



LIFE13 NAT/IT/000471

Manutenzione straordinaria e integrazione delle opere di difesa della duna di Lacona a seguito della mareggiata dell'ottobre 2018

STUDIO DI FATTIBILITA'

Relazione tecnica generale

Committente:
Ente Parco Nazionale Arcipelago Toscano

Responsabile Unico del Procedimento
Dott. geol. Maurizio Burlando

Gruppo di progettazione

Iris s.a.s. Strategie per l'ambiente
dott. ing. Maurizio Bacci



dott. Ing. Stefano Corsi



Nemo s.r.l.
dott. nat. Leonardo Lombardi

dott. For. Michele Angelo Giunti

identificazione

numero di archivio

data 1° revisione 27/05/2019

data 2° revisione 19/08/2019

Agosto 2019

Indice

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DELL'EVENTO DELL'OTTOBRE 2018 E RILIEVO DEI DANNI.....	5
3	APPROCCIO PROGETTUALE E ALTERNATIVE	16
4	DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO.....	18
4.1	MATERIALI	22
4.2	INSERIMENTO AMBIENTALE E PAESAGGISTICO	30
5	ASPETTI AUTORIZZATIVI E AMMINISTRATIVI.....	31
6	ASPETTI ECONOMICO-FINANZIARI	32

1 Premessa

L'arenile e il sistema dunale di Lacona sono stati oggetto nel 2016-2017 di un intervento di riqualificazione nell'ambito del Progetto LIFE13 NAT/IT/000471 "Island conservation in Tuscany, restoring habitat not only for birds" - RESTO CON LIFE da parte dell'Ente Parco Nazionale Arcipelago Toscano, beneficiario incaricato del coordinamento del progetto. L'intervento è stato attuato con il progetto *Riqualificazione sistema dunale di Lacona*, redatto nel giugno 2015, appaltato nel 2016 e completato nell'aprile 2017.

Durante la giornata del 28/29 ottobre 2018 l'area compresa tra il Mar di Sardegna, Mar di Corsica e Mar Ligure è stata interessata da un evento meteorologico di eccezionale portata. I dati meteorologici dell'evento vengono descritti dal Lamma della Regione Toscana in uno speciale report e indicano come i venti di provenienza SSE (mezzogiorno-scirocco) abbiano raggiunto e superato diffusamente i 100-120 km/h sull'Arcipelago, sulla costa centro-meridionale, sulle zone collinari e sui rilievi più alti della regione.

A seguito della tempesta del 28-29 ottobre 2018, l'arenile, il sistema dunale e le opere presenti hanno subito danneggiamenti nel fronte mare che richiedono di intervenire nuovamente nel tratto. In particolare si possono individuare due esigenze connesse ma distinte:

- ripristino degli elementi di controllo della fruizione, pulizia dell'arenile e messa in sicurezza del tratto;
- interventi di protezione e ripristino della morfologia dunale.

Nel maggio 2019 è stato elaborato un progetto che rispondeva alla prima delle esigenze completando la recinzione delle aree, la pulizia dai residui e dai rifiuti. In particolare, l'intervento sommariamente ha previsto:

- il ripristino delle recinzioni con corda, tramite nuova opera o manutenzione degli elementi esistenti,
- la rimozione degli elementi danneggiati delle recinzioni, separazione con recupero degli elementi funzionali e smaltimento degli altri,
- la sostituzione della staccionata in plastica riciclata con recinzione con corda in corrispondenza dell'accesso principale, lato mare,
- lo spostamento della staccionata e della pedana che formano l'accesso secondario del settore est; la pedana sarà ricollocata lungo l'accesso ovest, mentre la staccionata sarà ricollocata sul retroduna,
- la rimozione di elementi danneggiati dalle opere quali bioreti e pali tramite rimozione totale o taglio delle porzioni fuori terra e interrimento delle porzioni restanti,
- la rimozione di rifiuti o altri materiali artificiali portati dalla mareggiata o emersi a seguito di erosione dell'arenile,
- l'installazione di cartelli informativi e ripristino di bacheca non più presente.

Il presente studio di fattibilità, invece, contiene gli elementi per la valutazione di fattibilità dell'intervento di recupero delle opere di ripristino e protezione dunale. E' redatto in conformità all'art. 14 del D.P.R. 207/2010, in particolare riportando quanto richiesto al comma 1, ovvero:

- le caratteristiche funzionali, tecniche, gestionali, economico-finanziarie dei lavori da realizzare (capitoli 4, 5 e 6);
- l'analisi delle possibili alternative rispetto alla soluzione realizzativa individuata (capitolo 3);
- la verifica della possibilità di realizzazione mediante i contratti di partenariato pubblico privato di cui all'articolo 3, comma 15-ter, del codice (omessa in quanto non sussiste tale possibilità);
- l'analisi dello stato di fatto, nelle sue eventuali componenti architettoniche, geologiche, socio-economiche, amministrative (capitolo 2);
- la descrizione, ai fini della valutazione preventiva della sostenibilità ambientale e della compatibilità paesaggistica dell'intervento, dei requisiti dell'opera da progettare, delle caratteristiche e dei collegamenti con il contesto nel quale l'intervento si inserisce, con particolare riferimento alla verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici, paesaggistici interferenti sulle aree o sugli immobili interessati dall'intervento, nonché l'individuazione delle misure idonee a salvaguardare la tutela ambientale e i valori culturali e paesaggistici (paragrafo 4.2 e capitolo 5).

Dopo la presente premessa al capitolo 2 si riporta una descrizione dell'evento eccezionale del 28/29 ottobre 2018 e gli effetti avuti, con l'analisi della risposta delle opere a tali sollecitazioni. Al capitolo 3 si definiscono le alternative progettuali e si individua quella scelta. Al capitolo 4 si descrive l'approccio progettuale, gli interventi previsti per tratto, i materiali utilizzati e gli aspetti di sostenibilità ambientale e inserimento paesaggistico. Al capitolo 5 si analizzano gli aspetti amministrativi e autorizzativi e al capitolo 6 si riporta una stima di massima dei possibili costi dell'intervento

2 Descrizione dell'evento dell'ottobre 2018 e rilievo dei danni

Durante la giornata del 29 ottobre 2018, l'area compresa tra il Mar di Sardegna, Mar di Corsica e Mar Ligure è stata interessata da un evento meteorologico di eccezionale portata. I dati meteorologici dell'evento vengono descritti dal Lamma della Regione Toscana in uno speciale report¹ e indicano come i venti di provenienza SSE (mezzogiorno-scirocco) abbiano raggiunto diffusamente i 100-120 km/h sull'Arcipelago, sulla costa centro-meridionale, sulle zone collinari e sui rilievi più alti della regione. La stazione anemometrica posta alla Gorgona registra una raffica massima di 155 km/hm, mentre quella di Follonica fa addirittura registrare 170 km/h di raffica.

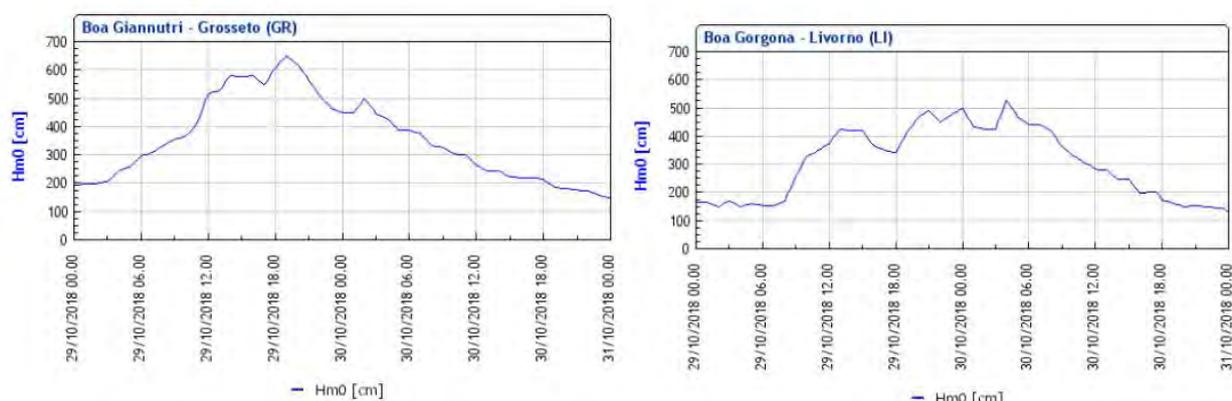


Figura 1 – Altezza d'onda significativa osservata nei pressi dell'isola di Giannutri e dell'isola di Gorgona il 29 ottobre (http://www.lamma.rete.toscana.it/clima/report/eventi/evento_29102018.pdf)

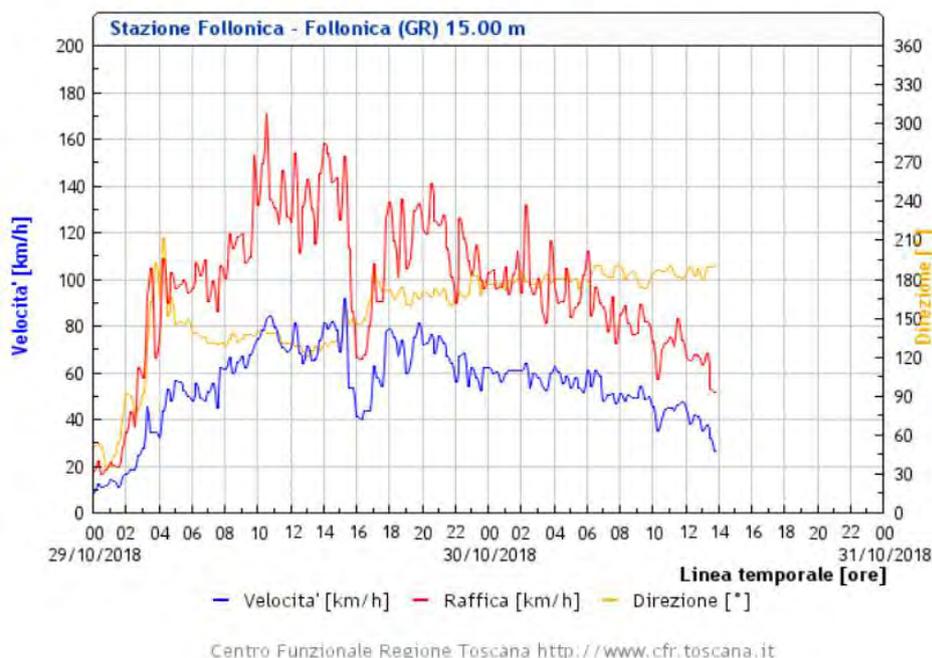


Figura 2 – Velocità media e di raffica del vento e direzione registrate alla stazione di Follonica tra il 29 e il 30 ottobre scorso.

¹ http://www.lamma.rete.toscana.it/clima/report/eventi/evento_29102018.pdf



Figura 3 – Screenshots di un momento della mareggiata ripresi da una delle 3 telecamere del Parco presenti sull'arenile. Purtroppo non sono disponibili filmati relativi alle fasi più intense.

Fortissime mareggiate interessano l'Arcipelago e tutte le zone costiere esposte alle onde da S e SSE con altezze d'onda significativa che raggiungono 6.5 metri a Giannutri (valore record dall'anno in cui è stata installata la boa e cioè dal 2008) e 5 metri alla Gorgona; 4 metri di altezza d'onda significativa si raggiungono a Castiglione della Pescaia.



Figura 4 – Inquadramento del Golfo di Lacona con evidenziazione delle aree più colpite dalla mareggiata del 29 ottobre

La spiaggia di Lacona è perfettamente esposta ai venti provenienti dai quadranti meridionali. Con i venti di provenienza SSE la presenza del promontorio di Punta Stella ha significativamente protetto il settore più orientale del Golfo, mentre il tratto centrale e quello occidentale sono state interessati frontalmente dai venti che hanno provocato un rialzo di marea che ha completamente sormontato la duna e quasi raggiunto i locali dell'info-point del parco situati ad oltre 100 metri dalla linea di battigia.

Gli effetti dell'evento sono stati in generale molto evidenti ma non hanno provocato danni alle opere e al profilo dunale in modo uniforme in quanto i fattori che concorrono sulle dinamiche dei flutti e sulla movimentazione dei sedimenti sono molteplici e di difficile lettura e interpretazione.

Il cordone antedunale, realizzato su un fronte di lunghezza pari a 341 metri su 2 tratti principali oltre ad altri 2 di minore lunghezza, ha riportato impatti che richiedono interventi di ripristino su circa 4/5 della lunghezza. È del tutto evidente che l'obiettivo di tali opere non sia di far fronte a governare le dinamiche del sistema morfo - idraulico mare - spiaggia - duna, ma quello di coadiuvare e incentivare le dinamiche naturali di rinaturalizzazione, difendendo da intromissioni umane e mareggiate ordinarie una zona antedunale di maggior calma, facilitando la sedimentazione della sabbia e la crescita della vegetazione erbacea. Ciò nonostante, anche nello spirito di sperimentazione del Life, si ritiene certamente opportuno verificare la risposta dell'opera a eventi di eccezionale portata la quale si è dimostrata, pur riportando danni significativi, comunque in grado di attenuare gli impatti che un evento del genere avrebbe certamente arrecato in misura maggiore in loro assenza.

Si deve altresì sottolineare che una risposta troppo "rigida" non sarebbe risultata assolutamente adeguata: l'erosione delle dune nel caso di eventi estremi rappresenta un fenomeno naturale ed impedirlo completamente rappresenterebbe una soluzione artificiale che potrebbe avere effetti decisamente negativi in altri ambiti limitrofi oltre che innescare processi di scalzamento al piede delle opere stesse per effetto dell'azione esercitata dal flusso di risacca. Dal momento in cui sono state completate (aprile 2017) le opere non hanno subito danneggiamenti durante eventi di mareggiata verificatesi tra l'autunno 2017 e l'estate 2018, permettendo la stabilizzazione delle dune e la colonizzazione da parte della flora psammofila lungo tutto lo sviluppo protetto.

Gli effetti dell'evento sono stati in generale molto evidenti ma non hanno provocato danni alle opere e al profilo dunale in modo uniforme in quanto i fattori che concorrono sulle dinamiche dei flutti e sulla movimentazione dei sedimenti sono molteplici e di difficile lettura e interpretazione.

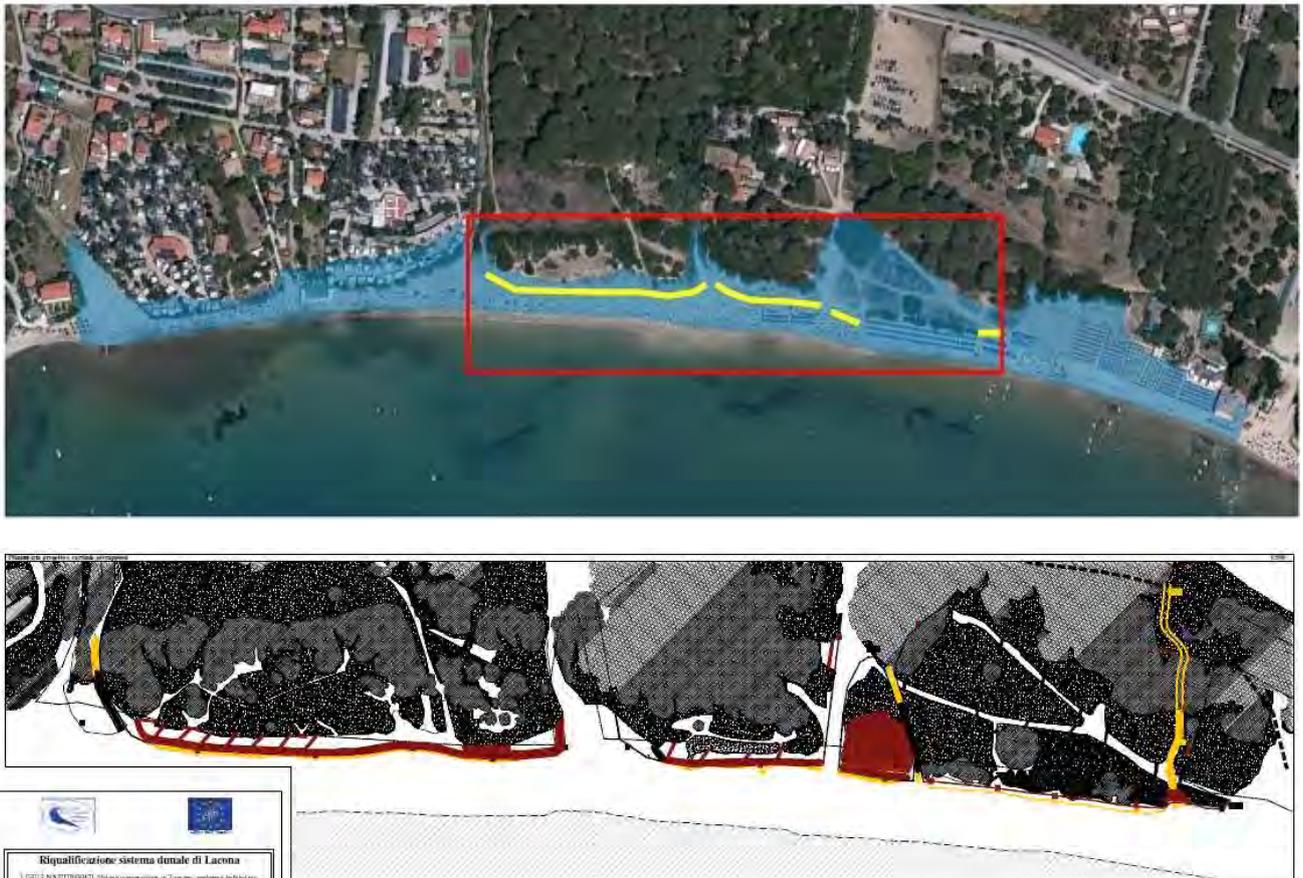


Figura 5 – Fascia dunale interessata dalla mareggiata (in celeste); area complessiva di intervento del progetto LIFE (rettangolo rosso); sviluppo lineare del cordone antedunale (linea gialla). Estratto tavola progetto 2015.

L'eccezionalità dell'evento del 29 ottobre è testimoniato dagli impatti che esso ha generato anche alle opere per la razionalizzazione della fruizione (staccionate, passerelle, pannelli e bacheche) che sono state in parte divelte anche in contesti ben distanti dal fronte dunale. Le strutture recettive (campeggi e ristoranti) situati nel settore più occidentale appena esterni all'area di intervento del progetto LIFE hanno riportato danni ingenti con distruzione completa delle strutture in muratura che sostenevano le recinzioni e parte degli edifici come testimoniato dalle foto seguenti.



Figura 6 *Figura 6 – Danni agli stabilimenti, campeggi e ristoranti presenti nel settore occidentale del Golfo di Lacona subito adiacenti all'area di intervento del Progetto LIFE*



Figura 7 *– Tratto ad Est, privo di opera di protezione ma solo di recinzione con corda. La fascia antedunale, già con scarpata attiva e presenza di vegetazione arbustiva di impianto artificiale (tamerici). Corrisponde a uno dei tratti in cui la mareggiata ha provocato gli effetti più evidenti al profilo dunale con arretramento del piede di 3-5 metri, scalzamento della vegetazione arbustiva e abbassamento del piano dell'arenile di oltre 1 metro. Ciò ha causato anche lo sbancamento di opere legate alle reti dei servizi (cavi, guaine e pozzetti elettrici in cemento) e lo scalzamento dei pali che sostenevano la recinzione con corda che ne impediva l'attraversamento da parte dei fruitori.*



Figura 8 – Particolare del tratto Est, privo di opera di protezione, con arretramento del piede dunale di circa 5 metri



Figura 9 – Vista del tratto Est il 20 settembre 2018, inquadrato nella immagine precedente.



Figura 10 – Particolare tratto Est. Questo corrisponde al tratto più orientale in cui sono state realizzate le opere del progetto di riqualificazione. Il piccolo intervento di cordone dunale che chiude un accesso alla spiaggia precedentemente esistente non risulta danneggiato a seguito dell'evento e non risultano erosioni nell'area retrostante.



Figura 11 – Tratto adiacente all'ingresso principale (Lato Est). Il cordone antedunale ha subito danni ai biotessuti in fibra di cocco con parziale svuotamento del materiale interno. I pali di sostegno della recinzione con corda risultano in gran parte piegati. La fondazione della struttura ha invece resistito. In questo tratto l'abbassamento del livello dell'arenile risulta attenuato, probabilmente per l'effetto dissipatore della struttura (l'altezza dei pali fuori terra è di 20÷30 cm più elevata rispetto al momento di installazione). Il profilo della fascia retrostante l'opera risulta invece parzialmente svuotato. Questo effetto è probabilmente dovuto al fatto che l'orientamento dei flutti ha favorito la fuoriuscita della sabbia lateralmente sia in fase di frangenti che di risacca. La forza della corrente ha completamente scalzato l'ultimo tratto di staccionata che dalla fine del cordone proseguiva verso l'interno.



Figura 12 – Vista del tratto adiacente all'ingresso principale (Lato Est) il 20 settembre 2018, inquadrato nella immagine precedente.



Figura 13 – Tratto adiacente all'ingresso principale (Lato Ovest). Il cordone antedunale ha subito danni ai biotessuti in fibra di cocco con parziale svuotamento del materiale interno ma la struttura ha resistito a l'onda d'urto dissipando l'energia dei frangenti. Anche in questo caso la parte più prossima alla chiusura dell'opera è quella che presenta i maggiori effetti di erosione per la fuoriuscita laterale dei sedimenti, anche se in misura inferiore al quanto verificato sul lato Est perché favorita dalla direzione dei flutti. L'opera è riuscita a limitare in modo significativo gli impatti sul profilo dunale retrostante e sulla vegetazione insediata.



Figura 14 – Tratto adiacente all'ingresso principale (Lato Ovest). A sx dopo la mareggiata; a dx. in aprile 2017 appena realizzata.



Figura 15 – Tratto centrale collocato tra l'ingresso principale (a Est) e il fosso (Valle del Serron). In questo tratto i danni maggiori si concentrano nel punto centrale in corrispondenza del palo delle telecamere.



Figura 16 – Tratto centrale collocato tra l'ingresso principale (a Est) e il fosso (Valle del Serron). A sx dopo la mareggiata; a dx. in settembre 2018.



Figura 17 – Vista della foce del fosso (Valle del Serron) posizionato al centro dei 2 lunghi tratti cordone antedunale. Nel settore a Est del fosso l'opera non risulta danneggiata in misura significativa e anzi è presente deposizione di sabbia (interramento dell'opera) e mantenimento del profilo dunale retrostante. Nel settore a Ovest del fosso invece si attestano danni maggiori, con cedimento strutturale dell'opera (che per un tratto di circa 20 metri era costituito da un cordone + biogabbione retrostante) e arretramento del profilo dunale (6-10 metri).



Figura 18 – Foce del fosso, lato est con evidenza di deposizione della sabbia e mantenimento efficiente della struttura che risulta in parte insabbiata.



Figura 19 – Foce del fosso lato Ovest. Si evidenziano gli impatti maggiori di tutto l'arenile per un tratto di circa 50 metri.



Figura 20 – Foce del fosso lato Ovest. (aprile 2017). Si noti il tratto di cordone+biogabbione.



Figura 21 – Stessa inquadratura precedente (settembre 2018) con le strutture sommerse dalla sabbia.



Figura 22 – Tratto di cordone danneggiato con svuotamento della biorete ma con struttura ancora in parte ben fondata. Impatti sul profilo dunale retrostante limitato.



Figura 23 – Tratto più occidentale del cordone antedunale con impatti più limitati alla struttura e al retroduna. In questo ampio tratto (circa 150 metri) una parte significativa dell'opera (circa 40 metri) risulta in buone condizioni e necessita probabilmente solo di un intervento manutentivo, mentre nella restante parte l'opera risulta parzialmente danneggiata. Il profilo dunale e il piede dell'anteduna risultano sostanzialmente indenni.



Figura 24 – Tratto finale dell'opera verso la parte occidentale del Golfo con l'opera che risulta poco danneggiata e in gran parte insabbiata. Il profilo dunale risulta certamente alterato e danneggiato nella sua componente floristica ma i processi di colonizzazione porteranno al recupero spontaneo della vegetazione in questo specifico tratto.

3 Approccio progettuale e alternative

Le dune sabbiose rappresentano un importante sistema di protezione delle zone litoranee, in quanto i cordoni dunali fronteggiano le grandi maree di tempesta, ostacolano l'avvicinamento delle onde più grandi, impediscono il danneggiamento delle opere rivierasche e l'inondazione di zone interne. Le dune costituiscono anche una riserva di sabbia che rifornisce la spiaggia in occasione delle tempeste eccezionali e rappresentano un elemento di tutela delle falde dulciacquicole costiere.

Tale ambiente risulta particolarmente vulnerabile alla pressione antropica, in quanto fondato su un fragile equilibrio dinamico tra fattori morfologici ed ecologici. Negli ultimi decenni il crescente utilizzo degli arenili a scopo turistico-ricreativo, ed i fenomeni di erosione costiera, hanno portato a un progressivo danneggiamento delle dune nella maggior parte delle spiagge italiane e non solo. Comuni cause di minaccia sono relative alla formazione di incisioni e *blowout* (spianamento del fronte duna), scomparsa/alterazione della vegetazione dunale, sentieramento diffuso, fenomeni erosivi, scomparsa delle aree umide retrodunali e, nei casi più estremi, spianamento della duna e urbanizzazione del litorale.

Questa condizione determina un notevole impatto sull'ambiente e sugli ecosistemi naturali, producendo anche significative problematiche per le attività antropiche (erosione, trasporto di sabbia nell'entroterra, minore tutela delle falde acquifere costiere, ecc.) e riducendo i servizi ecosistemici offerti dagli ambienti dunali.

Da qui la necessità di attuare interventi di ripristino e manutenzione. Ciò nonostante si rileva come molto spesso tali interventi vengano attuati senza un'adeguata analisi preliminare e di frequente utilizzando tecniche sovente inefficaci, se non addirittura controproducenti. Infatti, in diversi casi, con l'obiettivo di

contenere le azioni meteomarine, sono state realizzate opere strutturali, in calcestruzzo o massi, che provocano esse stesse effetti erosivi, a causa della risposta "rigida" alle azioni stesse, non tenendo conto del substrato e degli elementi naturali con cui interagiscono.

Per questo motivo è necessario concepire gli interventi in modo che siano compatibili con l'ambiente naturale e le sue dinamiche e "dedicati" al sito, nonché sperimentare e mettere a punto soluzioni alternative a quelle dell'ingegneria convenzionale. Principio fondamentale, presupposto per l'efficacia degli interventi di protezione e riqualificazione, sarà quindi quello di "restituire spazio al sistema dunale", affinché esso possa espletare le proprie dinamiche evolutive.

Il progetto 2015 evidenziava come l'apparato dunale di Lacona presentasse svariate condizioni di degrado, puntuali e diffuse. Si rilevava la presenza di diverse incisioni e di un fronte duna in parziale erosione, con comunità vegetali pioniere e a funzione edificante (*Elymetum* e *Ammophiletum*) scarsamente estese o per lo più assenti, anche con fenomeni di erosione al piede. La fascia antedunale era quasi completamente assente. Erano inoltre presenti specie vegetali alloctone.

L'intervento è stato orientato verso il ripristino e la riqualificazione degli habitat antedunali, dunali e retrodunali, mediante la difesa dalle azioni di natura meteomarina e antropica che ne provocano il degrado (stabilizzazione del piede e del fronte duna e ripristino della continuità del cordone), la realizzazione di interventi di ingegneria naturalistica e di accessi attrezzati e l'eliminazione delle specie vegetali alloctone.

I principi che sono stati alla base delle scelte operative hanno avuto come obiettivo la rinaturalizzazione dell'ambiente dunale, degradato per fattori naturali e antropici, e la creazione di condizioni idonee all'integrazione tra ecosistema costiero e attività umane, nell'ottica di una "gestione integrata delle coste" che garantisca la fruizione del territorio e il mantenimento dell'equilibrio dei sistemi naturali.

Per rinaturalizzazione si intendono una serie di interventi che hanno come obiettivo la ricostruzione ex novo o il ripristino di ambienti naturali degradati. Tale operazione consente di arrestare le dinamiche che, se incontrollate, potrebbero comportare danni difficilmente recuperabili fino al depauperamento irreversibile dell'ecosistema. Al tempo stesso vengono accelerati alcuni processi spontanei di recupero della morfologia e vegetazione dunale, recuperando un equilibrio naturale più stabile.

Negli ultimi anni si è affermato un nuovo approccio a questo tipo di problemi, con lo svilupparsi di nuove tecniche di recupero che vengono classificate come "ingegneria naturalistica". Si tratta di una disciplina tecnica che studia le modalità di utilizzo, come materiali di costruzione, di piante vive, di parti di piante o di intere biocenosi vegetali, impiegate insieme a materiali naturali, quali pietrame, terra, legname, bio-tessuti, ecc., in modo tale da svolgere contemporaneamente funzioni idrogeologiche, naturalistiche e paesaggistiche.

Si può affermare che queste tecniche permettono di raggiungere efficacemente, e con minimo impatto ambientale, l'obiettivo primario di ricostituire le condizioni ambientali favorevoli ad una successiva evoluzione naturale del sistema, accelerandone i tempi e riducendo sensibilmente gli effetti derivanti dalle pressioni antropiche.

L'intervento del progetto 2015 è risultato efficace nel perseguire quanto sopra descritto fino alla mareggiata del 2018 e ha contribuito a proteggere e/o a ridurre il danneggiamento della duna praticamente su tutto il tratto anche a fronte di tale evento di entità straordinaria, secondo quanto descritto al precedente

capitolo 2. Ciò nonostante, larghe parti dell'opera sono state danneggiate e si rende quindi necessaria, anche ai sensi del Piano di Manutenzione, una valutazione circa le azioni da attuare per ripristinare e migliorare la difesa sia dai fattori antropici che da quelli naturali. Sono state, quindi, valutate anche opzioni di riduzione o implementazione del sistema di difesa secondo le seguenti alternative.

- Scenario 0 – mantenimento delle opere non danneggiate o lievemente danneggiate. Demolizione delle opere danneggiate e smaltimento delle relative componenti.
- Scenario "Recupero" – ricostruzione delle opere danneggiate dalla mareggiata secondo gli schemi e le tipologie del progetto.
- Scenario "Recupero e miglioramento" – mantenimento delle opere non danneggiate o lievemente danneggiate, recupero delle componenti danneggiate, esecuzione di una doppia difesa nei tratti più esposti, estensione delle zone oggetto di protezione.

Lo scenario di progetto selezionato è stato l'ultimo, "Recupero e miglioramento", in quanto è risultato significativamente preferibile rispetto agli altri. Infatti lo scenario 0 porta inevitabilmente a ripristinare e mantenere la situazione di degrado precedente all'intervento originario almeno per lunghi tratti. La soluzione del solo "Recupero" pare meno conveniente in termini di costi-benefici, in quanto a fronte di un minor investimento iniziale richiederebbe maggiori costi di manutenzione nel caso di eventi eccezionali; l'evento dell'ottobre 2018 ha inoltre mostrato quali possono essere le dinamiche verosimilmente prevalenti, consentendo quindi di studiare soluzioni ancora più efficaci.

L'azione erosiva nei confronti della duna dipende anche e talvolta in misura prevalente dalle dinamiche meteomarine e dall'assetto costiero. Questi per essere efficacemente contrastati necessitano di interventi di difesa idraulica e di pianificazione che vanno ben al di là di quanti è possibile concepire sull'arenile. Inoltre negli ultimi anni si sta assistendo ad un incremento di eventi atmosferici eccezionali e nello specifico di mareggiate straordinarie, verosimilmente per effetto dei cambiamenti climatici. Le opere di difesa studiate possono ridurre, mitigare e in alcuni casi anche contrastare questi fenomeni, ma in generale è ovvio che dipendono dalla stabilità dell'assetto della costa e non possono contrastare dinamiche morfologiche dell'arenile significative.

4 Descrizione e caratteristiche dell'intervento

Nel presente paragrafo si descrive sommariamente l'intervento proposto, che dovrà essere sviluppato nel dettaglio durante le successive fasi progettuali. Si analizza per tratti l'intera area da ovest ad est.

Tipologia 1

Tratto ovest tra fosso S. Maria e fosso S. Rita

Si tratta della porzione di circa 60 m a partire dall'accesso ovest lungo il fosso di S. Maria. Questa porzione risulta quella con minori danni, dove anzi l'opera ha favorito un accumulo di sabbia rilevante.

In questa porzione si propone di attuare una manutenzione alle difese esistenti e di realizzare ulteriori sistemi che favoriscano l'accumulo tra la duna e il cordone antedunale. Si propone, in dettaglio di replicare la formazione di pannelli di legname realizzati con il progetto originario, eventualmente valutando variazioni con ramaglia e fascine.

Priorità: media



Figura 25 – Esempio di pennelli che hanno favorito l'accumulo di sabbia nell'anteduna

Tipologia 2

Tratto centrale tra fosso S. Maria e fosso S. Rita

Tratto ad est del fosso S. Rita fino a zona in concessione

In questi tratti, lunghi rispettivamente circa 40 m e 100 m, l'opera presente (cordone antedunale) ha favorito la difesa della duna, che ha subito minori danneggiamenti. Ciò nonostante il cordone ha subito danneggiamenti soprattutto nella parte sommitale.

Si propone di implementare la difesa mediante un sistema formato da due opere, ottenuto accoppiando una protezione frontale permeabile con la funzione di smorzamento assorbimento dell'onda e accumulo del materiale con una difesa a piede della duna. In questo modo si asseconda la morfologia spontaneamente creatasi e si favorisce la creazione di una fascia antedunale ampia. Per incrementare l'accumulo di sabbia tra le due opere è possibile prevedere delle opere trasversali quali pennelli con legname, ramaglia e/o fascine vincolate.

L'opera frontale potrebbe essere costituita da una fascinata in trincea con ramaglia vincolata tra pali verticali e orizzontali, o altri sistemi alternativi similari. L'opera a tergo potrebbe consistere in rivestimenti con biorete o biocomposito in fibra di cocco ad alta grammatura opportunamente ammorsati a protezione della duna o a formare opere più complesse come biogabbioni, biorulli, ecc, sostenuti da pali di castagno infissi. Le bioreti dovrebbero essere ricoperte con ramaglie.

Priorità: molto alta

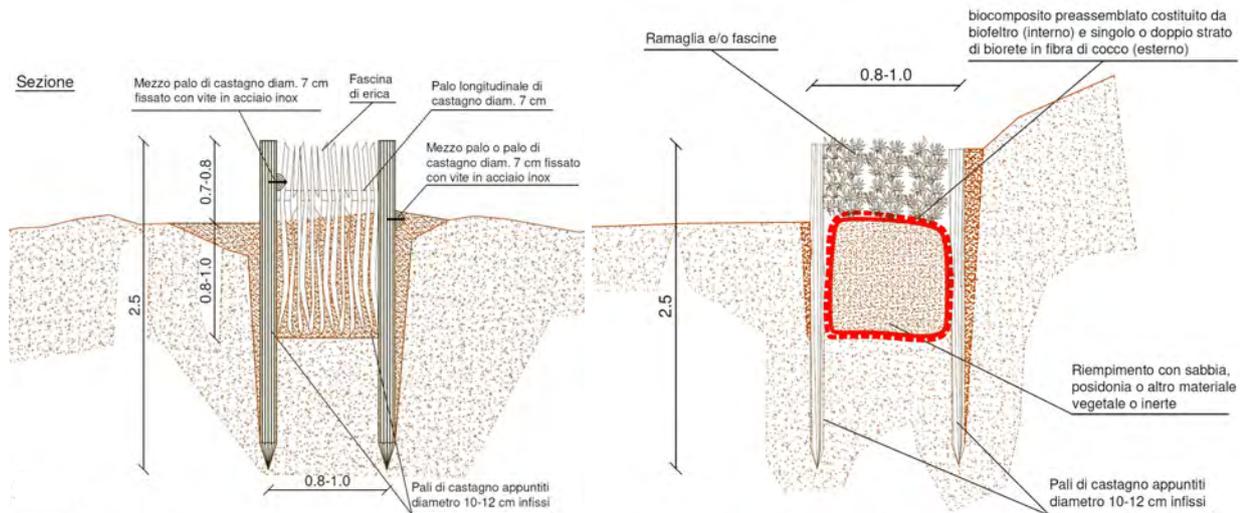


Figura 26 – Tipologia 2 - Schema della proposta di sistemazione (le misure sono indicative e saranno definite in fase di progetto)

Tipologia 3

Tratto est tra fosso S. Maria e fosso S. Rita

E' il tratto nelle immediate vicinanze della foce del fosso S. Rita. L'azione congiunta della mareggiata e della piena fluviale hanno prodotto una significativa erosione della duna. Tale zona si ritiene debba essere lasciata ad una naturale evoluzione, attuando solo un controllo della fruizione secondo quanto previsto dal progetto di manutenzione del maggio 2019.

Priorità: /

Tipologia 4

Tratto ad est dell'accesso principale

E' il tratto di circa 45 m in concessione dove il progetto 2015 aveva previsto di attuare solo un controllo della fruizione. A causa delle mutate condizioni morfologiche, con arretramento della duna, si ritiene possibile e opportuno attuare alcuni interventi di protezione del piede della duna stessa, analoghi a quelli sopra descritti. Non c'è invece spazio per la formazione di una difesa frontale. Le opere previste potranno essere rivestimenti con biorete o biocomposito in fibra di cocco ad alta grammatura o opere più complesse come biogabbioni, biorulli, ecc, sostenuti da pali di castagno infissi.

Priorità: medio-alta

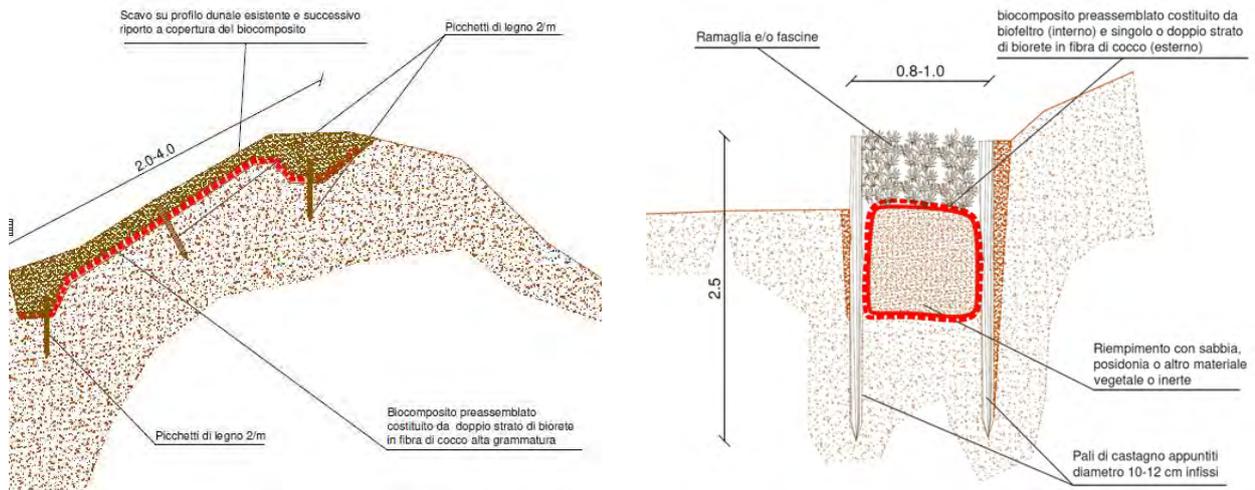


Figura 27 – Tipologia 4 – Possibili soluzioni progettuali impiegabili

Tipologia 5

Estensione delle opere di controllo della fruizione ad est

Ad est del tratto sopra individuato il sistema dunale arretra di circa 30 m, risultando circa a 60 m dalla linea di costa. Quest'area è caratterizzata da un'elevata fruizione con la presenza di una struttura in legno, aree gioco e stabilimenti balneari. Ciò nonostante il sistema dunale a tergo è di pregio ambientale e dovrebbe quindi essere protetto. In particolare si propone di estendere il sistema di controllo della fruizione mediante staccionate in legno e/o recinzioni con corda.

Priorità: alta



Figura 28 – Recinzione con corda

Diradamento pineta

Al fine di rendere la struttura della pineta più stabile è necessario effettuare un ulteriore intervento di diradamento, oltre a quello già effettuato a marzo 2017. Si tratterà anche in questo caso di un diradamento dal basso, a carico degli esemplari per lo più dominati.

Priorità: alta

Piantagioni

Al fine di accelerare i processi di recupero della vegetazione dunale danneggiata dalle mareggiate, si prevede anche la piantagione di esemplari di specie psammofile autoctone. L'intervento sarà realizzato mediante il recupero in loco del seme, bulbi o talee.

Contenimento/eradicazione specie vegetali aliene invasive

Nonostante che il precedente intervento realizzato nel 2016) avesse permesso di eradicare le specie aliene all'interno dell'area di progetto, è necessario estendere anche alle zone limitrofe le azioni di contenimento/eradicazione, al fine di limitare in futuro il rischio di un nuovo ingresso. Ciò si accompagnerà anche con azioni di informazione e sensibilizzazione. Le principali specie oggetto di intervento sono *Carpobrotus* sp., *Agave americana*, *Opuntia* sp.

Altri interventi

Ulteriori interventi puntuali o di minore entità potranno essere individuati in fase progettuale.

In linea di massima si ipotizzabili;

- manutenzione di opere esistenti danneggiate durante la stagione estiva;
- ripristini a seguito di eventuali ulteriori eventi di mareggiata intercorsi durante la fase di cantiere;
- rimozione rifiuti;
- spostamento, accatastamento e trasporto materiali;
- ulteriori opere di protezione in aree dove non sono previsti interventi a seguito di mutato assetto morfologico,
- manutenzione viabilità retrodunali.

Manutenzioni

L'intervento sarà realizzato nell'ambito di 1 annualità ma per 3 anni consecutivi, dopo la chiusura dell'intervento, sarà attuato un costante monitoraggio e con conseguente manutenzione di tutte le opere realizzate per mantenerne inalterata l'efficacia.

4.1 Materiali

Si prevede di utilizzare esclusivamente materiali di origine naturale, salvo piccoli elementi di ferramenta in acciaio inox, in particolare:

- pali in castagno per fondazioni, ancoraggi e fissaggi
- materiale vegetale (ramaglie e fascine) per riempimento, funzionalità di smorzamento idraulico e incentivo alla sedimentabilità della sabbia
- reti e feltri in fibra di cocco per rinforzo del terreno, contenimento dei materiali e rivestimento antierosivo
- corde in fibra di cocco per legature e serraggi
- ferramenta in acciaio inox

A differenza degli interventi realizzati in passato, si limita l'impiego di materiali che, deteriorandosi, possano comportare degrado o rischio nei confronti dei fruitori, quali in particolare fili di ferro, reti e altri materiali in plastica.

Le reti in fibra vegetale hanno le finalità di contenimento di materiali, di rinforzo del terreno, di riduzione degli effetti erosivi da corrente idrica e ruscellamento superficiale, di trattenimento di suolo e di sementi. I biofeltri, oltre alle ultime due precedenti funzioni, svolgono anche un importante ruolo di assorbimento energetico, filtro di materiali fini (nel nostro caso le sabbie), rallentamento dell'infiltrazione salina, pacciamatura, controllo dell'umidità interna.

La scienza e l'esperienza dell'ingegneria naturalistica dimostra come, fra tutte le fibre vegetali in commercio, quella in cocco è la più resistente e la più durevole. I dati rappresentativi pubblicati sono perlopiù relativi agli ambienti fluviali o ai versanti interni, mentre nel caso di aree esposte agli eventi atmosferici marini non sono stati oggetto di studi di lungo periodo. Tuttavia, grazie al monitoraggio al quale sono state sottoposte le opere realizzate in questo sito dal 2012 al 2014 in loc. Sterpaia e alle recenti osservazioni degli scriventi, si sono comprese le buone prestazioni di questa fibra a distanza di alcuni anni.

Avendo notato che il fattore maggiormente condizionante la durata del materiale è l'esposizione al sole, rispetto all'applicazione precedente, si è ritenuto opportuno incrementare la grammatura della rete (da 700 a 900 g/mc) e collocarne uno strato anche all'interno (la precedente era solo sul lato esterno), a mo' di sandwich biocomposito).

Inoltre, anche per le legature si farà ricorso alla fibra di cocco.

Seguono le schede tecniche di tali materiali.

BIOCOMPOSITO MULTISTRATO PREASSEMBLATO

**BIOMATERIALI COMPOSITI PREACCOPIATI PER FORMAZIONE DI CORDONE ANTIDUNALE,
RINGROSSI DUNALI, BIOGABBIONI E BIOTERRE ARMATE DUNALI**



Il telo biocomposito multistrato preaccoppiato sarà formato dall'assemblaggio a strati dei seguenti materiali:

1. Strato esterno superiore: formato da biorete tessuta in fibra naturale di cocco con funzione di strato di ritenzione e rinforzo avere struttura tessuta a trama e ordito con maglia quadrata costituita da fibre di cocco con massa areica nominale minima pari a 900 gr/mq (norma EN ISO 9864)
2. Strato interno: Biostuoia isotropa nontessuta in fibra naturale di cocco con struttura caotica realizzata tramite intreccio casuale di fibre di cocco con massa areica nominale minima pari a 700 gr/mq (norma EN ISO 9864 - ASTM D 5261)
3. Strato esterno inferiore di uguali caratteristiche rispetto a quello superiore: formato da biorete tessuta in fibra naturale di cocco con funzione di strato di ritenzione e rinforzo avere struttura tessuta a trama e ordito con maglia quadrata costituita da fibre di cocco con massa areica nominale minima pari a 900 gr/mq (norma EN ISO 9864)

1. e 3. BIORETE TESSUTA IN FIBRE DI COCCO

SCHEMA TECNICA DESCRITTIVA

Biorete tessuta in fibra naturale di cocco con struttura trama e ordito realizzata tramite intreccio di filato di cocco, avente massa areica nominale minima pari a 900 gr/mq (norma EN ISO 9864 - ASTM D 5261), grado di copertura minimo 70%.

La biorete naturale è soggetta a variazioni di peso in relazione al grado di umidità e al contenuto di acqua eventualmente assorbito. Data l'origine naturale dei materiali, i valori indicati in scheda tecnica sono soggetti a variazioni e perciò vanno considerati non vincolanti. Inoltre la longevità e la funzionalità del prodotto sono soggetti a numerosi fattori quali condizioni del suolo, stress fisico e chimico, irraggiamento, salinità, condizioni atmosferiche generali e di posa in opera.



CARATTERISTICHE	VALORI
FIBRE	COCCO
FIBRE	Cocco 100 %
LARGHEZZA	Fino 4 m
LUNGHEZZA	Fino 50 m
LONGEVITÀ FUNZIONALE*	18-36 mesi
APERTURA NOMINALE DELLA MAGLIA	15mm x 20mm (ASTM D 4751)

STANDARDS	
FORZA ALLA TRAZIONE mc	Min. 9,5kN/m (ASTM D 4595)
ALLUNGAMENTO A ROTTURA mc	medio 28% (ASTM D 4595)
MASSA AREICA	900 g/m ² ca. (ASTM D 5261)
SPESSORE NOMINALE	5mm (ASTM D 5199)



2. BIOSTUOIA IN FIBRE DI COCCO

SCHEDA TECNICA DESCRITTIVA

Biostuoia isotropa nontessuta in fibra naturale di cocco con struttura caotica realizzata tramite intreccio casuale di fibre di cocco con massa areica nominale minima pari a 700 gr/mq (norma EN ISO 9864 - ASTM D 5261), grado di copertura minimo 90%. La biostuoia è formata da due retine di polipropilene marrone che racchiudono il nucleo in fibre naturali. Le retine hanno maglia 9x9mm e sono rese solidali tramite una cucitura con filo di polipropilene di colore marrone. La biorete naturale è soggetta a variazioni di peso in relazione al grado di umidità e al contenuto di acqua eventualmente assorbito. Data l'origine naturale dei materiali, i valori indicati in scheda tecnica sono soggetti a variazioni e perciò vanno considerati non vincolanti. Inoltre la longevità e la funzionalità del prodotto sono soggetti a numerosi fattori quali condizioni del suolo, stress fisico e chimico, irraggiamento, salinità, condizioni atmosferiche generali e di posa in opera.



CARATTERISTICHE	VALORI
FIBRE	COCCO
FIBRE	Cocco 100 %
LARGHEZZA	Fino 2,40 m
LUNGHEZZA	Fino 50 m
LONGEVITÀ FUNZIONALE*	12-24 mesi
RETINE DI CONTENIMENTO E LEGATURA	PP
RETINA INFERIORE	PP fotodegradabile
RETINA SUPERIORE	PP fotodegradabile
DIM. RETINA PP INFERIORE	9 x 9 mm
DIM. RETINA PP SUPERIORE	9 x 9 mm
FILO DI CUCITURA	PP HDPE marrone

STANDARDS	
FORZA ALLA TRAZIONE mc	Min. 4,5kN/m (ASTM D 4595)
ALLUNGAMENTO A ROTTURA mc	medio 30% (ASTM D 4595)
MASSA AREICA	700-720 g/m ² ca. (ASTM D 5261)
SPESSORE NOMINALE	8-9mm (ASTM D 5199)





**Corde in fibra di cocco di varie
pezzature e colore**

da selezionare in funzione
dell'applicazione (per cucitura: filo
marrone diam piccolo 0,5-0,6 cm; per
legature a serrare: filo color sabbia
diam medio-grande 1-1,5 cm)



4.2 Inserimento ambientale e paesaggistico

L'intervento si inserisce in un'area ad alto valore ambientale, interna al Parco Nazionale Arcipelago Toscano e soggetta a vincolo paesaggistico. Per questo motivo si prevede di applicare standard ambientali elevati al fine di correttamente inserire le opere nel contesto.

L'intervento consiste in una riqualificazione del sistema dunale, elemento di pregio sia per i valori estetico-percettivi che per la rarità del contesto, ultimo elemento residuo dei sistemi dunali dell'arcipelago Toscano. I principi applicati sono analoghi e migliori rispetto a quelli.

Il progetto prevede l'adozione di opere, di entità e impatto visivo modesti (piccoli manufatti realizzati con materiali, recinzioni in legno e/o corda, piccole modellazioni morfologiche.), finalizzate a tutelare le dune, consentendone non solo la conservazione, ma anche il potenziamento e il ripristino morfologico e vegetazionale.

Nel breve periodo, il cantiere e le nuove opere di ingegneria naturalistica avranno un impatto visivo di lieve entità, in quanto i materiali, per ingombro ed estetica, risultano simili a quelli già presenti nell'ecosistema in cui vengono collocate (legname e derivati, sabbia e fibre naturali cellulosiche). Anche i profili morfologici che si andranno a modellare saranno molto simili (per forme e dimensioni) a quelli dell'attuale contesto dunale.

Nel lungo periodo lo sviluppo della duna e della vegetazione compenserà e ridurrà il già modesto impatto delle suddette opere, producendo inoltre un incremento significativo della qualità ambientale e paesaggistica del sito. Infatti le opere avranno una funzione transitoria: essendo costituite da materiali biodegradabili, dopo pochi anni tenderanno a confondersi con l'insieme e a scomparire, anche grazie alla crescita della vegetazione che verrà a sostituire le stesse, in termini di efficacia biotecnica (le radici offriranno la resistenza meccanica inizialmente sostenuta dalle opere stesse).

In sostanza quindi lo stato paesaggistico e ambientale che si determinerà a seguito dell'intervento sarà migliorativo in quanto si ridurranno sensibilmente o elimineranno i fenomeni di degrado, che attualmente determinano anche un effetto paesaggistico negativo.

Un'attenzione particolare sarà posta sulla scelta dei materiali, anche in merito alla filiera di approvvigionamento. In particolare, si dovrà favorire l'utilizzo di legname reperito in ambito regionale, mentre ramaglie, fascine, ecc. saranno reperite preferibilmente in ambito locale o all'interno dell'isola.

5 Aspetti autorizzativi e amministrativi

L'intervento interessa in larga misura i medesimi ambiti del progetto 2015 e prevede l'utilizzo di opere e sistemazioni con tecniche simili o assimilabili. Non si rilevano, quindi, particolari criticità a livello di ottenimento dei necessari nullaosta e autorizzazione. L'iter autorizzativo potrebbe essere il medesimo o simile rispetto al progetto 2015, in particolare sarà necessario richiedere l'autorizzazione paesaggistica e il nulla osta ai sensi dell'art. 55 codice della navigazione (modello D7).

Alcune opere ricadono in ambito privato pertanto potranno essere eseguite previa acquisizione delle aree o accordi con le proprietà.

Tutti gli interventi descritti sono coerenti con quanto previsto nel Piano di Gestione della ZSC/ZSP "Monte Capanne e Promontorio dell'Enfola) che comprende anche l'area di Lacona in virtù della sua imminente inclusione all'interno del sito Natura 2000². In relazione all'iter di approvazione del PdG, anche questo in fase di ultimazione, potrà essere esclusa o meno la procedura di Valutazione di incidenza per gli interventi previsti nel presente progetto in quanto ritenuti non atti a determinare incidenze significative.

² L'iter di inclusione dell'area all'interno della ZSC/ZPS è in fase di ultimazione.

6 Aspetti economico-finanziari

Nella seguente tabella si riporta una stima economico-finanziaria dell'intervento, definita sulla base dei costi medi sulle tipologie di opere descritte attuati con altri progetti simili (lo stesso progetto 2015 di Lacona o i progetti di manutenzione delle opere in loc. Sterpaia, Piombino). L'intervento può essere attuato anche parzialmente o per stralci in funzione delle disponibilità finanziarie e/o di opportunità/problemi amministrativi.

	Q.	UM	PU	Totale
OPERE				
Tipologia 1 - Trattati con opere in buono stato e accumulo di sabbia Mantenimento opere e integrazione con interventi per accrescimento duna (e.g. disposizione di fascine e legname)	60	m	€ 50,00	€ 3.000,00
Tipologia 2 - Trattati con opere danneggiate e minori alterazioni morfologiche Realizzazione di doppia protezione: a.sul fronte difesa con funzione di smorzamento e assorbimento dell'onda (e.g. fascinata in trincea) b. protezione della duna e del piede con opere di ingegneria naturalistica (e.g. biocompositi in fibra di cocco biorulli, fascinate, ecc.) c. mantenimento opere di controllo della fruizione.	150	m	€ 320,00	€ 48.000,00
Tipologia 3 - Opere fortemente danneggiate e alterazioni morfologiche significative Area destinata alla libera evoluzione. Nessun intervento di difesa e mantenimento degli interventi di controllo fruizione.	50	m	€ 0,00	€ 0,00
Tipologia 4 - Tratto in concessione con duna in erosione Protezione del piede della duna (e.g. biorulli, fascine, biogabbioni, biocompositi in fibra di cocco) e mantenimento delle opere di controllo della fruizione.	90	m	€ 220,00	€ 19.800,00
Tipologia 5 - Dune non protette Estensione degli interventi di controllo della fruizione (e.g. recinzioni con corda o staccionate in legno).	150	m	€ 30,00	€ 4.500,00
Diradamento pineta	0,5	ha	€ 10.000,00	€ 5.000,00
Piantagioni	1	ha	€ 4.000,00	€ 4.000,00
Contenimento/eradicazione specie vegetali aliene invasive	0,2	ha	€ 10.000,00	€ 2.000,00
Altri interventi				€ 15.000,00
Manutenzioni opere e impianti vegetali (3 anni)				€ 45.000,00
Sicurezza				€ 3.700,00
Totale lavori				€ 150.000,00
SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE				
Imprevisti				€ 5.000,00
Espropri e indennizzi				€ 5.000,00
Spese tecniche (Rilievi, Progettazione def. e esec., DL, sicurezza e monitoraggio per 3 anni)				€ 40.000,00
IVA 22%				€ 44.000,00
Totale somme a disposizione				€ 94.000,00
Costo dell'opera				€ 244.000,00