legno). Tali elementi non dovranno arrecare alcun disturbo visivo per forma, colore e dimensione all'ambiente in cui sono ubicati.
9. La rimozione delle strutture ricettive (per esempio ombrelloni, lettini, sdraio) dovrà tenere conto dell'esigenza di asportare dalla spiaggia il minor quantitativo possibile di sabbia.
10. Nell'ambito della sistemazione della spiaggia e nella collocazione delle strutture balneari non dovrà essere consentito di rimodellare il profilo della linea di battigia né di ridistribuire la sabbia all'interno della spiaggia, né tentare di rimuovere o ricoprire pietre e rocce affioranti.

Tali applicazioni non dovranno comunque mai essere applicate in deroga alle norme vigenti (per es. riguardo la sicurezza sul lavoro).

Indicazioni, divieti ed obblighi per i fruitori

1. Divieto di rimuovere sabbia e/o conchiglie dalla spiaggia e dalla duna.
2. Divieto di raccolta di specie vegetali.
3. Divieto di realizzare buche in prossimità degli apparati dunari e/o della linea di riva.
4. Divieto di abbandono di qualsiasi rifiuto (cicche di sigaretta comprese) che andrà collocato negli appositi contenitori. Laddove è attivata la raccolta differenziata obbligo di collaborare al suo buon risultato.
5. Divieto di accesso alla spiaggia con qualsiasi mezzo ad eccezione delle necessità espresse dalle persone diversamente abili e nelle operazioni di soccorso o sicurezza.
6. Divieto di introdurre animali se la spiaggia non è attrezzata; sono esclusi dal divieto i cani di salvataggio al guinzaglio ed i cani guida per i non vedenti.
7. Non ingombrare i corridoi ed i passaggi al mare. Utilizzare solo ed esclusivamente le vie indicate (passerelle in legno, scale in pietra) per l'accesso alla spiaggia.
8. Non camminare non stendere asciugamani o posizionare sdraio ed ombrelloni sulle dune e al di fuori degli spazi consentiti.
9. Divieto di praticare pesca e pesca subacquea entro 500 metri dalla spiaggia frequentata da bagnanti (DPR n. 1639/1968), di praticare sci nautico in ore notturne o entro 200 metri dalla battigia (DM 26/1/1960).
10. Divieto di accendere fuochi.
11. Obbligo di pulizia dalla sabbia dai piedi e dagli asciugamani all'uscita dalla spiaggia.

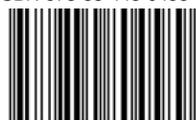
Indicazioni generiche per il decoro della spiaggia

1. Sistemare gli oggetti personali e gli indumenti in modo decoroso: non ammucchiarli sulla spiaggia, ne appenderli agli ombrelloni.
2. Non ingombrare la linea di battigia, lasciandola libera per il passaggio e per l'accesso al mare.
Seguire i consigli degli operatori balneari, soprattutto in caso di cambiamenti climatici improvvisi (ad esempio aumento del vento).
3. Utilizzare apparecchi radio con le cuffie o a basso volume, tenere la suoneria del telefonino al minimo e conversare a bassa voce.
4. Non affrontate il mare con forte vento e non oltrepassate le boe di segnalazione, ove presenti, del limite di balneazione. Non mettere a rischio la vostra vita ne quella dei soccorritori.
5. Giocare a palla o praticare altri giochi esclusivamente negli spazi appositamente allestiti.
6. Divieto di campeggio.
7. Divieto ad effettuare qualsiasi attività che possa costituire pericolo per i bagnanti e/o causare il depauperamento dei beni naturali.
8. Non lasciare natanti in sosta qualora ciò comporti intralcio al sicuro svolgimento dell'attività balneare, ad eccezione di quelli destinati al noleggio o alle operazioni di assistenza e salvataggio.

9. Divieto di praticare qualsiasi gioco (per esempio giochi con la palla, tennis da spiaggia, bocce, etc.) che può causare danno o molestia alle persone, turbativa della quiete nonché compromettere l'igiene del luogo. Tali giochi potranno essere praticati nelle zone appositamente attrezzate dai concessionari, qualora presenti.
10. Divieto di esercitare attività commerciali, attività promozionali, di organizzare giochi, manifestazioni ricreative o spettacoli pirotecnici, senza autorizzazione dell'Amministrazione Comunale. Divieto di distribuire manifestini anche a mezzo di aerei
11. Divieto di introdurre ed usare bombole di gas o altre sostanze infiammabili.



ISBN 978-88-448-0458-9



9 788844 804589

QUADERNI

RICERCA MARINA
1/2010