

**ARPAE**  
**Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia**  
**dell'Emilia - Romagna**

\* \* \*

**Atti amministrativi**

Determinazione dirigenziale	n. DET-2020-732	del 12/10/2020
Oggetto	Struttura Idro-Meteo-Clima. Approvazione dello studio di fattibilità tecnica ed economica concernente la realizzazione di intervento di manutenzione e ripristino di una duna lungo il litorale sud ferrarese in località Lido di Spina nel Comune di Comacchio mediante soluzioni di ingegneria naturalistica nell'ambito del progetto H2020 Operandum ID 776848-2.	
Proposta	n. PDTD-2020-757	del 12/10/2020
Struttura adottante	Struttura Idro-Meteo-Clima	
Dirigente adottante	Cacciamani Carlo	
Struttura proponente	Struttura Idro-Meteo-Clima	
Dirigente proponente	Dott. Cacciamani Carlo	
Responsabile del procedimento	Cacciamani Carlo	

Questo giorno 12 (dodici) ottobre 2020 presso la sede di Viale Silvani, 6 in Bologna, il Responsabile della Struttura Idro-Meteo-Clima, Dott. Cacciamani Carlo, ai sensi del Regolamento Arpae per l'adozione degli atti di gestione delle risorse dell'Agenzia, approvato con D.D.G. n. 114 del 23/10/2020 e dell'art. 4, comma 2 del D.Lgs. 30 marzo 2001, n. 165 determina quanto segue.

**Oggetto: Struttura Idro-Meteo-Clima. Approvazione dello studio di fattibilità tecnica ed economica concernente la realizzazione di intervento di manutenzione e ripristino di una duna lungo il litorale sud ferrarese in località Lido di Spina nel Comune di Comacchio mediante soluzioni di ingegneria naturalistica nell'ambito del progetto H2020 Operandum ID 776848-2.**

VISTI:

- la D. D. G. n. 128 del 20/12/2019 "Direzione Amministrativa. Servizio Bilancio e Controllo Economico. Approvazione del Bilancio Pluriennale di previsione dell'Agenzia per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna per il triennio 2020-2022, del Piano Investimenti 2020-2022, del Bilancio economico preventivo per l'esercizio 2020, del Budget generale e della Programmazione di cassa 2020."
- la D. D. G. n. 129 del 20/12/2019 "Direzione Amministrativa. Servizio Bilancio e Controllo Economico. Approvazione delle Linee Guida e assegnazione dei budget di esercizio e investimenti per l'anno 2020 ai centri di responsabilità dell'Agenzia per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna."
- il Regolamento per l'adozione degli atti di gestione delle risorse dell'Agenzia approvato con Delibera del Direttore Generale n. 109 del 31/10/2019;
- la Deliberazione del Direttore Generale n. 53 del 16/05/2018 con la quale si dà atto della partecipazione di Arpae al progetto H2020 Operandum ID 776848-2 e si individua questa struttura quale soggetto competente all'attuazione e alla gestione del Progetto OPERANDUM assegnando contestualmente il budget di euro Euro 619.000,00 al SIMC:

RICHIAMATI:

- gli artt.21 e 23 del Codice dei contratti pubblici e l'art.3 del DM del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n.14/2018 volti a definire i contenuti e i livelli di progettazione nonché le modalità per la redazione della programmazione dei lavori pubblici;

ATTESO:

- che dalle sopracitate disposizioni normative occorre provvedere all'approvazione di un documento di fattibilità delle alternative progettuali dell'intero lavoro, se di importo stimato

inferiore a Euro.1.000.000,00, anche al fine di poterlo inserire nel programma delle opere pubbliche;

**RILEVATO:**

- che il Progetto OPERANDUM, tra le varie attività, prevede la progettazione, la realizzazione e il monitoraggio del seguente intervento in area demaniale: “Manutenzione e ripristino di una duna lungo il litorale sud ferrarese, mediante soluzioni di ingegneria naturalistica, nell'ambito del Progetto H2020 776848-2 Open-air laboratories for nature-based solutions to manage hydro-meteo-risks - OPERANDUM”;
- che pertanto questa Struttura deve provvedere alla realizzazione dei lavori necessari per la realizzazione del progetto;
- che a questo scopo Arpae SIMC ha approvato con determinazione n. 373 del 19/05/2020 la sottoscrizione di un Accordo di Collaborazione con l’Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile - Servizio Area Reno e Po di Volano (ARSTePC);
- che con nota PG/2020/0072557 del 19/05/2020, contestualmente alla trasmissione del sopracitato Accordo debitamente controfirmato, ARSTePC ha comunicato che Responsabile Unico del Procedimento (RUP) per la manutenzione e ripristino della duna è il Dott. Claudio Miccoli;

**CONSIDERATO:**

- che Arpae, come da normativa richiamata, dovrà adottare una Deliberazione del Direttore Generale per la revisione della programmazione dei lavori pubblici e per la nomina del RUP;

**PRESO ATTO:**

- che Arpae SIMC e RINA Consulting (partner del progetto OPERANDUM) hanno redatto uno studio di fattibilità tecnica ed economica riferito alla realizzazione della duna artificiale lungo il litorale sud ferrarese, mediante soluzioni di ingegneria naturalistica;
- che il citato studio di fattibilità è stato inviato per le vie brevi ad ARSTePC;
- che ARSTePC, visionato e modificato, ove necessario, lo studio di fattibilità tecnica ed economica di cui al precedente paragrafo, lo ha sottoscritto ed inviato ad Arpae SIMC con nota PG/2020/0145988 il 09/10/2020;

**VISTO:**

- lo studio di fattibilità tecnica ed economica approvato e sottoscritto dall' Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile - Servizio Area Reno e Po di Volano ARSTePC,

RITENUTO:

- di approvare lo studio di fattibilità tecnica ed economica per la realizzazione di un intervento di manutenzione e ripristino di una duna lungo il litorale sud ferrarese in località Lido di Spina nel Comune di Comacchio mediante soluzioni di ingegneria naturalistica nell'ambito del progetto H2020 Operandum ID 776848-2, allegato A) al presente atto quale parte integrante e sostanziale;

DATO ATTO:

- che Responsabile Unico del Procedimento è il Dott. Carlo Cacciamani, Responsabile della Struttura Idro-Meteo-Clima;

DETERMINA

- di approvare lo studio di fattibilità tecnica ed economica per la realizzazione di un intervento di manutenzione e ripristino di una duna lungo il litorale sud ferrarese in località Lido di Spina nel Comune di Comacchio mediante soluzioni di ingegneria naturalistica nell'ambito del progetto H2020 Operandum ID 776848-2.

Allegato A): Studio di fattibilità tecnica ed economica

IL RESPONSABILE DELLA  
STRUTTURA IDRO- METEO-CLIMA

(F.to Dott. Carlo Cacciamani)

		<b>OPERANDUM</b> <b>OPEn-airlaboRAtories for Nature based solUtions to Manage hydro-meteo risks</b> Progetto finanziato dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea con Grant Agreement N.776848				
<b>INTERVENTO DI MANUTENZIONE E RIPRISTINO DI UNA DUNA LUNGO IL LITORALE SUD FERRARESE</b> <b>MEDIANTE SOLUZIONI DI INGEGNERIA NATURALISTICA</b> <b>STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA</b> <b>e</b> <b>QUADRO ECONOMICO</b> CUP: J53I18000030006      Importo max finanziato: € 250.000,00						
						
		<b>PROGETTISTI:</b> <b>RINA Consulting S.p.A.</b> Via Cecchi, 6 - I6129 GENOVA - Italy Tel. 010 31961				<b>COLLABORATORI:</b> <b>IRIS Strategie per l'Ambiente s.a.s.</b> Via Volterrana, 179 - 50020 CERBAIA (FI) - Italy Tel. 335 7123458
<b>COLLABORATORI SCIENTIFICI:</b>						
		<b>Naturalea Conservació, S.L</b> Terra Alta, 51 - Polígon Industrial Can Carner, 08211-Castellar del Vallès(Barcelona) - Spain Tel. (+34) 937 301 632				<b>Alma Mater Studiorum, Università di Bologna</b> Via Zamboni, 33 - 40126 Bologna (BO)- Italy Tel. <a href="tel:0512099111">051 209 9111</a>
NOME FILE		ALL. N.	TAV. N.	SCALA	DATA	COMUNE
Studio di fattibilità		-	-	-	08/10/2020	Comacchio (FE)
					AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE ELAPROTEZIONE CIVILE Servizio Area Reno e Po di Volano – Sede di Ferrara	
						



## Indice

1	Premessa	8
1.1	Il contesto del progetto OPERANDUM.....	8
1.2	Normativa tecnica.....	9
2	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO E DEGLI ELEMENTI PROPEDEUTICI ALLA DEFINIZIONE DELLE OPERE	11
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E AMMINISTRATIVO.....	11
2.2	QUADRO VINCOLISTICO E AUTORIZZATIVO.....	12
2.2.1	Procedure autorizzative necessarie	13
2.2.2	Procedura di valutazione di Impatto Ambientale (VIA)	14
2.2.3	Vincolo idrogeologico	14
2.2.4	Vincolo paesaggistico	14
2.2.5	Autorizzazione per immersione deliberata in mare	14
2.2.6	Demanio marittimo (disponibilità delle aree e degli immobili da utilizzare: modalità di acquisizione, oneri prevedibili e situazione dei pubblici servizi)	15
2.2.7	Opere in prossimità della linea doganale	16
2.2.8	Valutazione di incidenza ambientale	16
2.2.9	Autorizzazione allo scavo in aree potenzialmente oggetto di presenza di ordigni bellici	16
2.3	RILIEVO TOPOGRAFICO MORFOLOGICO.....	17
2.4	CARATTERIZZAZIONE METEOMARINA.....	21
2.5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	27
2.5.1	Inquadramento geologico	27
2.5.2	Inquadramento geologico	29
2.6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	31
2.6.1	Sintesi delle indagini geotecniche	31
2.6.2	Inquadramento stratigrafico dell'area	32
2.7	CARATTERIZZAZIONE TETTONICA SISMICA.....	34
2.7.1	Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci	34
2.7.2	Sismicità	35
3	CRITERI DI PROGETTO	40
3.1	Criteri ambientali.....	40
3.2	Criteri statico-funzionali.....	40
3.3	Criteri meteomarini.....	40
3.4	Vita utile e tempo di ritorno.....	42
4	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	46



4.1	Soluzioni strutturali.....	46
4.1.1	Soluzione strutturale 1: sacchi tubolari in fibra naturale	46
4.1.2	Soluzione strutturale 2: terre rinforzate	48
4.1.3	Protezione al piede	49
4.1.4	Strutture di protezione terminali	49
4.2	Soluzioni di ricoprimento.....	50
4.2.1	Selezione delle specie vegetali	50
4.2.2	Soluzione di ricoprimento A	51
4.2.3	Soluzione di ricoprimento B	52
4.3	Applicazione delle soluzioni strutturali e di ricoprimento alla duna .....	53
4.4	Sistema di monitoraggio strutturale.....	55
4.4.1	Configurazione del sistema di monitoraggio strutturale	55
4.4.2	Modalità applicative del sistema di monitoraggio strutturale	56
5	Materiali	60
5.1.1	Requisiti specifici per materiali ad uso strutturale	60
5.1.2	Materiali per recinzioni e cartellonistica	61
6	Cantierizzazione	64
6.1	Viabilità di accesso .....	64
6.2	Mezzi e manodopera .....	68
6.3	Tempistiche.....	68
6.4	Cronoprogramma.....	68
7	Quadro economico	70
8	Riferimenti	72

## Lista delle figure

Figura 2-1 Inquadramento Geografico del Progetto - Sito Pilota “Bellocchio (Lido di Spina)”	9
Figura 2-2 In giallo: aree di prelievo della sabbia ubicate a ridosso del molo di Lido degli Estensi e alla foce del Logonovo; in rosso punto in cui sarà costruita la duna artificiale a sud di Lido di Spina)	10
Figura 2-3 Sezioni di rilievo ( febbraio 2020).	16
Figura 2-4 Carta topografica ottenuta con il rilievo eseguito il 4 febbraio 2020. A destra, legenda quota s.l.m.m in metri.	16
Figura 2-5 Ortofoto rilevata con drone il 29 Gennaio 2020	17
Figura 2-6 Ricostruzione 3D del sito pilota.	17
Figura 2-7 Mappa delle variazioni di quota 2017-2020. Linea rossa: linea di riva 2017; linea nera: linea di riva 2020. In grigio posizione della duna di progetto, in verde pennello in pali di legno esistente. A destra: legenda in metri.	18
Figura 2-8 Grafico polare delle altezze d'onda e delle direzioni misurate nel periodo 2007-2019 dalla boa ondometrica Nausicaa situata al largo di Cesenatico. Questo clima ondoso può essere assunto come rappresentativo dell'intera costa dell'Emilia-Romagna.	20
Figura 2-9 Distribuzione del numero di eventi (istogramma blu), dell'energia totale (linea arancio) e dell'energia normalizzata (linea verde) nel periodo giugno 2007 - dicembre 2019.	22
Figura 2-10 Carta Geologica dell'area vasta	24
Figura 2-11 Fronte sepolto delle ‘pieghe romagnole’ e depositi quaternari dell'area del sito	25
Figura 2-12 Panoramica geomorfologica e idrografica dell'area del sito	26
Figura 2-13 Pericolosità allagamento dell' area del sito	27
Figura 2-14 Rischio inondazione dell'area del sito	27
Figura 2-15 Area sito e ubicazione indagini: CPTU, sondaggio S1 e profilo sismica a rifrazione(linea gialla)	28
Figura 2-16 Sezione sismica a rifrazione	29
Figura 2-17 Classificazione dei suoli NTC 2008	31
Figura 2-18 Mappa delle sorgenti sismogenetiche nell'area circostante il sito (Diss Working Group, 2018)	32
Figura 2-19 Mappa delle faglie ‘Capaci’ nell'Area circostante il sito (SGI - ISPRA, 2018)	32
Figura 2-20 Magnitudo dei terremoti in un raggio pari a 50 km dal sito di Lido di Spina (estratti dal database Iside (INGV)	33
Figura 2-21 Intensità massima risentita dei terremoti in un raggio pari a 40 km da Lido di Spina, estratti dal CPTI15	33
Figura 2-22 Intensità massime dei terremoti risentiti a Lido degli Estensi presso il sito, estratte dal CPTI15	34
Figura 2-23 Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (da INGV) nell'area del sito	34
Figura 2-24 Mappa della pericolosità alla liquefazione dell'area del sito	35
Figura 3-1 Esempio di impostazione di sezione bidimensionale del dominio di calcolo	37





Figura 4-1: Soluzione 1- sacchi in fibra naturale	43
Figura 4-2: Terre armate	44
Figura 4-3 Sezione ricoprimento tipo 1	46
Figura 4-4 esempio di installazione delle reti in fibra di cocco e sistema anti ruscellamento	47
Figura 4-5 schema di installazione del sistema anti ruscellamento	47
Figura 4-6 Pianta della duna - Tipologie strutturali, ricoprimenti e sezioni relative	49
Figura 4-7 Layout dei sensori (la lunghezza ed il posizionamento effettivi della porzione di duna da monitorare sarà stabilita in sede di progetto esecutivo)	50
Figura 4-8 Modalità di fissaggio del tessuto sensorizzato	51
Figura 4-9 Mock-up della soluzione per il fissaggio del tessuto sensorizzato (visibile in blu, all'estrema destra, il sensore in fibra ottica cucito all'interno del tessuto di juta)	52
Figura 5-1NTC 2018 Classi di durata del carico per strutture in legno	54
Figura 5-2NTC 2018 Classi di servizio per strutture in legno	54
Figura 5-3 NTC 2018 Classi di durata del carico	54
Figura 6-1 Viabilità di accesso al cantiere	56
Figura 6-2 Via Spiaggia verso nord	57
Figura 6-3 Via Spiaggia verso posizione duna	57
Figura 6-4– Via Ponchielli	58
Figura 6-5 Via Ponchielli parte finale (piazzale per possibile deposito)	58
Figura 6-6 Area villaggio turistico Spina	59
Figura 6-7 – Ingresso villaggio turistico Spina	59
Figura 6-8 Via Spiaggia interna al camping	59

## Lista delle tabelle

Tabella 2-1: Elenco autorizzazioni da richiedere per la realizzazione delle opere	11
Tabella 2-2Riferimenti catastali area intervento	13
Tabella 2-3 Tabella di occorrenza percentuale (16 settori direzionali e 5 classi di altezza significativa in metri più le calme) dei dati ondametrici rilevati dalla boa Nausicaa nel periodo maggio 2007 - dicembre 2019.	20
Tabella 2-4 Tabella dei tempi di ritorno calcolati sul dataset di onde misurate nel periodo 2007-2019 dalla boa ondometrica Nausicaa situata al largo di Cesenatico.	21
Tabella 2-5 : analisi delle mareggiate nel periodo 2007-2019, con le loro caratteristiche principali.	21
Tabella 2-6 Classificazione energetica delle mareggiate secondo Mendoza and Jimenez (2004)	23
Tabella 2-7 Riepilogo mensile delle mareggiate nel periodo 2007-2019.	23
Tabella 3-1Durata minima di vita per opere o strutture di carattere definitivo Tv.	38



Tabella 3-2	Massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera Pf.	38
Tabella 3-3	Tempo di ritorno dell'evento di progetto $T_{rp}$ .	40
Tabella 4-1	Modello vegetazionale per il fronte della duna	45
Tabella 4-2	modello vegetazionale per la sommità della duna	45
Tabella 4-3	Modello vegetazionale della parte posteriore della duna	46





## 1 Premessa

La presente relazione rappresenta lo studio di fattibilità relativo all'intervento di manutenzione e ripristino di una duna lungo il litorale sud ferrarese (Località Lido di Spina nel Comune di Comacchio) mediante soluzioni di ingegneria naturalistica ed è sviluppato nell'ambito del progetto di ricerca finanziato dalla Commissione Europea OPERANDUM.

Il progetto è redatto e firmato da RINA-C capofila di un pacchetto di lavoro che comprende tra i compiti quello di tipo progettuale e che si avvale della collaborazione dell'Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente Energia Emilia-Romagna (ARPAE) - Struttura Idro-Meteo-Clima con il supporto del consulente IRIS SAS, per la cura gli aspetti relativi all'ingegneria naturalistica e gli aspetti ecologici. Il progetto inoltre si avvale del contributo scientifico dell'Università di Bologna e di Naturalea.

L'Ente competente per la realizzazione dell'opera è l'Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile – Servizio Area Reno e Po di Volano (di seguito ARSTePC) tramite la sottoscrizione dell'atto: "ACCORDO DI COLLABORAZIONE AI SENSI DELL'ART. 15 L. 241/1990 TRA L'AGENZIA REGIONALE PREVENZIONE AMBIENTE ENERGIA EMILIA-ROMAGNA - STRUTTURA IDRO-METEO-CLIMA E L'AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE E LA PROTEZIONE CIVILE - SERVIZIO AREA RENO E PO DI VOLANO" PG/2020/0072557 del 19/05/2020.

### 1.1 Il contesto del progetto OPERANDUM

Il progetto OPERANDUM (Open-air laboratories for Nature based solutions to Manage environmental risks) è un progetto di ricerca finanziato dalla Commissione Europea (GA no.: 776848) nell'ambito dei programmi di Innovation Action ed è coordinato dall'Università di Bologna in collaborazione con la Struttura Idro Meteo Clima dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione, l'Ambiente e l'Energia dell'Emilia-Romagna (ArpaE - SIMC), RINA Consulting, il Centro Italiano Ricerche Aerospaziale (CIRA) ed il Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) oltre ad altri partner internazionali facenti parte del consorzio.

Il progetto, in corso di sviluppo a livello internazionale, si concentra sui rischi ambientali causati da eventi meteorologici estremi. Lo scopo del progetto è quello di testare in differenti siti pilota varie soluzioni progettuali basate su tecniche di ingegneria naturalistica in grado di attenuare eventi naturali quali inondazioni, frane, erosioni costiere e siccità.

OPERANDUM coinvolge 26 partner internazionali ed ha una durata di 4 anni. L'approccio innovativo include lo sviluppo di 10 laboratori all'aperto (Open-Air-Lab) situati in Austria, Finlandia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Gran Bretagna e Australia, Cina e Hong Kong in aree naturali e rurali sempre più soggette ai rischi idro-meteorologici dovuti ai cambiamenti climatici.

Le nuove soluzioni proposte saranno testate con diversi approcci scientifici e tecnologici, tra cui analisi di laboratorio, simulazioni numeriche ed esperimenti sul campo.

Tramite il progetto OPERANDUM sarà possibile creare una connessione tra le diverse competenze scientifiche e tecnologiche in modo da garantire lo sviluppo delle migliori soluzioni praticabili per migliorare la resilienza dei nostri territori ai cambiamenti climatici.



## 1.2 Normativa tecnica

- ✓ Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe marittime” - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e dal Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (CNR), 1996.
- ✓ • Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – DECRETO 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”;
- ✓ • Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – CIRCOLARE 21 gennaio 2019 – Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- ✓ • UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;



## 2 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO E DEGLI ELEMENTI PROPEDEUTICI ALLA DEFINIZIONE DELLE OPERE

### 2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E AMMINISTRATIVO

L'area scelta per la realizzazione dell'opera è localizzata in comune di Comacchio (provincia di Ferrara, Regione Emilia-Romagna; Figura 1). Nello specifico l'area di intervento è ubicata sul litorale, in località Lido di Spina nella parte meridionale dei confini amministrativi del Comune di Comacchio. Come mostrato nella seguente figura il sito pilota scelto per la realizzazione della duna è situato nella zona immediatamente a sud del Lido di Spina e a Sud-Est del Lago di Spina in una zona di ingressione del mare già oggetto nel recente passato di progettazioni alternative e soggetta a forte erosione costiera. Nelle vicinanze dell'area si segnala la presenza di uno stabilimento balneare e di due vie di accesso (Via Spiaggia). L'intervento di ripristino sperimentale della duna sarà localizzato in prossimità di un'area dove è stato rilevato un deposito di sabbia realizzato già in passato. La scelta del sito è ricaduta su quest'area, in quanto consente la realizzazione di un'opera in continuità con la morfologia, naturale ed artificiale, esistente.

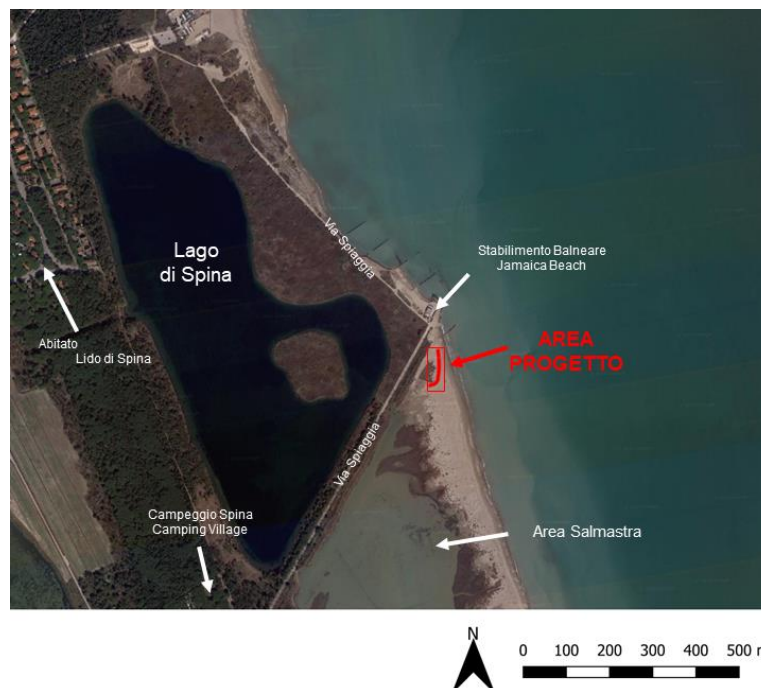


Figura 2-1 Inquadramento Geografico del Progetto - Sito Pilota "Bellocchio (Lido di Spina)"

Ai fini della costruzione della duna sarà necessario movimentare 555 mc di sabbia che non è possibile reperire nelle immediate vicinanze in quanto l'area, oltre ad essere in erosione, è all'interno della RNS e del sito Rete Natura 2000 SIC-ZPS ecc. Pertanto, i sedimenti, qualora non fossero già stati e movimentati nell'ambito di altri interventi programmati ed eseguiti dal Servizio Area Reno e Po di Volano dell'Agenzia regionale per la sicurezza territoriale e la protezione civile, si dovrà provvedere all'escavo presso il deposito litoraneo adiacente alla Foce del Canale Logonovo.

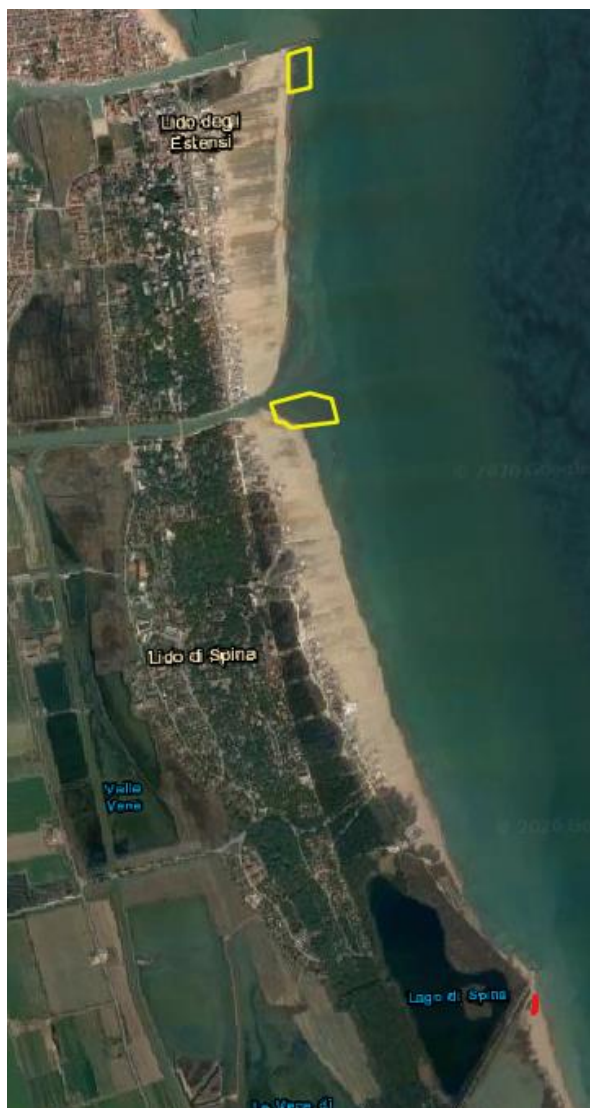


Figura 2-2 In giallo: aree di prelievo della sabbia ubicate a ridosso del molo di Lido degli Estensi e alla foce del Logonovo; in rosso punto in cui sarà costruita la duna artificiale a sud di Lido di Spina)

## 2.2 QUADRO VINCOLISTICO E AUTORIZZATIVO

L'area di intervento è interessata dai seguenti vincoli:

- Vincolo Idrogeologico del RD 30 dicembre 1923 n. 3267 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani" e DGR 11 luglio 2000, n. 1117 (Direttiva regionale concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico, ai sensi ed in attuazione degli artt. 148, 149, 150 e 151 della LR 21 aprile 1999, n. 3 "Riforma del sistema regionale e locale");
- Vincolo Paesaggistico ai sensi dell'art. 142 comma 1 lettera a) del D.Lgs. 22/01/2004 n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" in quanto all'interno della fascia di 300 m dalla linea costiera;
- Demanio Marittimo, e pertanto soggetto alle autorizzazioni/concessioni del Codice di Navigazione e del suo Regolamento di Esecuzione le cui procedure sono state ridefinite con LR 31 maggio 2002 n. 9 e DGR n. 468 del 6/03/2003;
- Parco regionale del Delta del Po, Stazioni Territoriali "Centro Storico di Comacchio" per l'area di escavo e "Valli di Comacchio",





nonché nella Riserva Naturale Statale “Sacca di Bellocchio III” e nel sito ZSC/ZPS IT4060003 “Vene di Bellocchio, Sacca di Bellocchio, foce del fiume Reno, Pineta di Bellocchio”, per quanto riguarda la fascia di arenile dove sarà ricostruita la duna.

L’area, inoltre, è da considerarsi in prossimità della linea doganale e quindi soggetto al D. Lgs. 8 novembre 1990 n. 374.

### 2.2.1 Procedure autorizzative necessarie

Alla luce della vincolistica che insiste sull’area di intervento è stata eseguita una verifica della normativa vigente per stabilire quali sono le eventuali autorizzazioni necessarie per eseguire le opere e gli enti competenti al loro rilascio (Tabella 2-1).

Tabella 2-1: Elenco autorizzazioni da richiedere per la realizzazione delle opere

Procedura	Riferimento normativo	Documentazione richiesta	Ente di competenza
Vincolo idrogeologico	RD 30 dicembre 1923 n. 3267; DGR 11 luglio 2000 n. 1117	Comunicazione Inizio Attività	Comune di Comacchio
Vincolo paesaggistico	D.Lgs. 22 gennaio 2004 n. 42; DPR 13 febbraio 2017, n. 31	Interventi presenti nell’Allegato A del DPR 21/2017	Comune di Comacchio
Assoggettabilità a VIA (screening)	LR 20 luglio 2018 n. 4 – Allegato n. 2	Relazione per Verifica Preliminare di assoggettabilità	Reg. Emilia-Romagna
Autorizzazione per immersione deliberata in mare	D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 DM 15 luglio 2016, n. 173	Scheda inquadramento area di escavo, classificazione sedimenti	ARPAE
Demanio Marittimo	Codice Navigazione; L.R. 31 maggio 2002 n. 9; DGR n. 468 del 6/03/2003	Aggiornamento catastale  Consegna e riconsegna delle aree demaniali ai sensi dell’art. 34 CN e dell’art. 3.1.2 della DGR 468/2003	Agenzia del Demanio e Agenzia del Territorio  Reg. Emilia-Romagna
Opere in prossimità della linea doganale	D.Lgs. 8 novembre 1990 n. 374	Istanza di Autorizzazione ai sensi dell’art. 19 con in allegato gli elaborati progettuali	Agenzia delle Dogane di Bologna
Procedura di Valutazione di incidenza ambientale Area protetta, Rete Natura 2000	LR 14 aprile 2004 n. 7 e DGR n. 1191 del 30/07/2007	Parere di conformità e Nulla Osta su Valutazione d’incidenza ambientale	Reg. Emilia-Romagna Ente di gestione per i Parchi e la Biodiversità - Delta del Po  Carabinieri Comando Ufficio Territoriale per la Biodiversità Punta Marina



Bonifica sistematica Subacquea	D.M. 28 febbraio 2017 e successive Direttive Tecniche di applicazione	Attestato di Bonifica Bellica con validazione dell'Autorità militare competente	Autorità militare competente
--------------------------------	---	---	------------------------------

### 2.2.2 Procedura di valutazione di Impatto Ambientale (VIA)

Le lavorazioni previste dal presente progetto non rientrano nel campo di applicazione della LR 20 aprile 2018, n. 4. Arpa-SIMC dispone agli atti la nota del Servizio Valutazione Impatto e Promozione Sostenibilità Ambientale della Regione Emilia-Romagna in data 19/08/2019, prot. n. PG/2019/128600, in cui l'intervento di ripristino della duna è definito di limitata dimensione, sono esclusi potenziali impatti ambientali significativi e negativi, e in cui si attesta che l'intervento non necessita di essere sottoposto a verifica di assoggettabilità a VIA e che occorre tuttavia presentare la VINCA (DGR\_1191\_2007) come azione contestuale alla redazione del presente Progetto Definitivo.

### 2.2.3 Vincolo idrogeologico

La Direttiva regionale concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico, redatta ai sensi ed in attuazione degli artt. 148, 149, 150 e 151 della LR 21 aprile 1999 n. 3 "Riforma del sistema regionale e locale" approvata con DGR n. 1117/2000 specifica al punto 2.8.5 che le opere di difesa idraulica ed idrogeologica e/o di manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere esistenti di regimazione idraulica o idraulico-forestale promosse dai Servizi provinciali Difesa del Suolo della Regione e dalle Province sul territorio di competenza, non sono soggette alla disciplina del vincolo idrogeologico in quanto costituiscono interventi di difesa e miglioramento dell'assetto idraulico ed idrogeologico e, come tali, hanno lo stesso obiettivo di tutela territoriale che è alla radice del vincolo idrogeologico stesso. Resta solo l'obbligo di darne informazione agli Enti delegati.

### 2.2.4 Vincolo paesaggistico

Alla luce del DPR 13 febbraio 2017, n. 31, le lavorazioni possono essere assimilate al "interventi di ripascimento circoscritti di tratti di arenile in erosione, manutenzione di dune artificiali in funzione antierosiva, ripristino di opere di difesa esistenti sulla costa" (punto B.42) dell'Allegato B (di cui all'art. 3, comma 1) e pertanto è un intervento di lieve entità soggetto a procedimento autorizzativo semplificato. Ad integrazione della documentazione progettuale è stata predisposta l'istanza di Autorizzazione Paesaggistica con procedimento semplificato a norma dell'art. 146, comma 9 del D.Lgs. n. 42/2004 e dell'art. 3 del DPR n. 31/2017 completa della Relazione Paesaggistica semplificata come all'Allegato D del medesimo DPR. L'istanza di autorizzazione e la relazione sono contenute nell'elaborato n. G.03 del presente progetto.

### 2.2.5 Autorizzazione per immersione deliberata in mare

Come già detto, ai fini della costruzione della duna sarà necessario movimentare 555 mc di sabbia che non è possibile reperire nelle immediate vicinanze in quanto l'area, oltre ad essere in erosione, è all'interno della RNS e del sito Rete Natura 2000 SIC-ZPS ecc. Pertanto, i sedimenti, qualora non fossero già stati e movimentati nell'ambito di altri interventi programmati ed eseguiti dal Servizio Area Reno e Po di Volano

dell’Agenzia regionale per la sicurezza territoriale e la protezione civile, si dovrà provvedere all’escavo presso il deposito litoraneo adiacente alla Foce del Canale Logonovo.

Tale operazione, data la modesta quantità, la vicinanza e la continuità morfologica fra i due siti, si configura, ai sensi dell’art. 2 commi d) e g) del DM 15 luglio 2016, n. 173 “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l’autorizzazione all’immersione in mare dei materiali di escavo dei fondali marini” come ripristino degli arenili, tutte le attività che si svolgono nell’ambito di uno stesso sito con ciclicità stagionale o comunque a seguito di mareggiate che hanno determinato l’accumulo di materiali in una determinata area e consistenti nel livellamento delle superfici, mediante lo spargimento e la redistribuzione dei sedimenti accumulati in più punti dello stesso sito per il ripristino degli arenili che comportano la movimentazione di materiali per quantitativi inferiori a 20 (venti) metri cubi per metro lineare di spiaggia”(comma g).

Viene, pertanto, esclusa l’autorizzazione di cui all’articolo 109, comma 2, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per l’immersione deliberata in mare dei materiali di escavo di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi di cui al comma 1, lettera a) del medesimo articolo 109.

È sufficiente applicare il criterio “non peggiorativo” della qualità ambientale dei sedimenti per il deposito sulla spiaggia emersa e considerando che:

- con Determinazione n. 4132 del 15/11/2018 è stato affidato l’appalto per la caratterizzazione di tre aree di escavo, di cui una a sud della foce del canale Logonovo. I campionamenti sono stati completati nei giorni 3-6-7/12/2018, i risultati, validati da ARPAE in data 19/03/2019, hanno assegnato ai sedimenti come classificazione l’opzione di Gestione A, che è quella richiesta per i ripascimenti;
- con Determinazione n. 2892 del 14/10/2019 è stato affidato l’appalto per la caratterizzazione di tutte le aree di destinazione lungo il litorale comacchiese. I campionamenti sono stati prelevati nei giorni 12-13-19/12/2019, validati sempre da ARPAE in data 17/03/2020. Il tratto in cui sarà realizzata la duna è risultato appartenente all’opzione di Gestione D per via della classe di pericolosità rilevata con i test ecotossicologici;

si può sostenere che si andrà a migliorare la qualità dei sedimenti del sito in cui si andrà a realizzare la duna.

La scheda di inquadramento dell’area di escavo (Foce canale Logonovo) sono riportate nell’elaborato E.01 Corografia di inquadramento.

### **2.2.6 Demanio marittimo (disponibilità delle aree e degli immobili da utilizzare: modalità di acquisizione, oneri prevedibili e situazione dei pubblici servizi)**

I due siti di intervento si trovano nel Comune di Comacchio (FE) e sono identificati catastalmente come riportato nella seguente tabella. Tutte le particelle ricadono all’interno del Demanio Marittimo:

Tabella 2-2 Riferimenti catastali area intervento

Elemento	Foglio	Particella	Proprietà
Area escavo - Logonovo	78	25	Demanio Marittimo
Area escavo - Logonovo	78	2350	
Area escavo - Logonovo	78	2351	
Sito duna	80	1	

Le procedure relative al Demanio Marittimo saranno esplicitate in concomitanza con l’attestazione dello stato dei luoghi e della consegna lavori. Successivamente all’aggiudicazione il Direttore dei Lavori provvederà a chiedere la consegna dell’area, ai sensi



dell'art. 34 del Regolamento di Esecuzione del Codice di Navigazione (RECN), al suddetto Servizio regionale competente.

Nell'eventualità che i lavori dovessero svolgersi nel periodo compreso tra l'ultimo fine settimana (sabato e domenica) di maggio e il secondo fine settimana (sabato e domenica) di settembre sarà necessario chiedere al Comune di Comacchio una deroga alle prescrizioni sull'uso delle spiagge secondo le modalità stabilite nelle Ordinanze Balneari regionale e/o comunale vigenti.

Al termine dei lavori e successivamente al Collaudo l'area sarà riconsegnata al Servizio Turismo, Commercio e Sport della Regione Emilia-Romagna.

### **2.2.7 Opere in prossimità della linea doganale**

Gli interventi di progetto sono considerate opere in prossimità della linea doganale, e come tali, sono soggette all'autorizzazione che viene rilasciata dall'Agenzia delle Dogane e dei Monopoli, ai sensi dell'art. 19 del D.Lgs. n. 374/90.

### **2.2.8 Valutazione di incidenza ambientale**

Per quanto concerne la localizzazione dell'intervento in zona ZSC/ZPS, si richiama la DGR n. 1191/2007 "Approvazione direttiva contenente i criteri di indirizzo per l'individuazione la conservazione la gestione ed il monitoraggio dei SIC e delle ZPS nonché le linee guida per l'effettuazione della valutazione di incidenza ai sensi dell'art. 2 comma 2 della L.R. n. 7/04", che specifica la necessità di procedere alla Valutazione di Incidenza Ambientale anche per gli interventi di Difesa del suolo e della costa ricadenti in ambiti Rete Natura 2000.

In relazione all'iter procedurale previsto dalla suddetta DGR e dalle disposizioni della DGR n. 79/2018 e s.m., in particolare dell'Allegato E, considerata la ridotta entità delle opere in progetto, si è proceduto con il Livello 1 – Fase di pre-valutazione con la descrizione degli effetti del progetto sulle componenti biotiche e abiotiche dei ZSC/ZPS IT4060003 "Vene di Bellocchio.

Per il presente progetto definitivo è stato predisposto l'elaborato "Valutazione d'incidenza" contenente una relazione ed il Modulo A1.

### **2.2.9 Autorizzazione allo scavo in aree potenzialmente oggetto di presenza di ordigni bellici**

In fase di elaborazione del Progetto Esecutivo è prevista la redazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento ai sensi del Testo Unico sulla Sicurezza sul Lavoro - D.Lgs. n. 81/2008 e s.m.i. e finalizzato a descrivere e valutare tutti i rischi per la salute dei lavoratori e le modalità di prevenzione per garantire la sicurezza sul cantiere.

La legge n. 177/2012 definisce l'obiettivo di prevenire i rischi derivanti dal possibile rinvenimento di ordigni bellici inesplosi che, con marcata frequenza, interessano cantieri temporanei o mobili dove sono previste attività di scavo. La legge, inoltre, apporta alcune modifiche al D. Lgs n. 81/2008, introducendo l'obbligo di valutazione preventiva dei rischi derivanti dal possibile rinvenimento di ordigni bellici inesplosi.

Le novità introdotte dalla legge n. 177/2012 sanciscono che:



- la valutazione del rischio di rinvenire ordigni bellici è effettuata dal coordinatore in fase di progettazione;
- l'attività di bonifica va effettuata da imprese con possesso di specifici requisiti tecnico professionali esplicitati dall'art 104 comma 4-bis;
- le imprese devono essere iscritte in apposito albo istituito presso il Ministero della difesa, con uso di idonee attrezzature e personale dotato di brevetti per l'espletamento delle attività relative alla bonifica sistematica.

Le modifiche introdotte con la legge 177/2012 apportate al T.U. 81/2008 sono operative dalla data del 18 aprile 2013. Altre novità sono state introdotte con il Decreto 11 maggio 2015, n. 82 - "Regolamento per la definizione dei criteri per l'accertamento dell'idoneità delle imprese ai fini dell'iscrizione all'albo delle imprese specializzate in bonifiche da ordigni esplosivi residuati bellici, ai sensi dell'articolo 1, comma 2, della legge 1° ottobre 2012, n. 177" ed il successivo D.M. 28 febbraio 2017 del Ministero della Difesa che all'art. 4 demanda alla Direzione dei lavori e del demanio il compito di emanare direttive e prescrizioni tecniche generali a cui le imprese specializzate devono attenersi nell'esecuzione delle attività di bonifica, al fine di garantire il corretto funzionamento del settore della bonifica sistematica da ordigni esplosivi residuati bellici.

Nel sito ufficiale del Ministero della difesa al momento sono pubblicati i seguenti documenti di riferimento:

- il "Disciplinare Tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistematica Terrestre" (DISCIPLINARE) del 06 ottobre 2015;
- la "Direttiva Tecnica sulla bonifica Bellica Sistematica Subacquea" (GEN-BSS-001) del 11 ottobre 2017.

La costruzione della duna sarà realizzata in prossimità della linea di costa e della Zone EchoEcho 346 A1-A2 Foce del Fiume Reno (Zona per esercitazioni di tiro Terra-Mare) e Zona D10 Foci del Reno (Spazio aereo per esercitazioni di tiri a fuoco) e considerando che in autunno-inverno i sedimenti subiscono spostamenti stagionali causati dal vento e dal moto ondoso, l'infissione dei pali deve essere preceduta dalla localizzazione e bonifica delle aree mediante ricerca di masse ferrose e eventuali ordigni bellici, con oneri compresi nelle somme a disposizione dell'amministrazione.

Data la quota media del paraggio su cui sarà innestata la duna XX m s.l.m., non trovandosi in presenza di acqua, dovrà essere eseguita una Bonifica Bellica Sistematica Terrestre (BBST), secondo le modalità stabilite dallo specifico Disciplinare.

### 2.3 RILIEVO TOPOGRAFICO MORFOLOGICO

I rilievi topografici utilizzati come base per il presente progetto sono stati realizzati il 29 gennaio e il 4 febbraio 2020, rispettivamente con sistema SAPR (Drone) e con GPS in modalità RTK (master-rover)..

La stazione master è stata posizionata sul Vertice PCPG0500 della Rete Geodetica Costiera della Regione Emilia-Romagna (<https://www.arpae.it/cartografia/>).

Il sistema di riferimento del rilievo topografico è l'ETSR89-ETRF2000 (2008.0), la quota ortometrica è riferita al livello medio mare Genova42.



Figura 2-3 Sezioni di rilievo ( febbraio 2020).

Dall'osservazione della carta topografica del sito che ospiterà l'opera (Figura 2-4) si distingue una porzione centrale della spiaggia contraddistinta da morfologia positiva orientata nord-sud che separa due zone con quote progressivamente decrescenti, verso terra e verso mare. Le quote massime si attestano sui 2.5 m e sono state rilevate in corrispondenza del già precedentemente citato deposito sabbioso artificiale dalla forma allungata collocato a sud del stabilimento balneare.

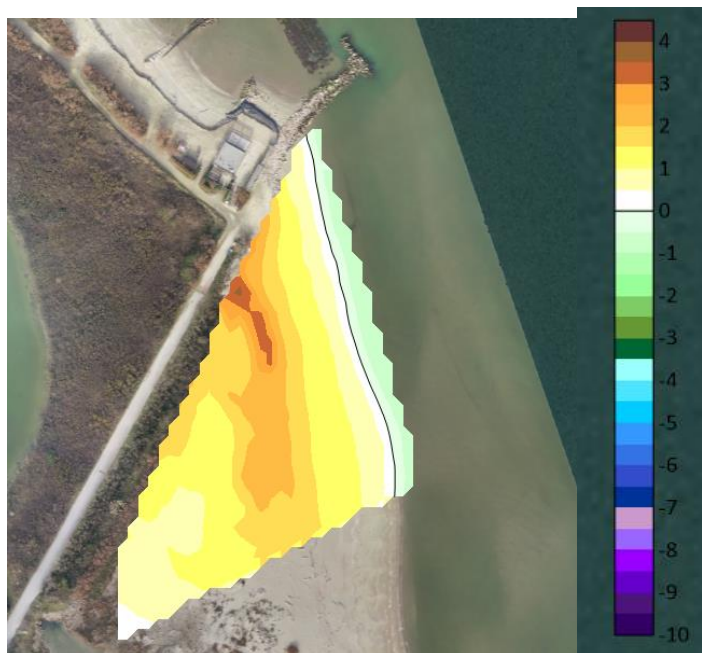


Figura 2-4 Carta topografica ottenuta con il rilievo eseguito il 4 febbraio 2020. A destra, legenda quota s.l.m.m in metri.

L'ortofoto ottenuta col drone (Figura 2-5) e la ricostruzione 3D (Figura 2-6) del sito pilota, evidenziano, oltre alle morfologie appena descritte, anche le zone vegetate come ad esempio la duna naturale residuale che verrà protetta con l'opera oggetto del presente progetto.



Figura 2-5 Ortofoto rilevata con drone il 29 Gennaio 2020

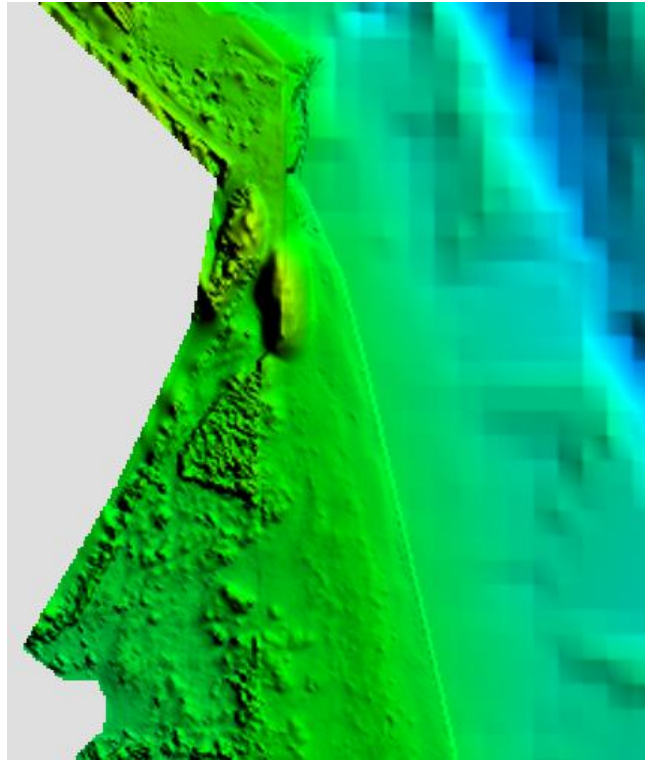


Figura 2-6 Ricostruzione 3D del sito pilota.

Dal confronto tra il rilievo topografico del 4 febbraio 2020 (realizzato con GPS-RTK) e uno dell'ottobre 2017 (realizzato in parte con Drone e in parte con GPS-RTK) è stata ottenuta la mappa delle zone di accumulo ed erosione (mappa variazioni di quota) rappresentata in Figura 2-7.



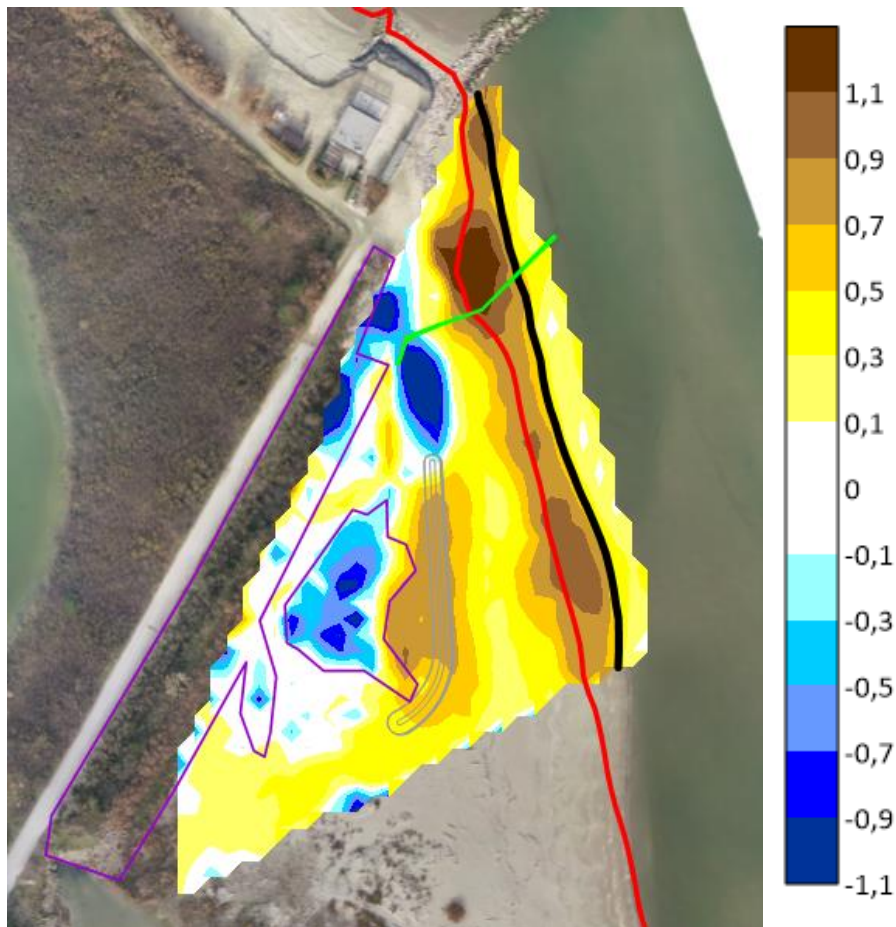


Figura 2-7 Mappa delle variazioni di quota 2017-2020. Linea rossa: linea di riva 2017; linea nera: linea di riva 2020. In grigio posizione della duna di progetto, in verde pennello in pali di legno esistente. A destra: legenda in metri.

Dall'ottobre 2017 al febbraio 2020 si osserva:

- un avanzamento medio della linea di riva di 8-12 m;
- un marcato aumento di quota di tutta la zona tra la battigia e l'area di sedime della duna di progetto;
- un abbassamento di quota dell'argine /deposito di sabbia, presente a nord della duna di progetto;
- i poligoni viola delimitano zone in cui l'abbassamento di quota non è reale, perché in corrispondenza di esse il rilievo effettuato con il drone nell'ottobre 2017 restituisce una quota più alta per la presenza della vegetazione.

## 2.4 CARATTERIZZAZIONE METEOMARINA

Per la sua conformazione e orientamento, la costa dell'Emilia-Romagna è principalmente caratterizzata da due regimi di vento che hanno impatto in termini di condizioni meteo-marine: lo "Sirocco" sudorientale e la "Bora" nord-occidentale. (Pasarić et al., 2009).

Lo Sirocco è un vento caldo e umido associato principalmente a un minimo di pressione situato nel Mediterraneo nord-occidentale o nel tratto di mare tra la Tunisia e la Sicilia. È incanalato lungo l'asse principale del Mare Adriatico dall'orografia confinante e soffia spesso lungo l'intera lunghezza del bacino, di solito con una velocità del vento compresa tra



10 e 15 m/s (Lionello et al., 2012). Per questi motivi è una conformazione sinottica che provoca pioggia e onde alte; quando un forte Scirocco soffia sull'Adriatico, l'acqua si accumula nella parte settentrionale del bacino. In combinazione con le maree è il principale responsabile delle mareggiate e delle inondazioni nelle regioni costiere poco profonde del Nord Adriatico, come l'Emilia-Romagna.

Mentre lo Scirocco è più intenso e più frequente sull'Adriatico meridionale, la Bora soffia più spesso nell'Adriatico settentrionale. Con il suo flusso da nord-est, si tratta di un vento catabatico (Grisogono and Belušić, 2009) che, a causa della complessa orografia delle Alpi Dinariche, crea getti ben strutturati e definiti, con forti gradienti spaziali su scala sub-bacino l'Adriatico settentrionale, raggiungendo raffiche di 100 km/h e superiori (fino a 200 km/h).

Questa caratteristica anemometrica dell'Adriatico settentrionale si riflette in un clima del moto ondoso (Figura 2-8) in cui le onde prevalenti (quelle a maggior frequenza) provengono dalle direzioni orientali (ENE - E - ESE) mentre le onde dominanti (quelle di maggiore intensità) provengono dalle direzioni nord-orientali (NE - ENE), associato ai forti venti di Bora che sono quelli a cui la costa emiliano-romagnola è maggiormente esposta e vulnerabile.

La tipica configurazione sinottica meteorologica per la generazione di eventi estremi sulla costa dell'Emilia-Romagna è causata dalla successione temporale di vento di Scirocco da SE per alcune ore e poi seguito da vento da ENE (Bora) che per la sua intensità genera onde più elevate. Questo tipo di fenomeno meteorologico è localmente chiamato "Bora scura", la cui caratteristica principale è l'associazione, durante lo stesso evento, di alti livelli del mare dovuti alla bassa pressione e all'accumulo di acqua lungo la costa prodotta dai venti SE, con onde elevate generate dai venti di Bora che succedono a quelli di Scirocco.

I dati ondametrici (altezza e direzione delle onde) sono acquisiti dalla boa ondometrica "Nausicaa" della Regione Emilia-Romagna, ormeggiata al largo di Cesenatico (FC) su un fondale di 10 m di profondità e per questo motivo, per effetto della rifrazione e l'interazione con il fondale, tende a ruotare in verso anti-orario le onde lunghe generate da persistenti venti di scirocco.

La determinazione del clima del moto ondoso fa riferimento ad una suddivisione delle altezze d'onda secondo i seguenti criteri: sono state considerate "calma" le onde con altezza significativa inferiori a 0,20 m, mentre le altre sono state attribuite agli intervalli:  $0,20 \leq H_s < 0,50$  |  $0,50 \leq H_s < 1,25$  |  $1,25 \leq H_s < 2,50$  |  $2,50 \leq H_s < 4,00$  |  $H_s \geq 4,00$ .

Per quanto riguarda le direzioni di provenienza si è adottata la convenzione nautica di considerare come asse di riferimento la direzione nord e le direzioni delle onde sono state così attribuite a 16 settori angolari di 22,5° ciascuno, centrati con le direzioni rispetto al Nord geografico.

### Boa ondametrica di Cesenatico 2007-2019

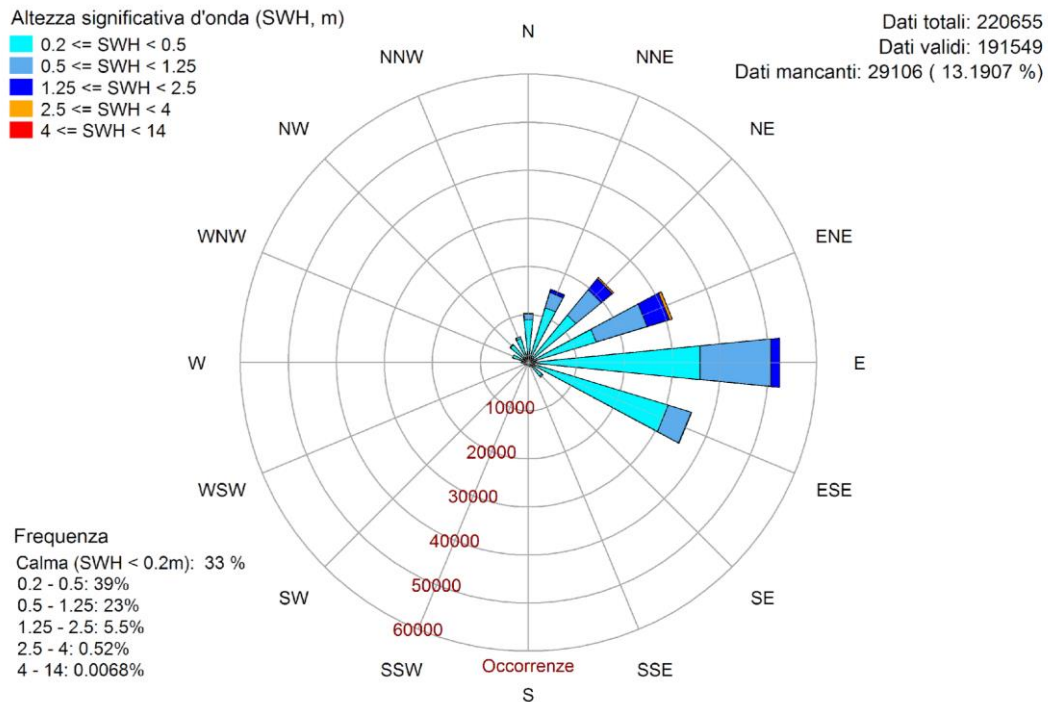


Figura 2-8 Grafico polare delle altezze d'onda e delle direzioni misurate nel periodo 2007-2019 dalla boa ondametrica Nausicaa situata al largo di Cesenatico. Questo clima ondoso può essere assunto come rappresentativo dell'intera costa dell'Emilia-Romagna.

La Tabella 2-3 mostra la distribuzione delle onde, suddivise per classi d'altezza e per i diversi settori di provenienza, come definiti sopra.

Tabella 2-3 Tabella di occorrenza percentuale (16 settori direzionali e 5 classi di altezza significativa in metri più le calme) dei dati ondametrici rilevati dalla boa Nausicaa nel periodo maggio 2007 - dicembre 2019.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Calma	2.5	2.9	3.1	3.4	7.7	5.1	0.8	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	1	1.3	1.3
[0.2-0.5)	2.3	3.3	3.4	4.2	10.7	10.5	1.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.7	1.2	1.4
[0.5-1.25)	0.7	1.8	3.6	5.8	7.9	2.8	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2
[1.25-2.5)	0	0.3	1.5	2.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[2.5-4)	0	0	0.2	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[4-14)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La Tabella 2-4 mostra i tempi di ritorno calcolati attraverso l'applicazione del metodo Peak Over Threshold e della Generalized Pareto Distribution (POT-GPD) al dataset di dati ondametrici misurati periodo 2007-2019 dalla boa ondametrica Nausicaa situata al largo di Cesenatico.



Tabella 2-4 Tabella dei tempi di ritorno calcolati sul dataset di onde misurate nel periodo 2007-2019 dalla boa ondometrica Nausicaa situata al largo di Cesenatico.

TR	Altezza Significativa dell'onda (m)
1	3.29
5	3.93
10	4.18
20	4.41
30	4.55
40	4.64
45	4.67
50	4.70
100	4.91

Definendo "mareggiate" quegli eventi caratterizzati da un'altezza significativa d'onda superiore alla soglia di 1.5 m (Boccotti, 1997) e considerando due mareggiate consecutive indipendenti se separate da almeno 12 ore con onde sotto la soglia, considerando il periodo giugno 2007 - dicembre 2019 in Emilia-Romagna sono state osservate in totale 232 mareggiate (Rapporto IdroMeteoClima Emilia-Romagna 2019), con una durata media di 18 ore ed una durata massima, per singola mareggiata, di 141 ore registrata a febbraio 2018. Durante le mareggiate, la direzione media di provenienza delle onde è risultata essere Est-Nord-Est (ENE) con un'altezza media dell'onda pari a 1.82 m e altezze massime mediamente pari a 2.28 m. Nello stesso periodo, l'altezza massima assoluta delle onde è stata di 4.66 m, registrata il 2 febbraio 2015. Nella Tabella 2-5 è visibile il riepilogo dettagliato delle mareggiate osservate nel periodo 2007-2019.

Tabella 2-5 : analisi delle mareggiate nel periodo 2007-2019, con le loro caratteristiche principali.

Anno	Numero mareggiate	Durata totale (h)	Durata media (h)	Energia totale (m <sup>2</sup> h)	Energia normalizzata (m <sup>2</sup> h)	SWH media (m)	SWH massima (m)	SL massimo durante mareggiata (m)	SL medio durante mareggiata (m)
2007	12	277	23.1	1042.9	86.9	1.90	3.04	0.66	0.18
2008	17	363.5	21.4	1255.8	73.9	1.67	3.19	0.87	0.09
2009	20	211.5	10.6	759.3	38.0	1.75	2.96	0.82	0.17
2010	16	250	15.6	959.9	60.0	1.83	3.91	0.87	0.30
2011	14	311	22.2	1219.8	87.1	1.83	3.92	0.66	0.15
2012	14	237	16.9	947.3	67.7	1.86	3.23	1.18	0.27
2013	24	381.5	15.9	1632.9	68.0	1.84	3.79	1.02	0.35
2014	11	181.5	16.5	780.7	71.0	1.88	3.52	0.98	0.33
2015	25	496	19.8	2162.7	86.5	1.85	4.66	1.31	0.27
2016	23	343	14.9	1268.0	55.1	1.80	3.11	0.93	0.28
2017	17	325	19.1	1629.9	95.9	1.89	3.68	0.87	0.18
2018	15	419	27.9	1670.3	111.4	1.88	3.10	1.06	0.37
2019	24	307.5	12.8	1002.5	41.8	1.67	2.10	1.16	0.29

Il numero di mareggiate annuali è variato da 11 a 25 (Figura 2-9 Distribuzione del numero di eventi (istogramma blu), dell'energia totale (linea arancio) e dell'energia normalizzata (linea verde) nel periodo giugno 2007 - dicembre 2019.): in questo arco di tempo non è riconoscibile un trend specifico della durata delle mareggiate, né tantomeno dei parametri meteo-marini, mentre si è constatata una forte variabilità interannuale degli stessi.

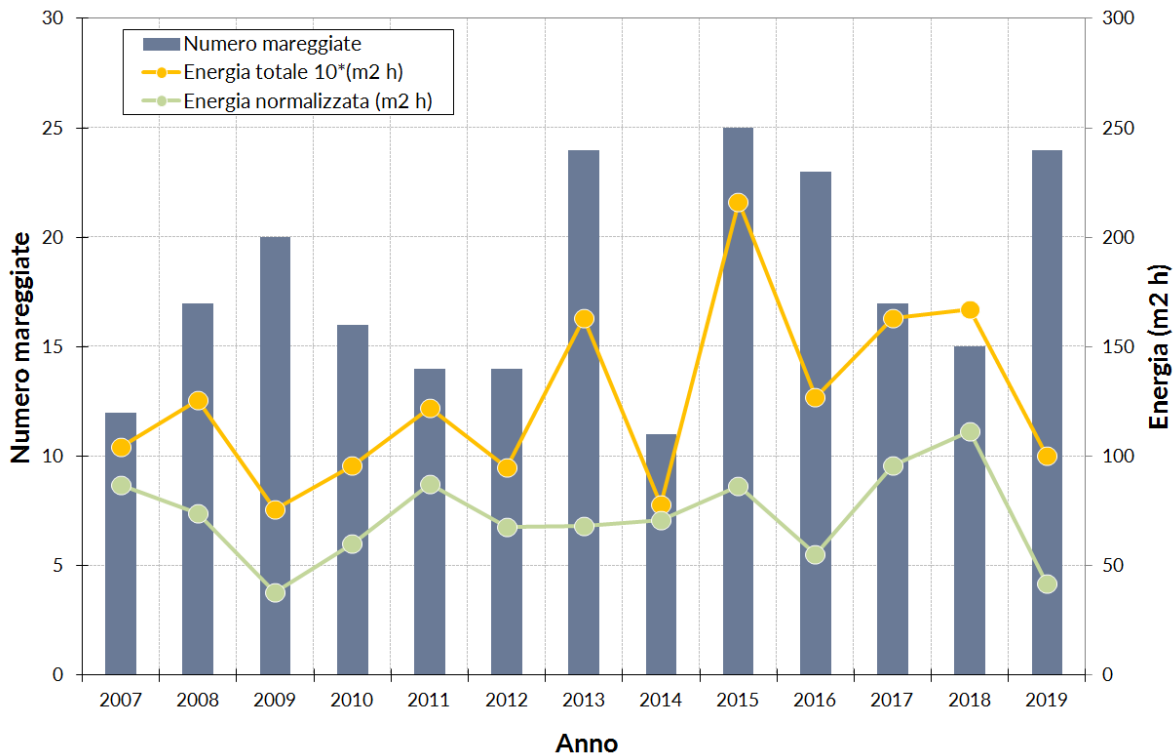


Figura 2-9 Distribuzione del numero di eventi (istogramma blu), dell'energia totale (linea arancio) e dell'energia normalizzata (linea verde) nel periodo giugno 2007 - dicembre 2019.

È interessante considerare, oltre al numero di mareggiate totali, anche la caratterizzazione basata sul contenuto energetico totale, che fornisce l'indicazione della potenziale pericolosità che le mareggiate esercitano sulla zona costiera, e sull'energia di mareggiata normalizzata, ottenuta dividendo l'energia totale annuale per il numero di mareggiate occorse.

L'energia totale (E) di ogni mareggiata, seguendo la metodologia adottata da Mendoza and Jimenez (2004), è stata calcolata integrando l'altezza significativa dell'onda (Significant Wave Height, SWH) per la durata dell'evento (t1,t2):

$$E = \int_{t_1}^{t_2} H_s^2 dt \quad (m^2 \cdot hr)$$

Con l'energia si può poi calcolare la relativa classe di ogni mareggiata secondo la classificazione seguente:

Tabella 2-6 Classificazione energetica delle mareggiate secondo Mendoza and Jimenez (2004)

CLASSE MAREGGIATA	ENERGIA TOTALE (m2 h)
I-debole	$E \leq 58.4$
II-moderata	$58.4 < E \leq 127.9$
III-significativa	$127.9 < E \leq 389.7$
IV-severa	$389.7 < E \leq 706.9$
V-estrema	$E > 706.9$

Per quanto riguarda la distribuzione mensile delle mareggiate dalla Tabella 2-7 sottostante si evince che i mesi che, generalmente, registrano il maggior numero di mareggiate (quindi maggiormente energetici) sono quelli da ottobre a marzo.

Tabella 2-7 Riepilogo mensile delle mareggiate nel periodo 2007-2019.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	TOTALE
Gen		1	2	2	2	0	2	2	2	1	4	0	5	23
Feb		3	0	3	3	0	4	0	4	3	2	4	2	28
Mar		1	1	3	3	0	4	0	4	6	1	2	4	29
Apr		0	0	3	1	2	1	0	3	1	2	0	1	14
Mag		0	2	1	3	2	3	0	1	1	0	0	2	15
Giu	0	0	2	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	7
Lug	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	6
Ago	1	0	1	1	0	1	2	1	0	2	0	1	0	10
Set	2	2	2	0	1	2	0	3	3	1	0	2	1	19
Ott	3	1	4	2	0	2	2	1	3	3	0	3	1	25
Nov	2	4	2	0	0	2	4	1	2	2	4	3	4	30
Dic	3	4	4	0	1	2	2	3	0	1	3	0	3	26
<b>TOTALE</b>														<b>232</b>

I dati del livello del mare riportati in Tabella 2-7 provengono dalle osservazioni acquisite dai due mareografi presenti in Emilia-Romagna, uno installato nel 2009 a Porto Garibaldi (FE) dalla Provincia di Ferrara e attualmente integrato nella rete regionale gestita da Arpa, l'altro installato a Porto Corsini (RA) e afferente alla Rete Mareografica Nazionale (RMN) gestita da ISPRA.

Durante le mareggiate il livello medio del mare si aggira attorno ai 25 cm mentre il massimo registrato è stato di 1.31 m sempre durante la mareggiata del 2 febbraio 2015.

L'area è microtidale (l'intervallo medio delle maree in quadratura è di 30-40 cm; l'intervallo medio delle maree sigiziali è di 80-90 cm) con ciclicità prevalentemente semidiurna. Quando soffiano i venti SE, vengono raggiunti livelli di picco significativi, che sono in grado di raddoppiare la massima elevazione delle maree.



## 2.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

### 2.5.1 Inquadramento geologico

La piana costiera del Lido di Spina circostante il sito in esame è costituita da terreni alluvionali di natura prevalentemente sabbiosa e argillosa, derivanti da sedimentazioni legati essenzialmente alla evoluzione del sistema fluviale del fiume Po.

Sulla base della cartografia geologica disponibile consultata (Foglio n. 205 'Comacchio' alla Scala 50:000 della Carta Geologica d'Italia dell'ISPRA-SGI (2016) la formazione geologica ricoprente il settore costiero di Lido di Spina è rappresentata da depositi post-romani di spiaggia attuali e recenti

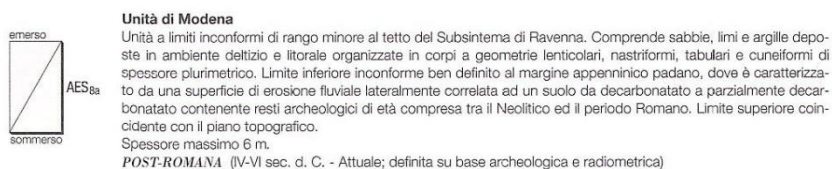
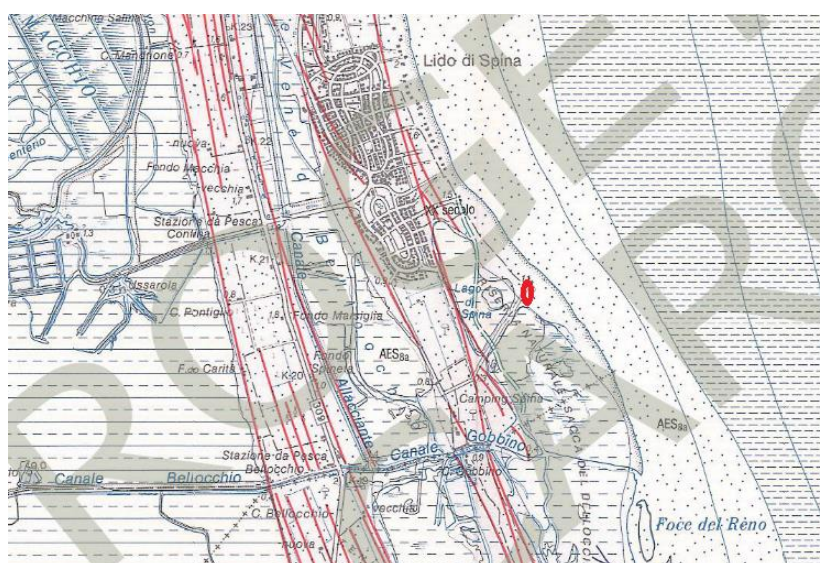


Figura 2-10 Carta Geologica dell'area vasta

Strutturalmente, la Pianura Padana rappresenta l'avanfossa delle Alpi Meridionali e dell'Appennino, delineatasi a partire dall'Oligocene, quando entrambe le catene sono diventate 'padano-vergenti'. La Pianura Padana costituisce quindi il fronte sepolto dell'Appennino: le "pieghe emiliane" distendono il proprio margine esterno lungo la direttrice di Busseto-Parma-Reggio Emilia-Modena; le "pieghe romagnole" presentano un ampio fronte esterno arcuato, che si sviluppa da Reggio Emilia a Correggio, Novi di Modena, Ficarolo, Copparo e Porto Corsini. Queste pieghe sono descrivibili come un insieme di 'thrust' Nord vergenti associati ad anticlinali talora rovesciate e sovrascorrenti le une sulle altre, ed intervallate da sinclinali.

A partire dall'Oligocene la Pianura Padana ha costituito un bacino di avanfossa fortemente subsidente, nel quale si è realizzato un ciclo di sedimentazione marina che si è concluso nel Messiniano. La successione plioquaternaria presenta carattere regressivo, con alla base sabbie e peliti torbiditiche seguite da un prisma di sedimentazione fluvio-deltizio, progradante, che presenta a tetto depositi continentali

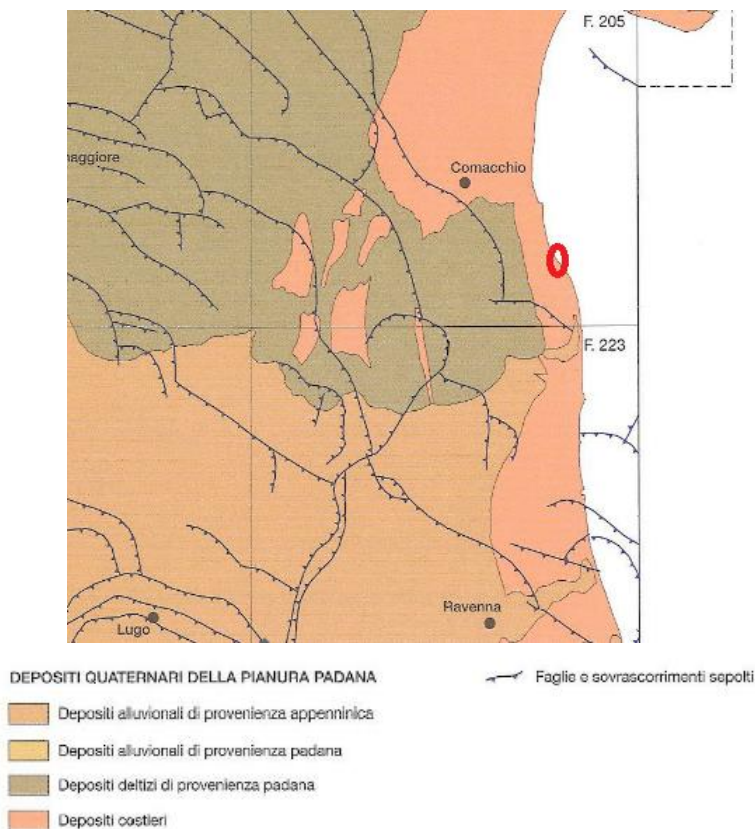


Figura 2-11 Fronte sepolto delle 'pieghe romagnole' e depositi quaternari dell'area del sito

A partire dall'ultima glaciazione, nota come glaciazione Würmiana, iniziata alla fine del Pleistocene, circa 75.000 anni fa, almeno nella fase di inizio, si è avuto un fenomeno di regressione marina, esplicabile con un arretramento della linea di riva, avvenuto a seguito dell'accumulo di potenti coltri di ghiaccio ai poli e su estese aree continentali. La regressione ha portato ad un abbassamento del livello marino di circa 100 m rispetto al livello attuale, portando ad un avanzamento della Pianura Padana ad oriente, sino ad occupare la parte settentrionale della piattaforma continentale Adriatica.

L'osservazione delle variazioni del livello marino, dalla glaciazione del Würm ad oggi, indica che a partire da circa 15.000 anni fa e su scala mondiale, conseguentemente ad un innalzamento globale della temperatura terrestre, tale livello è progressivamente salito. Lo scioglimento dei ghiacci ha determinato un fenomeno trasgressivo ('trasgressione flandriana'), esplicabile con l'avanzamento della linea di riva sulle terre emerse, che ha portato il mare a ridosso delle colline a sud di Rimini ricoprendo vaste aree depresse e subsidenti del ravennate e del Delta Padano. I sedimenti che documentano l'avvicinarsi dell'ambiente marino dopo la regressione würmiana, sono costituiti da un livello sottile di argille e limi talora torbosi, con abbondanti resti di Lamellibranchi e Gasteropodi di ambiente lagunare, ai quali si sono sovrapposti sabbie e limi sabbiosi di ambiente di spiaggia e marino - costieri.

La linea di riva si è stabilizzata circa 5.000 anni fa e circa duemila anni fa è iniziato lo spostamento verso Est degli ambienti deposizionali sopra descritti, che è continuato, anche se con alterne vicende, sino ai giorni nostri. Il graduale ritiro del mare ha favorito il formarsi di una serie di cordoni dunosi allungati parallelamente alla linea di riva di età via via più recente da Ovest verso Est.





Nella zona retrostante alla fascia di cordoni dunosi interessata dai sedimenti lagunari, e sopra i cordoni stessi, si sono invece depositati sedimenti torbosi e argillosi di ambiente fluvio-lacustre.

### 2.5.2 Inquadramento geologico

Dal punto di vista geomorfologico, l'area circostante il sito è rappresentata dalla piana costiera delle "Valli di Comacchio", caratterizzata da specchi lagunari, paludi, fasce di spiaggia ricoperte da arbusti e dalle tracce di allineamenti di paleodune, più antiche e interne, in massima parte distrutte dagli insediamenti antropici e stazioni balneari, e di dune recenti prossime al mare.

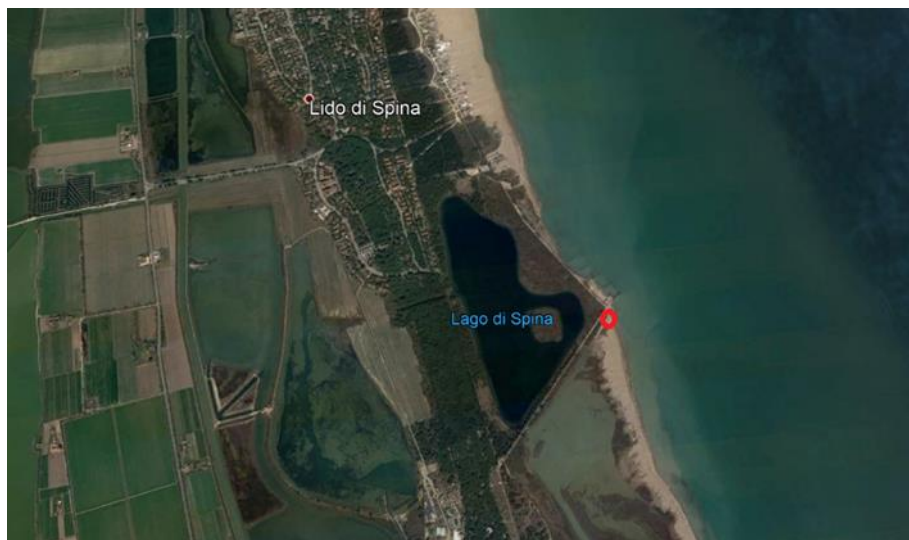


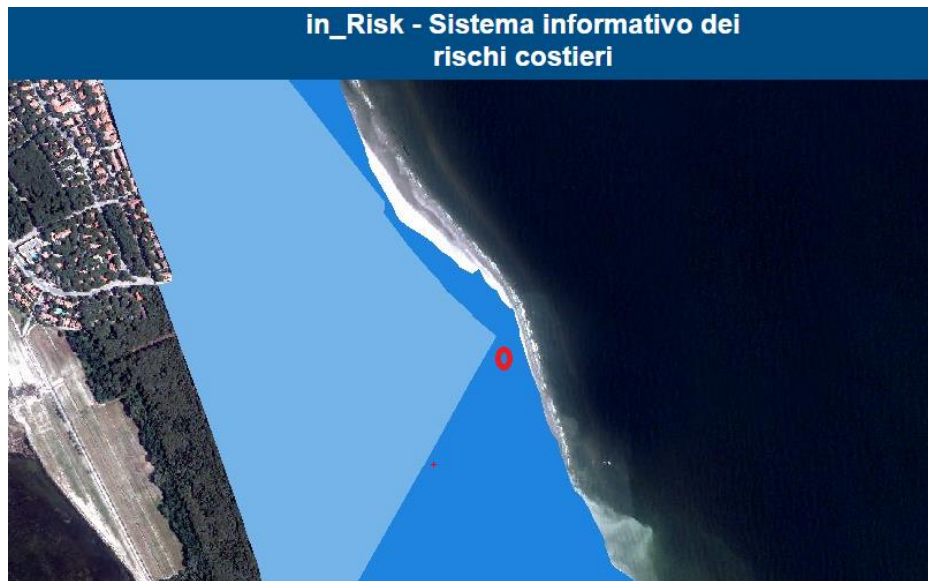
Figura 2-12 Panoramica geomorfologica e idrografica dell'area del sito

Il sito è localizzato sulla spiaggia del lembo di terra, largo circa 100m, interposto tra lo specchio d'acqua del 'Lago di Spina' ed il mare.

Idrograficamente la spiaggia del sito è praticamente circondata da specchi d'acqua: il 'lago di Spina' esteso circa 20 ettari ad ovest, la laguna dello sbocco a mare del canale di Bellocchio a Sud-Ovest, esteso circa 9 ettari, ed il mare Adriatico ad Est. Il corso idrico più vicino al sito (circa 100 m a Sud-Ovest) è il sopracitato canale di Bellocchio che mette in comunicazione le lagune delle Valli di Comacchio con il mare.

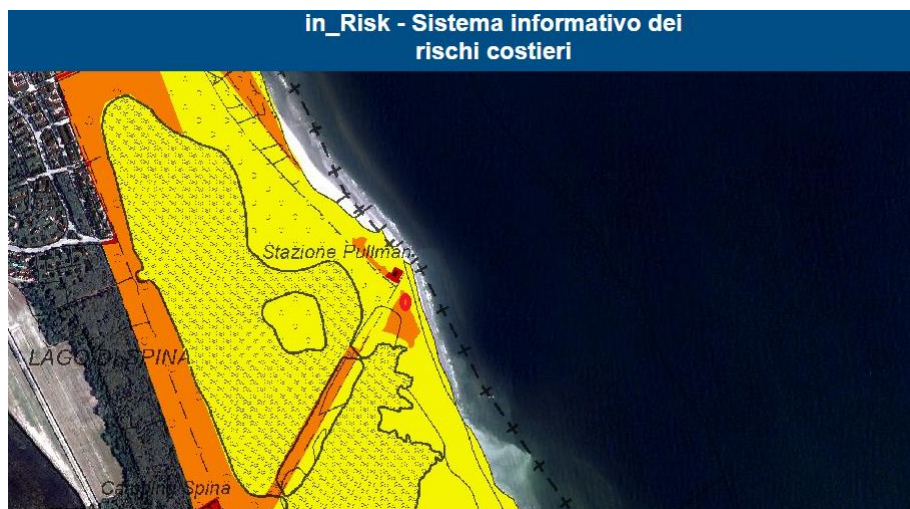
Riguardo l'evoluzione generale della linea di riva, negli ultimi anni nella zona litorale tra Lido di Spina Sud fino alla foce del Canale Logonovo a Nord (canale che divide Lido di Spina con Lido degli Estensi), si è avuto un arretramento per il diminuito apporto solido del F. Reno posto circa 4.5 km a sud, che ha costretto negli ultimi anni l'impianto di opere di difesa della spiaggia. Al contrario le zone litoranee poste più a nord (Lido degli Estensi) si è avuto un'avanzamento della linea di riva, dovuto principalmente alla realizzazione dei moli di Porto Garibaldi, che ha portato l'ampiezza della spiaggia fino a 400m in corrispondenza del Porto Canale Garibaldi.

Per quanto riguarda le condizioni di pericolosità delle mareggiate, la Regione Emilia Romagna ha censito e classificati gli elementi a diversa pericolosità di inondazione esposti delle coste dell'Emilia Romagna secondo le indicazioni della Direttiva 2007/60/CE. Per rispondere al D.Lgs. 49/2010, è stata quindi combinata la pericolosità di allagamento (Figura 2.4) con la vulnerabilità degli elementi costieri ai fenomeni alluvionali dedotta dall'analisi dell'uso del suolo. Il territorio è stato quindi classificato in 4 classi di rischio di inondazione, R1 (moderato o nullo), R2 (medio), R3 (elevato), R4 (molto elevato), ai sensi del D.P.C.M. 29 settembre 1998 (Figura 2.5) (In\_risk Regione Emilia Romagna, 2015). Il sito in esame ricade nella classe di rischio medio R2.



■ Alluvioni frequenti (H-P3)    ■ Alluvioni poco frequenti (H-P2)    ■ Alluvioni rare (H-P3)

Figura 2-13 Pericolosità allagamento dell' area del sito



■ R1 Rischio moderato o nullo    ■ R2 Rischio medio    ■ R3 Rischio elevato

Figura 2-14 Rischio inondazione dell'area del sito

Un fenomeno geomorfologico che caratterizza l'area circostante il sito di progetto è il graduale impercettibile abbassamento di quota del suolo per subsidenza naturale e antropica. La subsidenza naturale è legata al compattamento dei sedimenti, dovuto al carico isostatico dei sedimenti stessi che determina l'allontanamento dei fluidi naturalmente compresi nei pori dei sedimenti e quindi uno schiacciamento dei pori stessi. Alla subsidenza di tipo naturale si accompagna la subsidenza "antropica", cioè generata da attività umane che possono accelerare il processo naturalmente in atto. Fra queste il prelievo di idrocarburi o di acqua dal sottosuolo, o le bonifiche. La subsidenza varia nell'area costiera regionale fra 0,5 e 3 cm/anno in relazione allo spessore di sedimenti geologicamenterecenti. Nella zona dell'area di progetto (scheda 98 Lido di Spina Sud de 'Nuovi Strumenti per la Gestione del Litorale in Emilia Romagna [ARPAE, 2012]), dai dati della subsidenza rilevati tra gli anni 1999 e 2012, si è valutato una riduzione di tasso di subsidenza da 0,65 cm a 0,3 cm l'anno.

## 2.6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 2.6.1 Sintesi delle indagini geotecniche

La caratterizzazione geotecnica e sismica è basata sulle risultanze della campagna di indagini eseguita nel 2019 da Te.Ma, costituita dalle indagini di seguito riepilogate.

Le indagini sono state eseguite tra il 15 ed il 30 marzo 2019 ed hanno compreso le seguenti attività:

- N.1 PROVA PENETROMETRICA statica di profondità pari a 15 m secondo le seguenti caratteristiche:  
Esecuzione di prova CPTU con penetrometro superpesante, fino a circa 15 m da p.c;  
Restituzione dei dati in formato .xls di resistenza alla punta  $Q_c$ , attrito laterale  $f_s$ , sovrappressione  $U_2$ , velocità d'avanzamento, angolo d'infissione, caratteristiche della punta.
- N.1 SONDAGGIO a carotaggio continuo secondo le seguenti caratteristiche:  
profondità pari a 16 m dal piano campagna, con recupero del carotaggio in cassette catalogatrici;  
esecuzione di prova SPT ogni 1,5 m ovvero pari a n.10 prove SPT;  
prelievo di campioni n. 4 campioni indisturbati da campionatore Osterberg e n. 3 campioni disturbati da campionatore Raymond ;  
redazione di stratigrafia in accordo alle prescrizioni AGI e report fotografico.
- ACQUISIZIONE DI N. 1 STENDIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE in onde di compressione (P) con elaborazione dei dati mediante inversione tomografica dei valori di velocità  $V_p$ . Lo stendimento, denominato LS1, è composto da 31 geofoni a interdistanza 5 m per una lunghezza totale di 150 m.
- N.9 PROVE DI LABORATORIO secondo le seguenti caratteristiche:  
N.7 analisi granulometriche di tipo meccanico per setacciatura con un massimo di 10 vagli ed analisi granulometriche per sedimentazione con il metodo del densimetro;  
N.4 prove di taglio diretto CD da campioni indisturbati, eseguito su tre provini, compreso descrizione, umidità e densità naturale.

Si riportadi seguito la planimetria indagini per l'area oggetto di studio.

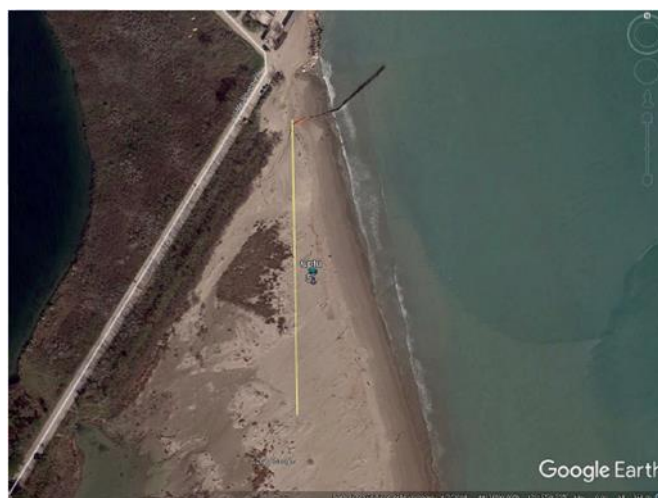


Figura 2-15 Area sito e ubicazione indagini: CPTU, sondaggio S1 e profilo sismica a rifrazione(linea gialla)

## 2.6.2 Inquadramento stratigrafico dell'area

I risultati dell'indagine definiscono una sequenza alluvionale fino alla profondità di circa 35m costituita da spessi strati sabbiosi piano paralleli intervallati da orizzonti limo-argillosi. Dalla sezione delle velocità delle onde sismiche  $V_p$  (Figura 4.2) ottenuta dall'indagine di sismica a rifrazione risulterebbe che alla profondità di circa 25m le sabbie passerebbero da poco-mediamente addensate ( $V_p < 1800$  km/s) a molto addensate.

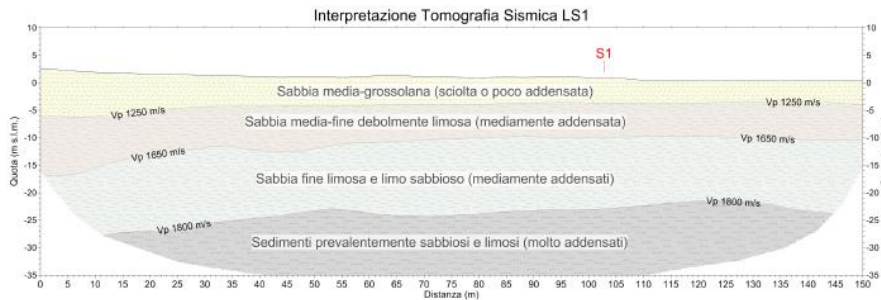


Figura 2-16 Sezione sismica a rifrazione

In particolare, dalle risultanze delle diverse prove in situ (sondaggio, prova CPTU, prova di sismica a rifrazione) e dalle prove di laboratorio può essere derivato il seguente schema stratigrafico:

- da 0 a 2.2m (spessore 2.2 metri): sabbia da medio a grossa sciolta, localmente limosa con bioclasti, grigio-grigio nocciola (con intervallo di 20 cm tra 1 e 1.2m di limo argilloso, debolmente sabbioso, grigio verdastro); Nspt=6;  $V_p$  medio 800 m/s;
- da 2.2m a 3.1m (spessore 90 centimetri): limo sabbioso, localmente argilloso, poco addensato, grigio scuro; Nspt=3;  $V_p$  medio 800 m/s;
- da 3.1m a 9.6m (spessore 6.5 metri): sabbia medio fine, debolmente limosa, poco addensata, grigio-marrone con rari bioclasti (con intervallo di 15cm da 9.45 a 9.6 di sabbia grossa limosa); Nspt medio=10; angolo di resistenza al taglio  $\phi'$  pari a 27°;  $V_p$  medio 1200 m/s;
- da 9.6m a a 10.6m (spessore 1 metro): limo argilloso, localmente sabbioso, grigio scuro;
- da 10.6m a 11.3m (spessore 70 centimetri): sabbia medio fine, debolmente, da poco a mediamente addensata, grigio-marrone con rari bioclasti; angolo di resistenza al taglio  $\phi'$  pari a 33°; Nspt=12;
- da 11.3m a 11.6m (spessore 30 centimetri): limo sabbioso grigio-verdastro;
- da 11.6m a 13.4m (spessore 2.8 metri): sabbia fine mediamente addensata con limo grigio verdastra con alcuni bioclasti; angolo di resistenza al taglio  $\phi'$  pari a 33°; Nspt=10;  $V_p$  pari a 1600 m/s;
- da 13.4m a 15.9m (spessore 2.5metri): limo debolmente sabbioso grigio scuro con rari bioclasti intervallati da lenti decimetriche di sabbia fine debolmente limosa (con intervallo di 20 cm tra 14.2 e 14.5m sabbia limosa); Nspt=4;  $V_p$  pari a 1700 m/s.

Dalle prove, il livello di acqua sotterranea nel sottosuolo risulta ad una profondità di circa 1 metro. Data la posizione del sondaggio in prossimità della riva del mare, si presume si tratti di acqua sotterranea salata o salmastra appartenente al cuneo salino del mare.

Dal punto di vista geotecnica, l'alternanza di strati costituiti da sabbie limose e limi sabbiosi può essere ricondotta a una unica unità stratigrafica, denominata Unità geotecnica A: sabbie fini limose e limi sabbiosi, caratterizzati da un peso di volume medio di 17 kN/m<sup>3</sup> e da un numero di colpi medio da prova SPT di 8.

Per la classificazione dei suoli in relazione all'azione sismica, la normativa nazionale vigente delle norme tecniche di costruzione NTC18, fa riferimento al valore di 'Velocità S equivalente' derivato da valori della velocità di propagazione delle onde  $V_s$  misurati nei primi 30m attraverso specifiche prove (down-hole in foro, MASW, etc.).



Nel caso dell'area in esame, non è stata fatta una prova per la misura diretta delle  $V_s$  fino a 30m. Sono solo derivati valori di  $V_s$  attraverso la prova CPTU condotta fino solo a 15m di profondità e sono stati analizzati i valori di  $v_p$  ricavati dall'analisi sismica a rifrazione.

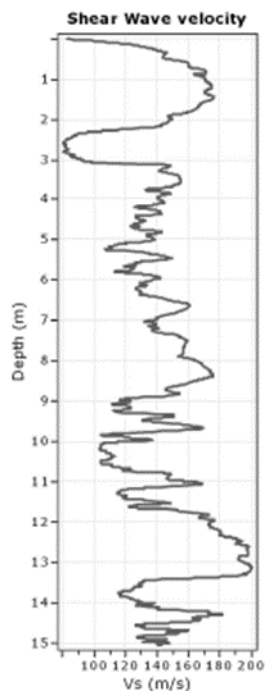


Figura 15 Valori  $V_s$  derivati da prova CPTU

In particolare, la prova CPTU ha fornito valori di  $v_s$  pari a circa 150 m/s, mentre la analisi sismica a rifrazione conduce a valori di  $v_s$  leggermente superiori. In aggiunta ai dati sopra considerati, con riferimento ai contenuti della precedente normativa tecnica delle costruzioni, le NTC2008, per la determinazione della categorie di riferimento del suolo poteva essere fatto riferimento anche ai valori delle  $N_{spt30}$  per i terreni a grana grossa derivato dai valori delle NSPT nei primi 30m, come riportato in Figura 2-17.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento</i> (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Figura 2-17 Classificazione dei suoli NTC 2008

Anche in questo caso tuttavia il sondaggio S1 con prove SPT è stato avanzato solo fino alla profondità di 16m.

Nonostante la mancanza di misure dirette e valide alla classificazione dei suoli secondo la normativa, sulla base dei dati a disposizione, ovvero:

- le caratteristiche litologiche granulari mediamente addensate derivate dalla stratigrafia del sondaggio e dalla sezione simica a rifrazione fino a 30m (Figura 4.1)
- le velocità derivate  $V_s$  dalla prova CPTU (Figura 4.2);
- i valori minori delle prove  $N_{spt}$  fino alla profondità di 15m di profondità, caratterizzate da un numero di colpi massimo pari a 12 su 30 cm;

è stato possibile determinare che i terreni del sottosuolo dell'area in esame possono essere associabili alla Categoria D di terreni: 'Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente  $V_s$  minori di 180 m/s (ovvero  $N_{spt}, 30 < 15$ ) nei terreni a grana grossa'.

## 2.7 CARATTERIZZAZIONE TETTONICA SISMICA

### 2.7.1 Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci

Dal catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.2.0; <http://diss.rm.ingv.it/diss/> dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (2018), l'area di studio non ricade all'interno di strutture sismogenetiche singole (ISS) o composite (CSS). In base alla mappa di inquadramento sotto riportata Figura 2-18 la struttura sismogenetica più vicina dista circa 8 chilometri, rappresentata dalla CSS classificata come ITCS012 "Malalbergo-Ravenna", stimata per magnitudo massima MW pari a 6.0.

Questa struttura composta interessa la bassa valle del Reno e appartiene al fronte di spinta dell'Arco di Ferrara. Questo sistema di faglie rappresenta l'arco esterno sepolto vergente verso Nord-Nord-Est della catena dell'Appennino Settentrionale segnando difatti il limite verso nord-est della spinta più avanzata con un potenziale sismogenico dannoso dell'Appennino.

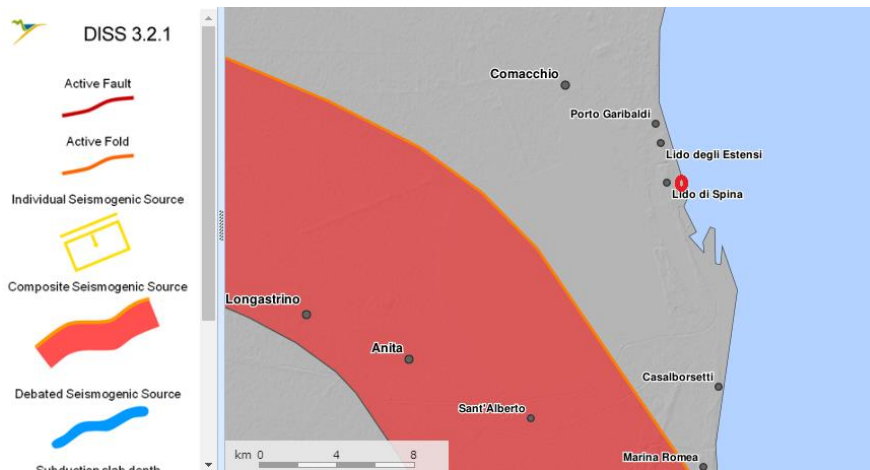


Figura 2-18 Mappa delle sorgenti sismogenetiche nell'area circostante il sito (Diss Working Group, 2018)

L'elenco delle faglie capaci del catalogo del Progetto Ithaca in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/soilo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) (2016) non riporta faglie capaci in prossimità dell'area di progetto (Figura 3.2). Come 'faglia capace' si indica il caso di faglia in grado di dislocare e/o deformare la superficie topografica, in occasione di eventi sismici di magnitudo, in genere, medio-elevata. Le faglie capaci più vicine sono localizzate a circa 3 km dal sito rispettivamente: ad ovest la faglia inversa 'Porto Garibaldi-Ravenna' a direzione parallela alla costa del Pleistocene medio, a Sud la faglia inversa 'Foce del Reno-Ravenna' a direzione Ovest- Est Sud Est anch'essa del Pleistocene medio.

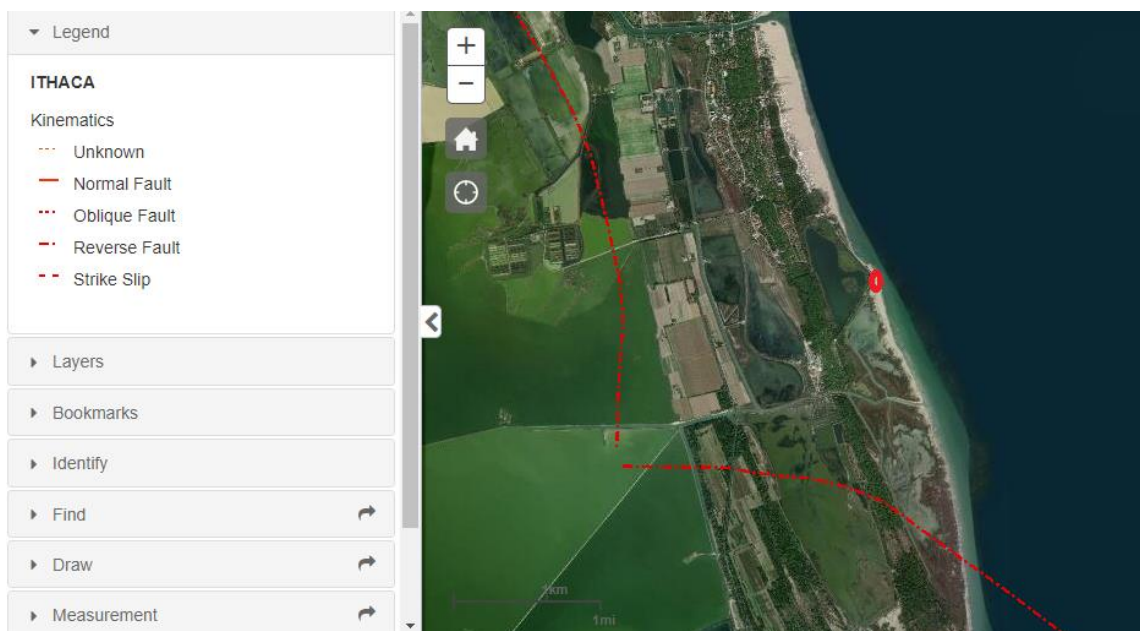


Figura 2-19 Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante il sito (SGI - ISPRA, 2018)

## 2.7.2 Sismicità

La mappa della sismicità dei terremoti registrati strumentalmente dal 1985 estratta dal Catalogo INGV 'Iside' ("Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE") (2016) (Figura 3.3) non evidenzia una particolare sismicità nell'area circostante Lido di Spina. I terremoti registrati di magnitudo  $M_w$  maggiore di 4 più prossimi all'area di progetto risultano i due sisma nella zona tra Argenta-Longastrino del 20 Febbraio 1956

di Magnitudo Mw 4.96 e del 30 Dicembre 1967 di Magnitudo Mw 5.06 distanti entrambi circa 20km dal sito.

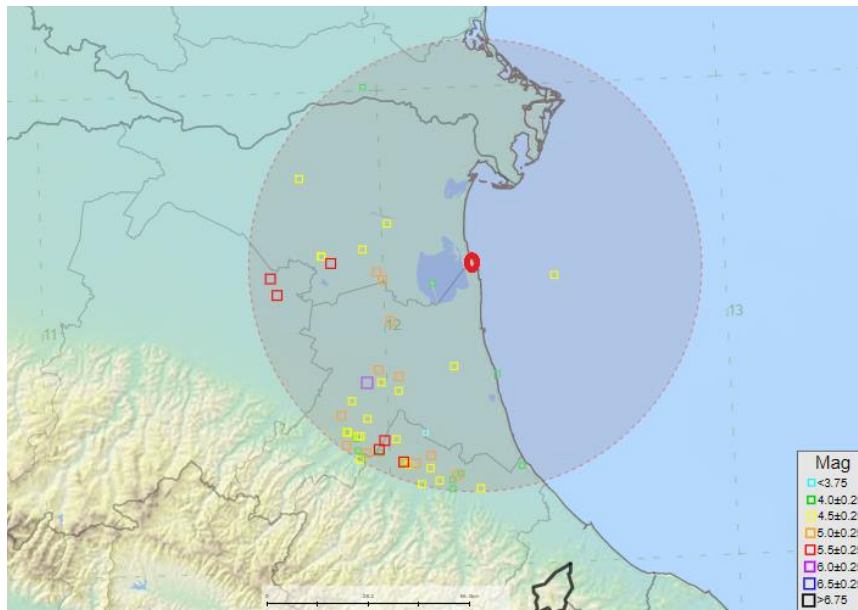


Figura 2-20 Magnitudo dei terremoti in un raggio pari a 50 km dal sito di Lido di Spina (estratti dal database Iside (INGV))

La figura seguente Figura 2-21 riporta la sismicità in un cerchio di 40 km di raggio da Lido di Spina dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI15) in termini di intensità massima risentita (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>). Il CPTI15 (INGV, 2015) fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima risentita ( $I_{max}$ )  $\geq 5$  o magnitudo momento ( $M_w$ )  $\geq 4.0$  d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

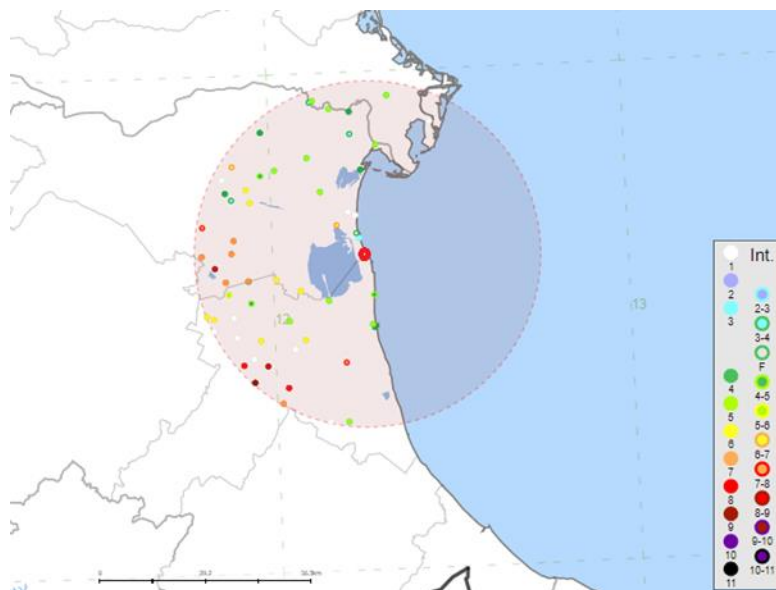


Figura 2-21 Intensità massima risentita dei terremoti in un raggio pari a 40 km da Lido di Spina, estratti dal CPTI15

Come riferimento di intensità massima ( $I_{max}$ ) di risentimento per Lido di Spina può essere considerato il valore pari a 3 valutato dall'INGV per





l'adiacente Lido degli Estenti con riferimento alle intensità dei due terremoti riportati nella lista sottostante Figura 2-22.

### Lido degli Estenti



PlaceID	IT_40478
Coordinate (lat, lon)	44.667, 12.246
Comune (ISTAT 2015)	Comacchio
Provincia	Ferrara
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	2

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	<a href="#">1986</a>	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
3	<a href="#">2005</a>	07	15	15	17	1	Forlivese	173	4-5	4.29

Figura 2-22 Intensità massime dei terremoti risentiti a Lido degli Estenti presso il sito, estratte dal CPTI15

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto di Lido di Spina, sulla base dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale n. 1435 del 21 Luglio 2003 e successivamente con la n.1164 del 23 luglio 2018, ricade in una zona considerata a pericolosità sismica bassa, soggetta a scuotimenti modesti.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni. Il comune di Comacchio, a cui appartiene il Lido di Spina è classificato come Zona 3 che indica un valore di  $a_g$  compreso tra 0.15 e 0.25.

Dalla carta nazionale dell'INGV (2008) che mostra graficamente per tutta l'Italia i valori di accelerazione ( $a_g$ ) espressi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti al substrato rigido caratterizzato da  $V_s > 800 \text{ m/s}$  (Figura 3.6) per l'area in esame risultano valori di  $a_g$  compresi tra  $0.075 < a_g \leq 0.100$  associabili all'intervallo definito per la Zona Sismica 3 ( $0.05 < a_g \leq 0.15$ ).

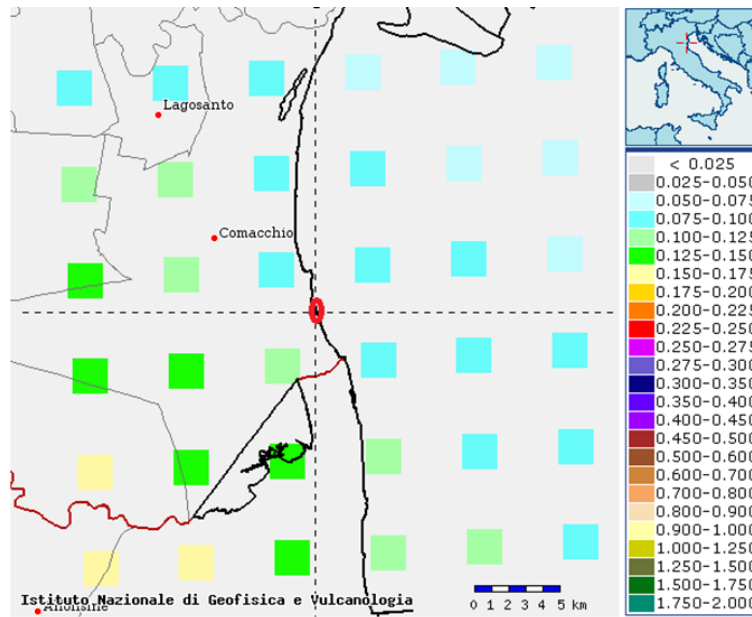


Figura 2-23 Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (da INGV) nell'area del sito

Infine, da studi svolti riguardo la pericolosità di liquefazione nella costa emiliano-romagnola (Francorusso, 2012), i terreni alluvionali che ricoprono l'area costiera del Lido di Spina per la composizione litologica prevalentemente sabbiosa argillosa non risultano soggetti al fenomeno della liquefazione. Figura 2-24

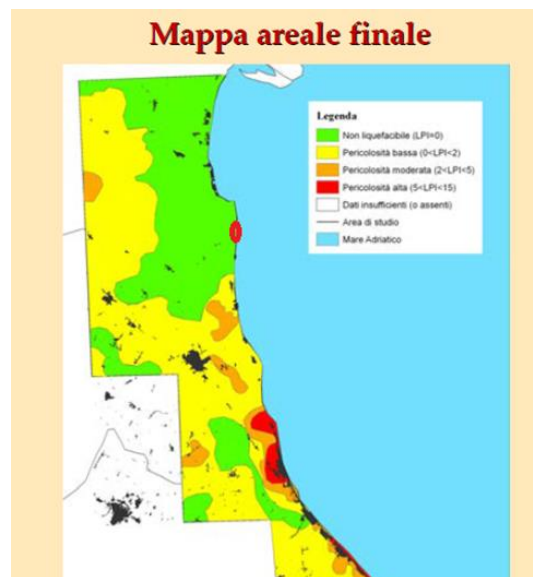


Figura 2-24 Mappa della pericolosità alla liquefazione dell'area del sito





## 3 CRITERI DI PROGETTO

### 3.1 Criteri ambientali

Arpae-SIMC dispone agli atti la nota del Servizio Valutazione Impatto e Promozione Sostenibilità Ambientale della Regione Emilia-Romagna in data 19/08/2019, prot. n. PG/2019/128600, in cui l'intervento di ripristino della duna è definito di limitata dimensione, sono esclusi potenziali impatti ambientali significativi e negativi, e in cui si attesta che l'intervento non necessita di essere sottoposto a verifica di assoggettabilità a VIA e che occorre tuttavia presentare la VINCA all'autorità Ente Parco competente. Come anticipato nel precedente paragrafo 2.2.8, in base a quanto riportato nella DGR 1191/2007 e alle disposizioni della DGR n. 79/2018 e s.m.i., contestualmente alla redazione del presente Progetto definitivo è stato predisposto l'elaborato "Valutazione d'incidenza" relativo al Livello 1 – Fase di pre-valutazione, contenente una relazione ed il Modulo A1 (DGR 1191/2007).

### 3.2 Criteri statico-funzionali

La realizzazione della nuova opera si propone di assolvere ai seguenti obiettivi tecnico funzionali:

- ripristino della morfologia dunale presente nel sito fino a 20 anni fa e che oggi risulta in gran parte smantellata a seguito di fenomeni erosivi
- conseguente riduzione dell'erosione delle aree poste a tergo della duna
- difesa dall'erosione della porzione di vegetazione esistente posta immediatamente a tergo della spiaggia, sulla duna naturale residuale.

La duna artificiale dovrà pertanto essere posizionata in adiacenza alle zone da proteggere sul lato mare, e il rilevato dovrà essere ricoperto da vegetazione, avente la duplice funzione di rinforzare e proteggere dall'erosione il rilevato stesso, e di limitare il trasporto di sabbia, proveniente dalla spiaggia e dal rilevato stesso, verso le aree vegetate retrostanti. Tale necessità deve tuttavia essere compatibile anche con la distanza del rilevato dalla linea di costa. La duna non può infatti essere realizzata troppo vicina alla linea di costa, per non rischiare l'erosione del rilevato in tempi troppo brevi, ma deve essere posizionata a una distanza tale da essere raggiunta dal moto ondoso solamente in occasione di mareggiate significative. Per quanto riguarda il tratto terminale della duna, al fine di non lasciare eccessivamente esposta all'erosione la porzione terminale di rilevato e per garantire una migliore protezione delle aree vegetate retrostanti, è stato scelto di chiudere il rilevato di progetto con un arco rivolto verso terra.

A ulteriore protezione delle aree vegetate poste immediatamente a monte della duna, è stata prevista la realizzazione di due palizzate, eseguite con gli stessi criteri utilizzati per realizzare la palizzata frontale lato mare della duna, descritti di seguito. Una palizzata è disposta sul lato nord, in posizione ortogonale alla duna stessa, a protezione della vegetazione lungo il lato in cui lato mare è presente il materiale di riempimento utilizzato dalla Protezione Civile per le attività di ripascimento. L'altra palizzata è disposta lungo il lato sud, a delimitazione del canale naturale con funzione protettiva per la vegetazione esistente.

### 3.3 Criteri meteomarini

La valutazione delle azioni di natura meteomarina è congruente agli scenari di danneggiamento definiti al paragrafo 3.4:



- Scenario di danneggiamento incipiente
- Scenario di danneggiamento limite
- Scenario di danneggiamento corrente

Le azioni meteo-marine associate agli scenari di danneggiamento di cui sopra saranno definite attraverso uno studio di modellazione numerica. Nello specifico, lo studio ha lo scopo di valutare la forza che l'azione ondosa imprime sulla superficie della duna sottoposta alle condizioni ondose dei tre scenari di danneggiamento e sarà eseguito seguendo l'approccio Computational Fluid Dynamics (CFD).

Lo studio avviene selezionando un dominio di calcolo bidimensionale, che comprende la sezione di mare che va dalla costa fino a una certa distanza da essa. In Figura 3-1 figura è mostrato un esempio della sezione bidimensionale del dominio di calcolo.

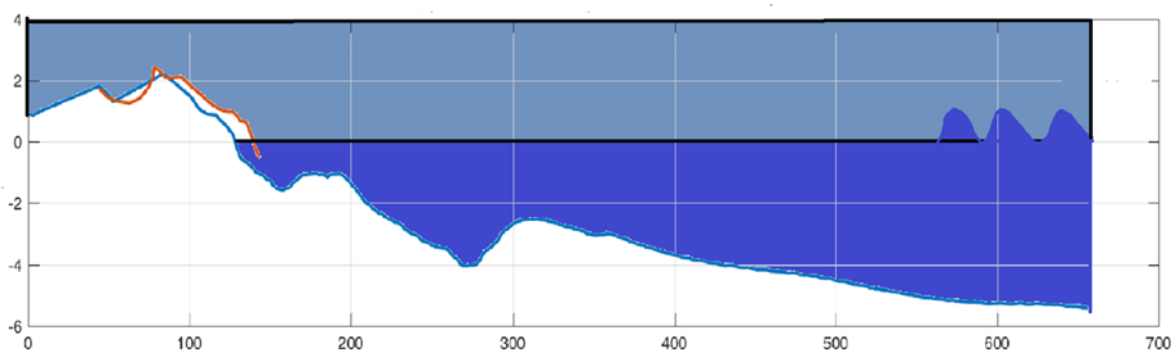


Figura 3-1 Esempio di impostazione di sezione bidimensionale del dominio di calcolo

Nella sezione di destra viene imposta la condizione al contorno, ovvero l'onda, come mostrato indicativamente in figura. L'onda si propaga quindi verso la costa fino a raggiungere la riva e la duna. Dall'impatto dell'onda sulla superficie della duna è possibile calcolare la forza (o la pressione) locale agente sulla superficie. Al variare della condizione al contorno si ottiene una mappa delle forze agenti sulla duna in funzione dell'evento idro-meteorologico.

Il codice di calcolo utilizzato è open-source (OpenFOAM), in particolare si utilizza per il modello bifase acqua-aria l'approccio Volume of Fluid (VOF) e per la generazione del dominio di calcolo si utilizza il codice blockMesh o snappy-hexmesh (OpenFOAM).

Lo studio prevede una modellazione bidimensionale, come mostrato in figura, che può essere estesa ad un calcolo 3D se la capacità computazionale lo consente, in termini di numero di elementi richiesti e tempi di calcolo conseguenti.

Le condizioni al contorno per il modello OpenFOAM vengono fornite dal modello morfodinamico costiero XBeach. Tale modello è in grado di simulare la propagazione delle onde da largo a riva e i cambiamenti morfologici dell'area costiera durante gli eventi di mareggiata. Le simulazioni di XBeach vengono eseguite in modalità monodimensionale lungo il profilo di spiaggia intersecante la sezione della duna con estensione fino alla profondità di circa -8 m. Il modello forzato con le condizioni di onde e livelli associate ai tempi di ritorno, definiti per ogni scenario di danneggiamento, produce le condizioni al contorno per il modello locale OpenFOAM.

La definizione delle condizioni meteo-marine associate agli scenari con tempo di ritorno di 2, 10 e 25 anni derivano dall'analisi delle serie storiche dei dati osservati dalla Boa Nausicaa, posta al largo di Cesenatico e dal mareografo di Porto Garibaldi.



Vista la complessità del processo sopra illustrato e la necessità di lavorare sulla configurazione finale di rilievo e di progetto, oltre alla effettiva utilità per verifiche di dettaglio, si rimanda al progetto esecutivo il completamento dell'analisi.

### 3.4 Vita utile e tempo di ritorno

Il periodo di ritorno dell'onda di progetto è stato definito in conformità alle Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996). Il periodo di ritorno dipende dalla vita tecnica dell'opera e dalla massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera. La durata minima di vita per le opere è definita nella Tabella 3-1.

Tabella 3-1 Durata minima di vita per opere o strutture di carattere definitivo  $T_v$ .

Tipologia opera	Livello di sicurezza richiesto		
	1	2	3
	Vita di progetto $T_v$ (anni)		
Infrastrutture di uso generale	25	50	100
Infrastrutture ad uso specifico	15	25	50

Per infrastrutture di uso generale si intendono opere di difesa di complessi civili o industriali, che non siano destinati ad uno specifico scopo e per i quali non è chiaramente identificabile il termine della vita funzionale dell'opera. Per infrastrutture ad uso specifico si intendono le opere di difesa di singole installazioni industriali, di porti industriali, di depositi o piattaforme di carico e scarico, di piattaforme petrolifere, ecc.

Il livello di sicurezza 1 si riferisce ad opere o installazioni di interesse locale ed ausiliario, comportanti un rischio minimo di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso della stessa (difese costiere, opere in porti minori o marina, scarichi a mare, strade litoranee ecc.). Il livello di sicurezza 2 si riferisce ad opere e installazioni di interesse generale, comportanti un moderato rischio di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso dell'opera (opere di grandi porti, scarichi a mare di grandi città, ecc.). Il livello di sicurezza 3 si riferisce ad opere o installazioni per la protezione dall'inondazione o di interesse sopranazionale, comportanti un elevato rischio di perdita di vite umane o di danno ambientale in caso di collasso della stessa (difese di centri urbani o industriali, ecc.).

Per quanto riguarda la probabilità di occorrenza delle condizioni meteomarine di progetto, si assumeranno le probabilità corrispondenti al danneggiamento incipiente o alla distruzione totale in relazione alle deformazioni-modificazioni subite dall'opera in caso di danneggiamento ed alla difficoltà di riparare il danno subito (vedi Tabella 3-2).

Per rischio limitato per la vita umana si intendono i casi in cui a seguito del danneggiamento non è prevista alcuna perdita di vite umane. Quando queste perdite sono preventivabili, il rischio è elevato. Per ripercussione economica bassa, media e alta s'intendono casi in cui il rapporto fra i costi diretti del danneggiamento, sommati a quelli indiretti dovuti alla perdita di funzionalità delle opere protette e, il costo totale per la realizzazione dell'opera è minore di 5, è compreso fra 5 e 20 o è maggiore di 20.

Tabella 3-2 Massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera Pf.

Danneggiamento incipiente		
Ripercussione economica	Rischio per la vita umana	
	Limitato	Elevato
Bassa	0.50	0.30
Media	0.30	0.20
Alta	0.25	0.15
Distruzione totale		
Ripercussione economica	Rischio per la vita umana	
	Limitato	Elevato
Bassa	0.20	0.15
Media	0.15	0.10
Alta	0.10	0.05

Relativamente alle azioni di natura meteomarina sono assunti 3 scenari di riferimento:

- Scenario di danneggiamento incipiente
- Scenario di danneggiamento limite
- Scenario di danneggiamento corrente

Lo scenario di danneggiamento limite è quello in cui si considera che l'opera perda la sua funzionalità ed arrivi a collasso totale o comunque di parti significative che ne pregiudichino completamente la funzionalità.

Con riferimento alle indicazioni del Consiglio Superiore del Ministero dei Lavori Pubblici la duna è assimilabile ad un'opera infrastrutturale ad uso specifico con livello di sicurezza 1 (rischio minimo di perdita di vite umane e di danno ambientale in caso di collasso) a cui corrisponde una vita utile di progetto ( $T_v$ ) pari a 15 anni.

Nel caso di scenario di danno incipiente assumendo un rischio limitato di perdita della vita umana e una ripercussione economica bassa si avrebbe una massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera ( $P_f$ ) pari a 0,5.

La combinazione del tempo di vita dell'opera  $T_v$  e della probabilità di danneggiamento  $P_f$  determina il tempo di ritorno dell'evento di progetto  $T_{rp}$ :

$$T_{rp} = \frac{T_v}{[-\ln(1 - P_f)]}$$

che porta a un  $T_{rp}$  pari a 21,6 anni.

Lo scenario di danneggiamento limite è quello in cui si considera che l'opera subisca danneggiamenti importanti che comunque non ne



compromettano complessivamente la funzionalità e che siano riparabili attraverso interventi di manutenzione straordinaria. Sempre con la relazione precedente, ipotizzando una vita di progetto per danneggiamento limite di 5 anni si ottiene un  $T_{rp}$  pari a 7,2 anni.

Lo scenario di danneggiamento corrente è quello in cui si considera che l'opera subisca danneggiamenti limitati, principalmente concentrati sulla parte di ricoprimento e che siano riparabili attraverso interventi di manutenzione ordinaria alla fine della stagione invernale. Sempre con la relazione precedente, ipotizzando una vita di progetto per danneggiamento corrente di 1 anno si ottiene un  $T_{rp}$  pari a 1,4 anni.

In definitiva, per il dimensionamento dell'operaa progetto, si considerano condizioni meteomarine (ed in particolare un'onda significativa) riportate in Tabella 3-3.

Tabella 3-3 Tempo di ritorno dell'evento di progetto  $T_{rp}$ .

Tipo di danno	$T_v$ [anni]	$P_f$ [m]	$T_{rp}$ adottato [anni]
Danneggiamento incipiente	15	0.50	<b>25</b>
Danneggiamento limite	5	0.50	<b>10</b>
Danneggiamento corrente	1	0.50	<b>2</b>







## 4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

La realizzazione della nuova opera si propone di assolvere ai seguenti obiettivi tecnico funzionali.

Come già indicato in introduzione il Progetto OPERANDUM presso il Sito Pilota di Lido di Spina (Comune di Comacchio) consiste nello sviluppo e il ripristino di una duna di sabbia finalizzata alla difesa dall'ingressione marina e limitazione dell'erosione delle dune costiere. La duna sabbiosa sarà consolidata con opere di ingegneria naturalistica utilizzando materiale naturale e biodegradabile

La duna adotterà due tipi di soluzioni strutturali:

- la Soluzione 1, di carattere più marcatamente innovativo costituita da sacchi in fibra naturale accoppiati, per la parte principale della struttura, ad un sistema di chiusura a cerniera che consente l'accoppiamento di più moduli singoli di sacco che favoriscono le attività di manutenzione;
- la Soluzione 2 di impostazione più tradizionale prevede l'impiego di una tecnica realizzativa denominata "terre rinforzate", mantenendo comunque una componente innovativa legata all'impiego di teli in fibra naturale come elemento di rinforzo.

Inoltre, per non lasciare eccessivamente esposti all'erosione sia il fronte lato mare che le porzioni terminali dell'opera, è stato scelto di rinforzare la protezione al piede con una struttura costituita da fascine di legna estesa oltre i punti terminali dell'opera, al fine di garantire una migliore protezione delle aree vegetate.

Si prevede l'installazione di una fascinata lato sud, che si estende in direzione sud-ovest a partire dal fronte mare dell'opera di protezione al piede. Lungo il lato nord della duna si prevede l'installazione di una fascinata, che si estende in direzione nord-ovest a partire dal lato interno dell'opera di protezione al piede.

Si considera inoltre la possibile presenza, immediatamente a monte rispetto alla duna, di un rilevato esistente a servizio della protezione Civile, le cui caratteristiche geometriche sono tuttavia variabili nel tempo in funzione delle effettive esigenze in termini di materiali di riempimento da parte della Protezione Civile; per questa ragione si prevede in questa fase l'inserimento di una fascinata di protezione di tale rilevato, costituita da una estensione verso nord dell'opera di protezione al piede lato mare; l'effettiva necessità di realizzazione di tale fascinata potrà però essere valutata solamente a monte della fase esecutiva, in funzione delle effettive condizioni del rilevato utilizzato dalla Protezione Civile.

La duna sarà ricoperta utilizzando due soluzioni accomunate dall'utilizzo di specie vegetali autoctone

- la Soluzione A, di carattere più marcatamente innovativo
- la Soluzione B di impostazione più tradizionale

### 4.1 Soluzioni strutturali

#### 4.1.1 Soluzione strutturale 1: sacchi tubolari in fibra naturale

La soluzione 1 è caratterizzata da un nucleo costituito da sacchi in fibra naturale accoppiati, per la parte principale della struttura, ad un sistema di chiusura a cerniera che consente l'accoppiamento di più moduli singoli di sacco che favoriscono le attività di manutenzione.

La creazione del profilo finale della duna con pendenza 1:2 sarà realizzata utilizzando tre file di sacchi: il sacco centrale, caratterizzato dall'impiego di zip chiusura a cerniera e per la connessione dei moduli che lo costituiscono, avrà dimensioni maggiori e sarà affiancato lateralmente da due sacchi di dimensioni inferiori, che saranno chiusi mediante cuciture tradizionali.

Si eseguono in prima fase le palizzate di contenimento laterale in legno di castagno (descritte nei paragrafi seguenti), che inizialmente hanno la funzione di delimitare l'area occupata dalla duna stessa, confinando i sacchi durante la fase preparatoria. La duna viene realizzata tra le due file di pali su una superficie in piano



opportunamente preparata, mediante uno scavo di altezza massima 50 cm del terreno di spiaggia esistente. Oltre alle palizzate di contenimento laterali, si inseriscono due file di pali intermedi interni al rilevato, aventi la funzione di confinare i singoli sacchi all'interno della sezione e di facilitare le operazioni di chiusura degli stessi.

Sul piano di posa dei sacchi, ad una profondità di scavo di circa 50 cm, verrà disposto un tappeto in geotessuto in fibra di cocco. A ricoprimento dei sacchi saranno posizionati appositi teli in geotessuto dotati di sensoristica in fibra ottica per il monitoraggio strutturale della duna.

I geotessuti in fibra di cocco saranno composti da tre strati: internamente biofeltro in fibra di cocco, esternamente un doppio strato di biorete in fibra di cocco ad alta grammatura (900 g/m<sup>2</sup>); il prodotto così assemblato viene denominato "biocomposito". Per semplicità esecutiva le forniture saranno pre assemblate, ovvero l'unione tra biofeltro e biorete (almeno la biorete intermedia) sarà eseguita in stabilimento. Il biofeltro svolge un'azione di trattenimento di materiale interno, mentre la biorete presenta una maggiore resistenza riducendo il rischio di rottura per pressioni interne o esterne. Nel complesso, inoltre, il materiale presenta caratteristiche filtranti che riducono il rischio di erosioni localizzate per effetto dell'azione marina, qualora presente. La biorete esterna oltre ad aumentare la resistenza complessiva, rappresenta un primo strato che proteggerà dall'usura quello sottostante. Infatti la biorete, qualora esposta al sole e in generale all'azione dell'aerosol salato, può presentare localmente un decadimento delle caratteristiche relativamente veloce.

La dimensione dei sacchi è stata studiata con il duplice intento di essere sufficientemente elevata per garantire buona resistenza alle sollecitazioni dovute all'impatto delle onde, e di permettere una migliore eseguibilità e manutenibilità, evitando di dover riempire sacchi di dimensioni troppo grandi e difficilmente manovrabili. Per questa ragione è stata scelta una lunghezza dei singoli moduli dei sacchi pari a 5 m.

I sacchi vengono riempiti manualmente a partire da un estremo del sacco, risvoltando gradualmente il sacco in fibra di cocco quando la sezione del sacco viene gradualmente riempita. Si procede quindi con la cucitura o chiusura tramite apposita cerniera del sacco nella parte riempita totalmente, mentre contestualmente si procede con il riempimento della porzione successiva del sacco, fino a completamento del riempimento e della chiusura.

A completamento della sezione di progetto sarà steso uno strato di ricoprimento di almeno 20 cm di sabbia, su cui andranno a innestarsi le soluzioni di ricoprimento descritte nei capitoli successivi.

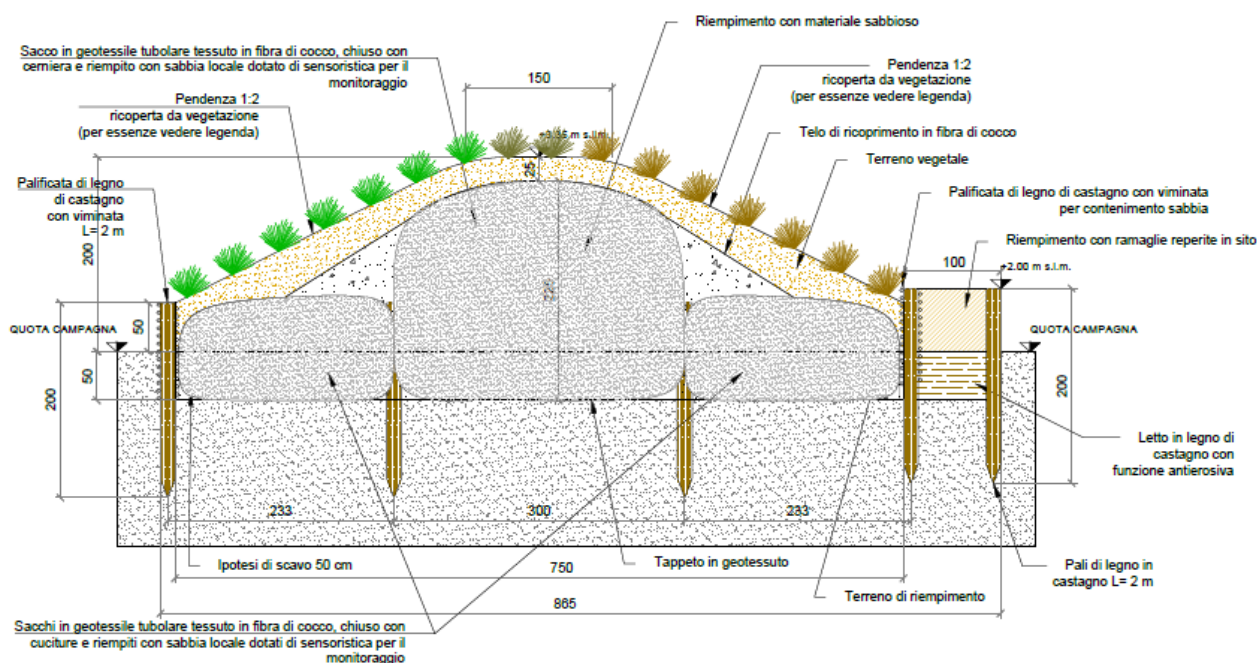


Figura 4-1: Soluzione 1- sacchi in fibra naturale

#### 4.1.2 Soluzione strutturale 2: terre rinforzate

La Soluzione 2 è costituita da un nucleo composto da strati di terre rinforzate in fibre naturali. Tale soluzione riprende un approccio più tradizionale rispetto alla soluzione 1, già impiegato e testato con l'impiego di terre rinforzate con materiali di origine naturale, che saranno formate da strati di sabbia contenuta in elementi resistenti costituiti da stuoie in fibre di cocco naturali analoghe a quelle impiegate per la Soluzione 1. I vari strati di sabbia saranno realizzati in modo da formare una sezione confrontabile a quella prevista per la soluzione 1. La particolarità dell'intervento è l'utilizzo di teli in fibre naturali (fibre di cocco) che ha richiesto una ricalibrazione dello schema in funzione della effettiva rigidità e resistenza di tali fibre. In particolare, si prevede la stesa di strati di altezza 55 cm, ad eccezione dello strato sommitale di altezza variabile per adeguarsi all'altezza complessiva della duna. L'inclinazione dei primi 2 strati è pari a 55°, mentre gli strati superiori hanno inclinazione uguale a quella del profilo della duna, pari a una inclinazione 1:2. La terra rinforzata è caratterizzata da una lunghezza dei rinforzi di 2 m.

Le fasi esecutive sono simili a quelle descritte per la soluzione 1. Si eseguono in prima fase le palizzate di contenimento laterale in legno di castagno (descritte nel paragrafo seguente), che inizialmente hanno la funzione di delimitare l'area occupata dalla duna stessa. La duna viene realizzata tra le due file di pali su una superficie in piano opportunamente preparata, mediante uno scavo di altezza massima 50 cm del terreno di spiaggia esistente.

Sul piano di posa delle terre rinforzate, ad una profondità di scavo di circa 50 cm, verrà disposto un tappeto in geotessuto in fibra di cocco. A ricoprimento degli strati rinforzati con fibre di cocco saranno posizionati appositi teli in geotessuto dotati di sensoristica in fibra ottica per il monitoraggio strutturale della duna.

A completamento della sezione di progetto sarà steso uno strato di ricoprimento di almeno 20 cm di sabbia, su cui andranno a innestarsi le soluzioni di ricoprimento descritte nei capitoli successivi.

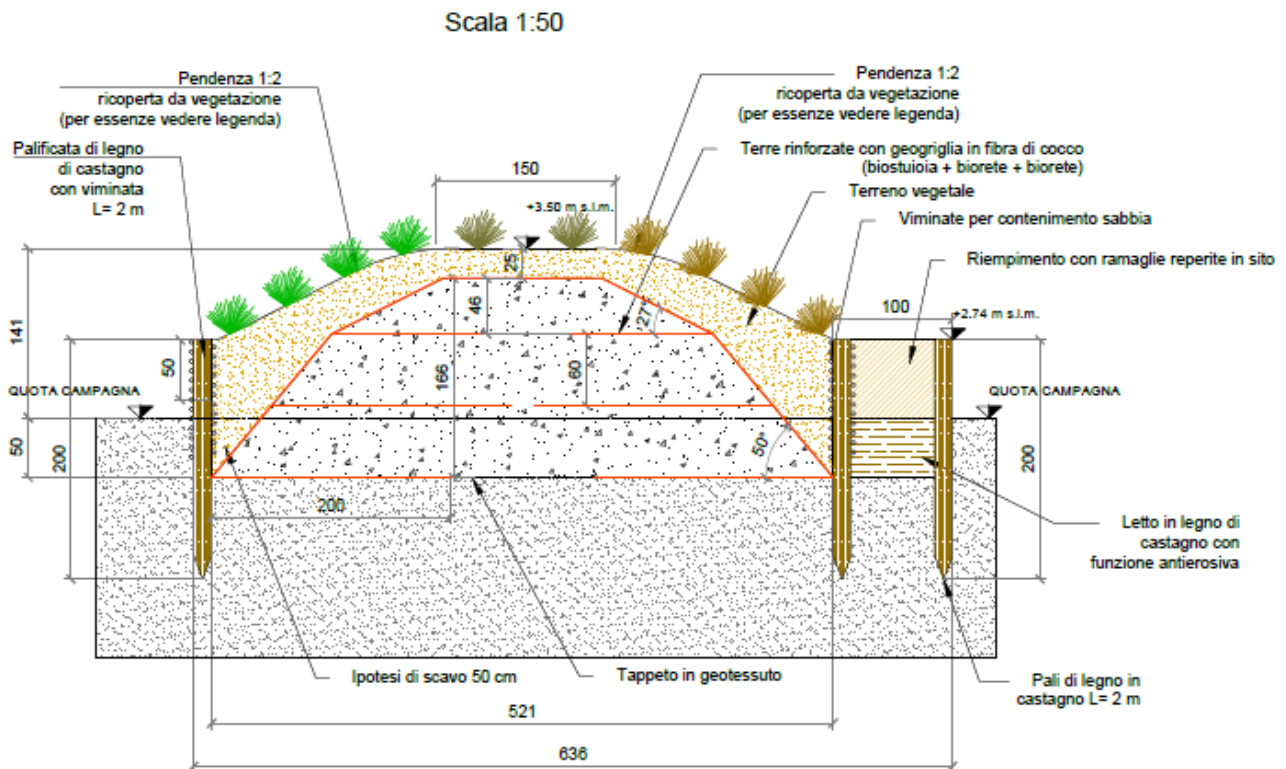


Figura 4-2: Terre rinforzate

#### 4.1.3 Protezione al piede

La protezione al piede del nuovo corpo dunale serve per evitarne lo scalzamento ad opera delle mareggiate ed è costituito da un'opera di ingegneria naturalistica denominata "Catasta di ramaglia vincolata".

La catasta sarà realizzata mediante infissione di pali di castagno scortecciati in modo da formare una trincea con due file di pali distanti 1 m a interasse di 0.75 m. Tra le due file di pali saranno disposti longitudinalmente pali di castagno a formare un letto con funzione antierosiva.

Ai fini sia del contenimento sia della struttura, sia della riduzione l'effetto di erosione in caso di sormonto dalla mareggiata o di apertura di varchi nella catasta (per anomalie o degradazione), sul lato interno della palizzata infissa si prevede la realizzazione di una viminata con rami di castagno scortecciati.

Al di sopra del letto in legno di castagno verranno disposte longitudinalmente ramaglie reperite in sito (se disponibili).

#### 4.1.4 Strutture di protezione terminali

Al fine di offrire una protezione aggiuntiva alle aree adiacenti all'opera lato nord e sud, come descritto in precedenza, si è ritenuto opportuno prolungare la difesa al piede della nuova duna di cui alle opere sopra descritte, adottando però una tecnica di ingegneria naturalistica di tipo "assorbente", ovvero tale da smorzare l'energia incidente delle mareggiate e ridurne quindi il deflusso verso l'interno. Inoltre tale opera, grazie all'effetto barriera, favorisce il deposito della sabbia sia per via eolica che di sedimentazione da ritiro di mareggiate intense.

Tale sistemazione è costituita da una "fascinata in trincea" composta e realizzata come segue.



L'opera è composta da ramaglia di erica di altezza 1.5 m, posta verticalmente in una trincea di larghezza e altezza di circa 1 m. Ai margini della trincea, sia lato mare che lato duna, sono infissi, un metro circa sotto al piano della trincea, pali del diametro di 10-14 cm e lunghezza di 2.5 m. L'interasse fra i pali è di 50 cm sul fronte e di 1 m sul retro. Sul fronte e a tergo saranno fissati longitudinalmente mezzi pali o pali di castagno di 6-7 cm di diametro collegati ai montanti verticali con viti in acciaio inox. Analogamente saranno disposti pali trasversali con interasse di 1 m.

La fornitura della ramaglia avverrà in fascine costituite da ramaglia di erica di medie dimensioni, compatte e legate con corda di canapa o altra fibra naturale, del diametro di 30-40 cm che, dopo aver posto in opera i montanti e i pali orizzontali, saranno disposte sul fondo della trincea accostandole intimamente fra loro in modo da realizzare un volume compatto e omogeneo.

L'opera sarà intasata con la sabbia scavata dalla trincea.

## 4.2 Soluzioni di ricoprimento

### 4.2.1 Selezione delle specie vegetali

La scelta delle specie vegetali è stata svolta impostando tre modelli vegetazionali differenti in base all'esposizione della duna: modello del fronte della duna, modello della sommità della duna e modello della parte posteriore della duna.

La scelta di utilizzare gruppi piante per ogni modello è legata al principio della "Insurance Hypothesis" di Tilman et al. 2001, Pacala & Tilman 2002, che dimostra che resilienza e crescita delle piante migliorano nel caso di elementi concentrati in gruppi piuttosto che in singole piante distribuite uniformemente sulla superficie. Tale approccio è già stato impiegato fruttuosamente nel progetto europeo di ricerca BIODDEPTH.

<b>Modello del fronte della duna</b>	
Cakile maritima	10%
Calystegia soldanella	5%
<b>Elymus farctus</b>	35%
Euphorbia paralias	15%
Lotus creticus	10%
Medicago marina	20%
Otanthus maritimus	5%

Tabella 4-1 Modello vegetazionale per il fronte della duna

<b>Modello della sommità della duna</b>	
<b>Ammophila arenaria</b>	40%
Calystegia soldanella	5%
Cyperus capitatus	15%
Euphorbia paralias	5%

Lotus creticus	15%
Medicago marina	20%

Tabella 4-2 modello vegetazionale per la sommità della duna

<b>Modello della parte posteriore della duna</b>	
Crucianella maritima	15%
Cyperus capitatus	10%
Eryngium maritimum	15%
Malcommia littorea	5%
Sporobolus pungens	25%
Ononis natrix	5%
<b>Spartina versicolor</b>	<b>25%</b>

Tabella 4-3 Modello vegetazionale della parte posteriore della duna

#### 4.2.2 Soluzione di ricoprimento A

La soluzione consiste nel ricoprimento dell'intera superficie della duna con vegetazione e materiali naturali. In dettaglio è prevista una rete in fibra di cocco e, ogni 55cm un sistema di controllo di ruscellamento costituito da rotolo di fibra allineato a ciascun filare di piantumazione. Tale soluzione naturale innovativa migliora la stabilità e coesione del terreno, in special modo della parte superficiale maggiormente soggetta ad erosione.

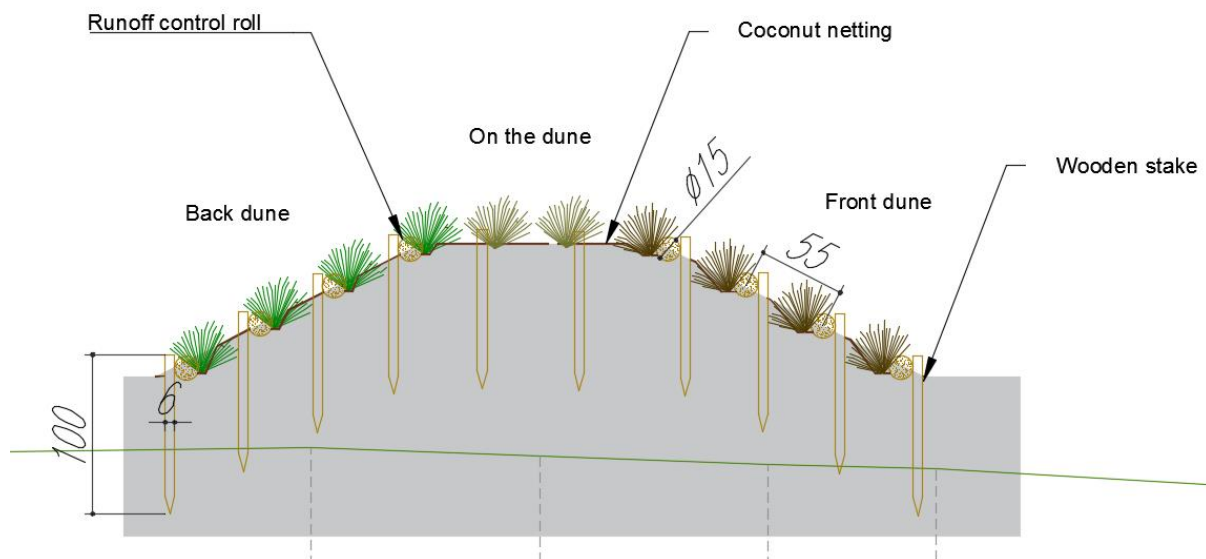


Figura 4-3 Sezione ricoprimento tipo 1

In una prima fase la rete in fibra di cocco sarà in grado di funzionare come elemento provvisorio di stabilizzazione, successivamente si degraderà via via fino ad arrivare a completo disgregamento e parallelamente il sistema radicale della vegetazione si svilupperà e, a lungo termine, sarà l'unico elemento che garantirà la stabilità superficiale della duna arrivando ad un comportamento completamente naturale.



Il sistema anti ruscellamento, costituito da rotoli di fibra di cocco di 2m che vanno a formare una struttura tubolare di 15-20 cm di diametro, evita problemi di dilavamento mediante un effetto di dissipazione dell'energia, mantenendo al contempo la corretta umidità del terreno in modo da favorire la probabilità di sopravvivenza delle specie vegetali e la loro crescita



Figura 4-4 esempio di installazione delle reti in fibra di cocco e sistema anti ruscellamento

L'installazione del sistema anti ruscellamento richiede una porzione di superficie piana e in particolare l'elemento alla base della duna deve essere collocato nella posizione in cui inizia la pendenza della duna stessa. Il fissaggio del sistema avviene mediante picchetti in legno disposti a valle di ciascun rotolo anti ruscellamento con un passo di 55 cm. Picchetti di dimensioni minori (Biostakes) saranno utilizzati per fissare la rete in fibra di cocco.

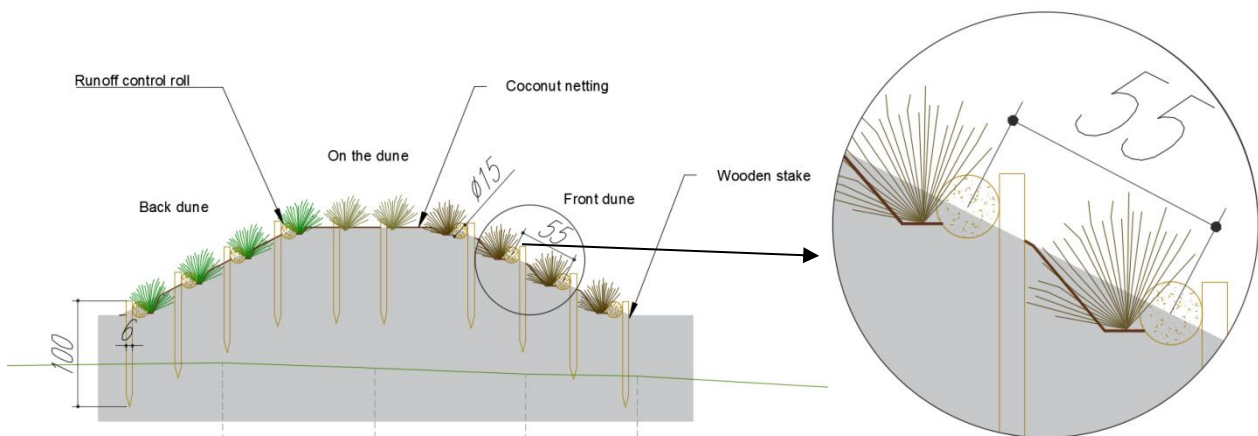


Figura 4-5 schema di installazione del sistema anti ruscellamento

#### 4.2.3 Soluzione di ricoprimento B

Per la soluzione di ricoprimento B tutto il corpo della duna deve essere rinvolto in telo di rete in fibra di cocco ad alta grammatura, sul quale, una volta assemblata l'opera, viene riportato uno strato di sabbia, dello spessore medio di 20-30 cm, successivamente soggetto a messe a dimora piantine di specie vegetali autoctone tipiche dell'habitat dunale come da paragrafo 4.2.1





### 4.3 Applicazione delle soluzioni strutturali e di ricoprimento alla duna

La configurazione della duna data dall'accoppiamento delle soluzioni precedentemente descritte è stata determinata dalle seguenti valutazioni tecniche:

- La soluzione strutturale 1 e la soluzione di ricoprimento A, avendo carattere prettamente sperimentale sono state applicate ad una porzione della duna compatibile con le esigenze minime per una validazione scientifica, privilegiando per la maggior parte dell'opera l'adozione della soluzione strutturale 2 e la soluzione di ricoprimento B caratterizzate da un approccio più tradizionale, seppur arricchito da elementi innovativi, in modo da ridurre il livello di incertezza delle prestazioni finali dell'opera
- è stato evitato l'accoppiamento della soluzione strutturale 1 con la soluzione di ricoprimento A per non sovrapporre incertezze delle due soluzioni sperimentale ed avere dei dati interpretabili in modo più chiaro
- nelle porzioni di estremità è stato scelto di utilizzare protezioni di tipo più leggero per garantire al contempo la protezione della duna e la transizione verso l'ambiente naturale circostante.
- Nelle seguenti figure sono riportate le combinazioni di sezioni utilizzate nel progetto e la loro distribuzione in pianta.



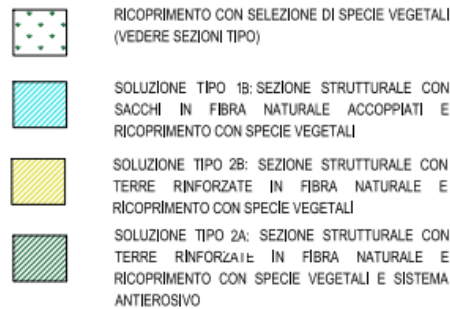


Figura 4-6 Pianta della duna - Tipologie strutturali, ricoprimenti e sezioni relative

## 4.4 Sistema di monitoraggio strutturale

Ai fini della validazione delle soluzioni strutturali definite al paragrafo 4.1 è prevista l'installazione di un sistema di monitoraggio strutturale con configurazione e modalità applicative descritte nel seguito.

### 4.4.1 Configurazione del sistema di monitoraggio strutturale

Il Sistema sarà costituito da due tipologie di sensori (uno per la misura dello stato tensionale ed uno per la misura della temperatura), interrogati mediante centralina optoelettronica.

Le letture saranno effettuate in maniera statica e saranno distribuite in maniera discreta nel tempo, ad intervalli regolari e/o in seguito ad eventi eccezionali (es. forti mareggiate).

I sensori saranno disposti in maniera prevalentemente longitudinale lungo lo sviluppo geometrico della duna. La possibilità di effettuare un avvolgimento circonferenziale (in grado di misurare quindi le deformazioni in direzione circonferenziale) sarà valutato in corso d'opera, dipendendo dalla possibilità o meno di far passare il cavo al di sotto del saccone, magari nella parte terminale dello stesso.

In termini previsionali, l'estensione longitudinale del sistema di sensori coprirà l'intera lunghezza (10 metri) su cui si applica la soluzione strutturale di tipo 1 (sacconi) più almeno gli adiacenti 10 metri di lunghezza su cui è applicata la soluzione strutturale di tipo 2 (terre armate). La lunghezza ed il posizionamento effettivi della porzione di duna da monitorare sarà stabilita in sede di progetto esecutivo, anche a valle delle valutazioni previsionali sulle sollecitazioni meteo-marine. Allo stesso modo, anche la distribuzione dei sensori sui canali di acquisizione della centralina sarà stabilita in sede di progetto esecutivo.

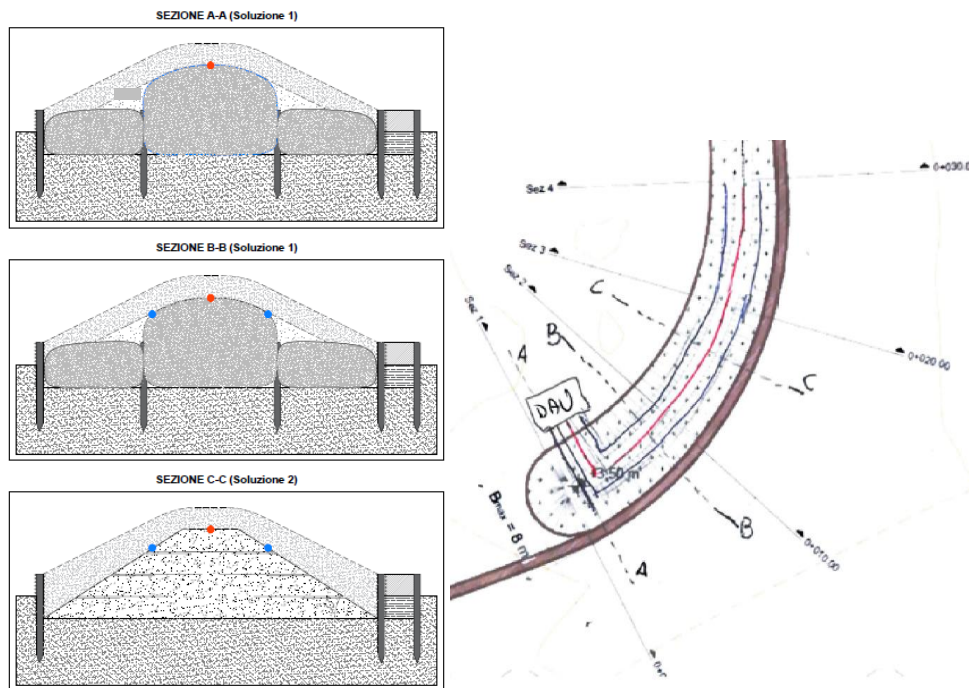


Figura 4-7 Layout dei sensori (la lunghezza ed il posizionamento effettivi della porzione di duna da monitorare sarà stabilita in sede di progetto esecutivo)

La Figura 4-7 Layout dei sensori (la lunghezza ed il posizionamento effettivi della porzione di duna da monitorare sarà stabilita in sede di progetto esecutivo) illustra schematicamente il previsto layout dei sensori (nel caso in figura si è previsto, a titolo di esempio, di monitorare la duna per una lunghezza di 30 metri).

In alternativa, la misura della temperatura potrebbe essere effettuata con una sonda discreta, al fine di operare una compensazione termica basata sull'ipotesi di uniformità della temperatura stessa su tutto il campo di misura.

#### 4.4.2 Modalità applicative del sistema di monitoraggio strutturale

I sensori saranno costituiti da cavi opportunamente rinforzati per resistere alle sollecitazioni previste in sito. Il sensore per la misura dello stato tensionale sarà applicato su un tessuto il quale, a sua volta, sarà opportunamente connesso alla struttura da monitorare, in modo da assicurare un corretto trasferimento delle deformazioni dalla struttura al sensore stesso (Figura 4-8).

La soluzione adottata per il fissaggio si basa sull'utilizzo di un tessuto a maglia fitta e picchetti di ancoraggio. Con questa soluzione il trasferimento della deformazione è garantito prevalentemente dai picchetti. Il tessuto sarà verosimilmente in juta, del tipo utilizzato per la realizzazione di sacchi da caffè xxx.

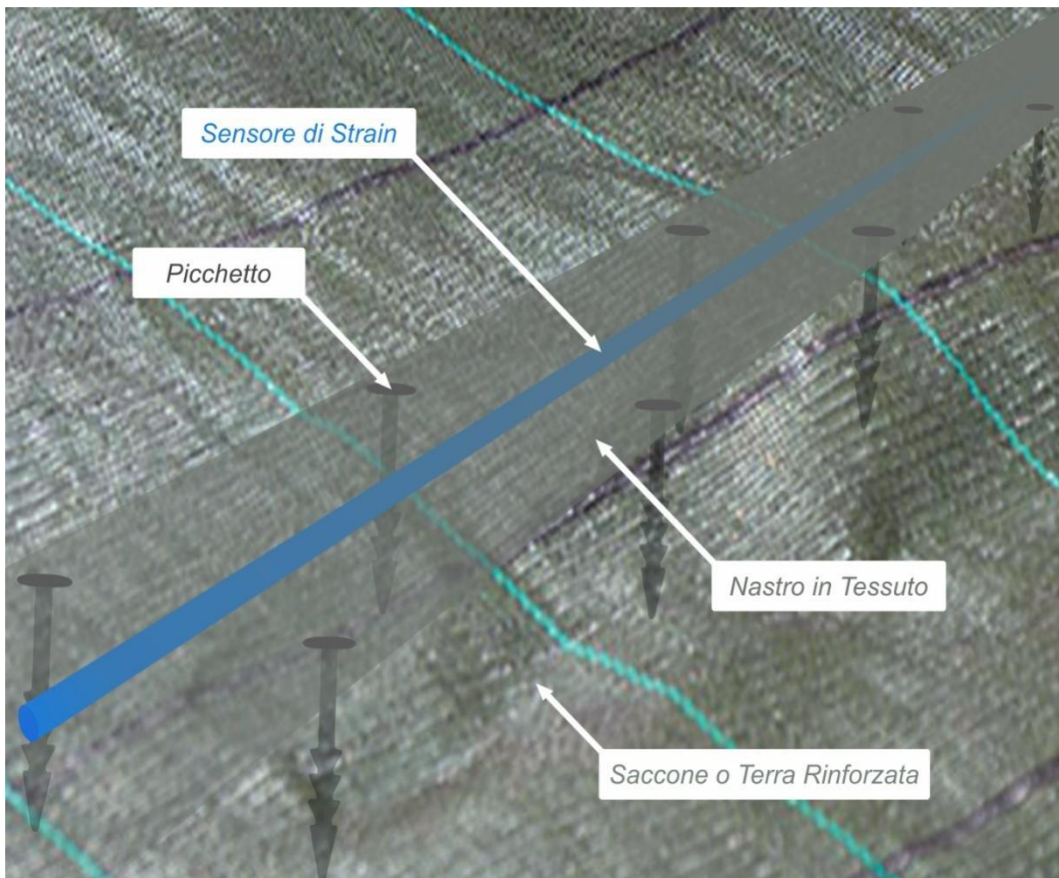


Figura 4-8 Modalità di fissaggio del tessuto sensorizzato



Figura 4-9 Mock-up della soluzione per il fissaggio del tessuto sensorizzato (visibile in blu, all'estrema destra, il sensore in fibra ottica cucito all'interno del tessuto di juta)





## 5 Materiali

I materiali più significativi in termini di quantità e funzione sono:

- Legname di castagno scortecciato, per pali e viminate - I legnami rotondi o pali dovranno provenire dal tronco dell'albero e non dai rami e dovranno essere sufficientemente dritti, in modo che la congiungente i centri delle due basi non debba uscire in alcun punto del palo; dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare i 15 millesimi della lunghezza, né il quarto del maggiore dei due diametri; devono essere esenti da spaccature, necrosi e difetti tali da comprometterne l'omogeneità e la resistenza.
- Biorete in fibra di cocco ad alta grammatura: struttura tessuta a trama e ordito con maglia quadrata costituita da fibre di cocco, con massa areica nominale minima pari a 900 g/mq (norma EN ISO 9864), grado di copertura minimo compreso tra 60% e 80%, resistenza meccanica longitudinale a trazione non inferiore a 20 kN/m, con allungamento a carico massimo pari al 25% (EN ISO 10319), resistenza meccanica trasversale a trazione non inferiore a 9 kN/m, con allungamento a carico massimo pari al 30% (EN ISO 10319); la rete dovrà risultare interamente biodegradabile.
- Biofeltro in fibra di cocco: costituito da un cuscinetto di fibre di cocco assemblate caoticamente a formare un feltro isotropo contenuto tramite doppio strato cucito a trama e ordito in filo di juta; dovrà avere una massa areica nominale non inferiore a 400 g/mq per la e dovrà essere completamente biodegradabile.
- Biostakes: I picchetti dovranno essere al 100% biodegradabili a forma di "T" e con forma efficace per fissare adeguatamente lo strato anti erosione. La biodegradabilità dovrà essere garantita da attività biologiche in un periodo di tempo compatibile con le condizioni ambientali e del terreno che può essere assunto pari a 1-2 anni. Le resine bioplastiche usate per la produzione dei picchetti biodegradabili devono essere in PLA, sostanza naturale completamente biodegradabile derivata da risorse rinnovabili agricole. I picchetti devono essere sufficientemente rigidi per essere infissi nel terreno e al contempo avere una flessibilità sufficiente per flettersi alle azioni senza scalzarsi. Il piede dei picchetti deve essere conformato in modo da avere una resistenza migliorata all'estrazione dal terreno

### 5.1.1 Requisiti specifici per materiali ad uso strutturale

Nel caso in cui materiali sopra illustrati abbiano funzione strutturale dovranno soddisfare anche i seguenti requisiti

#### *Biorete in fibra di cocco*

Proprietà meccaniche:

in direzione longitudinale:

- Resistenza a Trazione:  $\geq 20$  kN/m (EN ISO 10319)
- Allungamento:  $\geq 12\%$  (EN ISO 10319)

in direzione trasversale:

- Resistenza a Trazione:  $\geq 20$  kN/m (EN ISO 10319)
- Allungamento:  $\geq 12\%$  (EN ISO 10319)

#### *Pali di legno di castagno*



Le proprietà dei pali di castagno sono definite dalla UNI EN 338/2016 come di seguito:

- Resistenza caratteristica a flessione  $f_{m,k}$  2800 N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza caratteristica a trazione parallela  $f_{t,0,k}$  1700 N/cm<sup>2</sup>
- Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare  $f_{t,90,k}$  600 N/cm<sup>2</sup>
- Resistenza caratteristica a compressione parallela  $f_{c,0,k}$  2200 N/cm<sup>2</sup>
- Resistenza caratteristica a compressione perpendicolare  $f_{c,90,k}$  730 N/cm<sup>2</sup>
- Resistenza caratteristica a taglio  $f_{v,k}$  400 N/cm<sup>2</sup>

In accordo al capitolo 4.4.4 delle NTC 2018, per la determinazione dei valori di calcolo delle grandezze si utilizza un coefficiente  $K_{mod}$  che tiene conto dell'effetto dell'umidità e della durata del carico, come si evince dalle tabelle seguenti.

Tab. 4.4.I - Classi di durata del carico

Classe di durata del carico	Durata del carico
Permanente	più di 10 anni
Lunga durata	6 mesi - 10 anni
Media durata	1 settimana - 6 mesi
Breve durata	meno di 1 settimana
Istantaneo	--

Figura 5-1NTC 2018 Classi di durata del carico per strutture in legno

Tab. 4.4.II - Classi di servizio

Classe di servizio 1	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

Figura 5-2NTC 2018 Classi di servizio per strutture in legno

Per il caso in esame si considerano un carico di lunga durata e una classe di servizio 3, da cui si ricava  $K_{mod}$  pari a 0.55, come da tabella seguente delle NTC 2018.

Tab. 4.4.IV - Valori di  $k_{mod}$  per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico				
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio	UNI EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Legno lamellare incollato (*)	UNI EN 14080	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
LVL	UNI EN 14374, UNI EN 14279	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Figura 5-3 NTC 2018 Classi di durata del carico

### 5.1.2 Materiali per recinzioni e cartellonistica

- Le recinzioni con corda tessuta di canapa (diametro 2 cm) sono realizzate utilizzando come sostegni pali di castagno scortecciati (lunghezza 2 metri, diametro di 10-12 cm), infissi al suolo per 1 m a interasse di 3 metri. La corda tessuta sarà fatta passare all'interno di fori praticati nel

palo e fissata ogni 3 pali mediante viti autofilettanti in acciaio inox. I pali infissi devono risultare stabili e non estraibili.

- I cartelli di regolamentazione (n. 7), disposti a interasse 30 m (oltre che a inizio e fine intervento) lungo il fronte mare dell'opera, devono avere dimensione 30 x 30 cm, con 1 montante di 250 cm e diametro 10-14 cm in legno di castagno scortecciato, infisso nel terreno per circa 1-1,20 m. Al palo dovrà essere apposto pannello tipo Dibond/Eurobond o lega di alluminio con stampa anti UV.
- La cartellonistica informativa (n.1), previa redazione di testi ed elaborazione grafica, verrà stampata su supporto forex o in Dbond o su scatolare in lega di alluminio; le dimensioni del cartello sono di 120 x 90 cm. I cartelli saranno fissati su bacheche in legno di castagno con 2 montanti di 300 cm e diametro 14 cm infissi nel terreno per 1 metro e distanziati tra loro 120 cm. La struttura deve essere dotata di tettuccio coprente a doppia falda, di cornice in legno di castagno o larice o pino nordico.

Tutte le parti in legno devono essere trattate con impregnante protettivo da esterno, tossico, di colore neutro, possibilmente del tipo a base di essenze naturali (certificati per bioedilizia), altrimenti all'acqua.

La posa in opera dei cartelli comprende anche la stampa del pannello, le viti di fissaggio e quant'altro necessario a rendere il lavoro finito e realizzato a regola d'arte.



## 6 Cantierizzazione

### 6.1 Viabilità di accesso

Per quanto riguarda la cantierizzazione dell'area, sono state analizzate due possibili viabilità di accesso all'area di cantiere, come riportato di seguito:

- Opzione 1 – Accesso da Via Spiaggia parallelo alla costa: la prima opzione consente l'accesso al cantiere dal lato di Via Spiaggia parallelo alla costa, a sua volta accessibile da Viale Pionchielli. Tale opzione permetterebbe di poter usufruire agevolmente del piazzale asfaltato, come mostrato nell'ingrandimento sottostante, per l'allestimento di una zona di deposito mezzi e materiali;
- Opzione 2 - Accesso all'area di cantiere tratto più a sud di Via Spiaggia. Per poter accedere a tale tratto di strada tuttavia sarebbe necessario utilizzare strade interne al camping "Villaggio turistico Spina". Per tale motivo l'uso della seconda opzione risulta più svantaggioso.

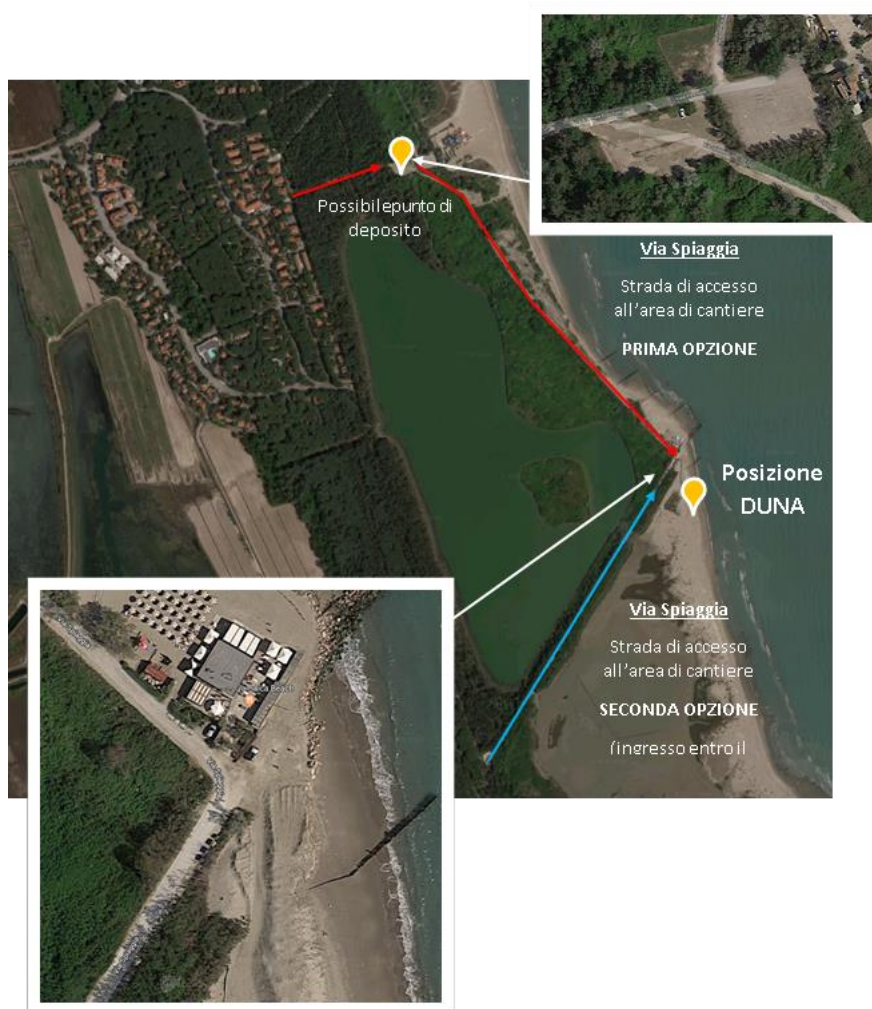


Figura 6-1 Viabilità di accesso al cantiere

Di seguito si riportano delle viste tratte dalla streetview di google maps utili ad inquadrare le strade di accesso.



Figura 6-2 Via Spiaggia verso nord



Figura 6-3 Via Spiaggia verso posizione duna



Figura 6-4– Via Ponchielli



Figura 6-5 Via Ponchielli parte finale (piazzale per possibile deposito)

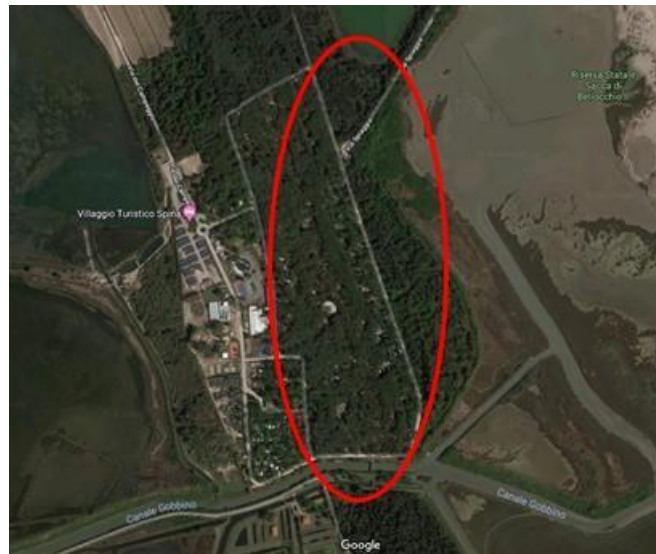


Figura 6-6 Area villaggio turistico Spina



Figura 6-7 – Ingresso villaggio turistico Spina



Figura 6-8 Via Spiaggia interna al camping



## 6.2 Mezzi e manodopera

Come descritto ai punti precedenti le principali lavorazioni previste per la realizzazione della duna sono:

- Scavo di preparazione con un approfondimento di circa 50 cm per l'impronta della duna,
- Movimentazione della sabbia,
- Realizzazione di palificate in legno per l'alloggiamento dei sacchi e la formazione di terre rinforzate, con relative viminate, ove previste,
- Posizionamento e riempimento dei sacchi in fibra naturale,
- Realizzazione degli strati di terre rinforzate con stuoie in fibra di cocco,
- Ricoprimento della struttura con strato di sabbia,
- Piantumazione della superficie della duna.

La maggior parte delle attività sarà realizzata manualmente, ad eccezione delle operazioni di scavo preparatorio, il riempimento dei sacchi e la preparazione degli strati delle terre rinforzate. Per tali lavorazioni saranno utilizzati escavatori di piccole dimensioni non cingolati e camion a cassone, con eventuali canale per lo scarico a gravità dei materiali.

In sede di Progetto Esecutivo saranno fornite indicazioni per minimizzare i rischi ambientali legati all'utilizzo dei mezzi (ad esempio malfunzionamenti delle parti meccaniche, danneggiamenti degli stessi o incauto comportamento da parte degli operatori), che verranno implementate nella gestione ambientale in fase di esecuzione. Non sono previsti prelievi e restituzioni di acque per le lavorazioni sopra descritte.

## 6.3 Tempistiche

Il tempo previsto per l'esecuzione dei lavori è complessivamente di **90 (novanta) giorni** naturali e consecutivi, al netto delle eventuali sospensioni.

I lavori dovranno essere organizzati, nel tempo e nello spazio, in modo da non arrecare disturbo alla fauna, al di fuori del periodo più critico della riproduzione e nidificazione (15 marzo – 15 luglio) e della stagione balneare (secondo fine settimana di aprile – secondo fine settimana di settembre).

L'avvio di attività connesse al progetto in aree non ancora interessate da lavori, in periodo 1 marzo – 31 marzo dovrà essere preceduto dall'effettuazione di sopralluoghi volti all'individuazione di eventuali siti di riproduzione avifauna di interesse comunitario e, in caso di rinvenimento di siti oggetto di nidificazione, le tempistiche e le modalità attuative dei lavori dovranno essere verificate e concordate con tutti i soggetti preposti (Raggruppamento Carabinieri per la Biodiversità di Punta Marina – Ente di gestione Parchi Biodiversità Delta del Po).

## 6.4 Cronoprogramma

ATTIVITÀ \ TEMPO IN GIORNI	120	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Bonifica Bellica Sistemática Terrestre</i>																	
Allestimento area di cantiere per la duna/per il prelievo																	
Movimentazione dei sedimenti																	
Scavo per alloggiamento duna																	
Formazione della duna																	
Posa in opera della struttura di monitoraggio (soluzione 1)																	
Ricoprimento duna																	





ATTIVITÀ \ TEMPO IN GIORNI	120	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Strutture di protezione terminali																		
Recinzione																		
Cartellonistica																		
Ultimazione lavori/smobilizzazione aree di cantiere																		



## 7 Quadro economico

Manutenzione e ripristino di una duna lungo il litorale sud ferrarese, mediante soluzioni di ingegneria naturalistica, nell'ambito del progetto H2020 776848-2 Open-air laboratories for nature-based solutions to manage hydro-meteo-risks - OPERANDUM			
		IMPONIBILE	IVA
<b>LAVORI</b>	IMPORTO LAVORI (Oneri di sicurezza compresi)	€ 230.000,00	
	<b>IMPORTO TOTALE DI APPALTO LAVORI</b>	<b>€ 230.000,00</b>	<b>€ 0,00</b>
<b>SOMME A DISPOSIZIONE</b>	Bonifica Bellica Sistemica Terrestre (compresi oneri ed imposte)	€ 9.000,00	
	Incentivi funzioni tecniche 2% (art. 113 D.Lgs. n.50/2016)	€ 4.600,00	
	Contributo ANAC	€ 225,00	
	Imprevisti	€ 6.175,00	
	<b>IMPORTO TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE</b>	<b>€ 20.000,00</b>	<b>€ 0,00</b>
	IVA (22%) l'importo dei lavori non è imponibile IVA ai sensi dell'art. 72 del DPR del 26/10/1972 n. 633 s.m.i. (Codice Iva)		€ 0,00
	<b>TOTALE (IVA non imponibile)</b>	<b>€ 250.000</b>	<b>€ 0,00</b>





## 8 Riferimenti

### Capitolo 2.4

Boccotti, P., 1997. *Idraulica marittima*. UTET.

Grisogono B. and Belušić D., A review of recent advances in understanding the meso- and microscale properties of the severe Bora wind. *Tellus A*, 61 (2009), pp. 1-16

Lionello, P. & Cavaleri, Luigi & Nissen, K.M. & Pino, C. & Raicich, Fabio & Ulbrich, U.. (2012). Severe marine storms in the Northern Adriatic: Characteristics and trends. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. 40. 93-105. 10.1016/j.pce.2010.10.002.

Mendoza E.T. and Jimenez J.A., 2004. Factors controlling vulnerability to storm impacts along the Catalanian coast. *Proceedings International Conference of Coastal Engineering, Lisbon*, pp. 3087-3099.

Pasarić Z., Belušić D., Chiggiato J., Orographic effects on meteorological fields over the Adriatic from different models. *J. Marine Syst.*, 78 (2009), pp. S90-S100.

Rapporto IdroMeteoClima Emilia-Romagna 2019, Arpae in press.