

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

* * *

Atti amministrativi

Determinazione dirigenziale	n. DET-2021-780	del 04/11/2021
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 ferrarese in località Lido di Volano nel Comune di Comacchio mediante soluzioni di ingegneria naturalistica nell'ambito del progetto H2020 Operandum ID 776848-2.	
Proposta	n. PDTD-2021-818	del 04/11/2021
Struttura adottante	Struttura Idro-Meteo-Clima	
Dirigente adottante	Cacciamani Carlo	
Struttura proponente	Struttura Idro-Meteo-Clima	
Dirigente proponente	Dott. Cacciamani Carlo	
Responsabile del procedimento	Nanni Sandro	

Questo giorno 04 (quattro) novembre 2021 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 ferrarese in località Lido di Volano 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 infe-

riore 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 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 con Delibera del Direttore Generale n 90 del 20/9/2021 è stato dato atto dell'individuazione da parte di Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile - Servizio Sicurezza Territoriale e Protezione Civile Ferrara (di seguito ARSTePC) della Dott.ssa Alceste Zecchi quale nuovo Responsabile Unico di Procedimento per l'intervento di cui trattasi in sostituzione del Dott. Claudio Miccoli;
- che a questo scopo Arpae SIMC ha approvato con determinazione n. 791 del 07/10/2010 la sottoscrizione di un Accordo di Collaborazione con ARSTePC;
- che con nota del 18/10/2021 PG/2021/0160040 del 18/10/2021, ARSTePC ha trasmesso il sopraccitato Accordo debitamente controfirmato;

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 ferrarese, mediante soluzioni di ingegneria naturalistica;
- che il citato studio di fattibilità è stato inviato per le vie brevi ad ARSTePC il 12/10/2021;
- 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 del 26/10/2021 PG/2021/0165035;

VISTO:

- lo studio di fattibilità tecnica ed economica approvato e sottoscritto da 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 ferrarese in località Lido di Volano 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. Sandro Nanni, il Responsabile del Servizio Sala operativa e centro funzionale 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 ferrarese in località Lido di Volano 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)



OPERANDUM

OPEn-airlaboRAtories for Nature based solUtions to Manage hydro-meteo risks



Progetto finanziato dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea con Grant Agreement N.776848

INTERVENTO DI MANUTENZIONE E RIPRISTINO DI UNA DUNA LUNGO IL LITORALE FERRARESE
MEDIANTE SOLUZIONI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA E QUADRO ECONOMICO

CUP: J53I18000030006



PROGETTISTI:
RINA Consulting S.p.A.
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA - Italy
Tel. 010 31961



COLLABORATORI:
IRIS Strategie per l'Ambiente s.a.s.
Via Volterrana, 179 - 50020 CERBAIA (FI) - Italy
Tel. 335 7123458

COLLABORATORI SCIENTIFICI:



Naturalea Conservació, S.L
Terra Alta, 51 - Polígon Industrial Can
Carner, 08211-Castellar del
Vallès(Barcelona) - Spain
Tel. (+34) 937 301 632



**Alma Mater Studiorum,
Università di Bologna**
Via Zamboni, 33 - 40126 Bologna (BO)-Italy
Tel. [051 209 9111](tel:0512099111)

Data: 18/10/2021

TITOLO ELABORATO

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA E QUADRO ECONOMICO



AGENZIA PER LA SICUREZZA TERRITORIALE
E LA PROTEZIONE CIVILE EMILIA ROMAGNA
Servizio Sicurezza Territoriale e Protezione Civile -
Ferrara



Indice

1	Premessa	6
1.1	Il contesto del progetto OPERANDUM	6
1.2	Normativa tecnica	7
2	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO E DEGLI ELEMENTI PROPEDEUTICI ALLA DEFINIZIONE DELLE OPERE	8
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E AMMINISTRATIVO	8
2.2	QUADRO VINCOLISTICO E AUTORIZZATIVO	11
2.2.1	Procedure autorizzative necessarie	11
2.2.2	Procedura di valutazione di Impatto Ambientale (VIA)	12
2.2.3	Vincolo idrogeologico	12
2.2.4	Vincolo paesaggistico	12
2.2.5	Autorizzazione per immersione deliberata in mare	13
2.2.6	Demanio marittimo (disponibilità delle aree e degli immobili da utilizzare: modalità di acquisizione, oneri prevedibili e situazione dei pubblici servizi)	14
2.2.7	Opere in prossimità della linea doganale	14
2.2.8	Valutazione di incidenza ambientale	14
2.2.9	Autorizzazione allo scavo in aree potenzialmente oggetto di presenza di ordigni bellici	14
2.3	RILIEVO TOPOGRAFICO MORFOLOGICO	15
2.4	CARATTERIZZAZIONE METEOMARINA	16
2.5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	22
2.5.1	Inquadramento geologico	22
2.5.2	Inquadramento geologico	24
2.6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	30
2.6.1	Sintesi delle indagini geotecniche	30
2.6.2	Inquadramento stratigrafico dell'area	32
2.7	CARATTERIZZAZIONE TETTONICA SISMICA	37
2.7.1	Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci	37
2.7.2	Sismicità	38
3	CRITERI DI PROGETTO	43
3.1	Criteri ambientali	43
3.2	Criteri statico-funzionali	43
3.3	Criteri meteomarini	43
3.4	Vita utile e tempo di ritorno	44
4	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	48
		1

4.1.1	Soluzione strutturale 1: sacchi tubolari in fibra naturale di cocco	48
4.1.2	Soluzione strutturale 2: bioterre rinforzate	50
4.1.3	Protezione al piede con catasta di rami e ramaglia vincolata	51
4.1.4	Protezione dei tratti terminali con fascinate in trincea	52
4.2	Soluzioni di ricoprimento	52
4.2.1	Selezione delle specie vegetali	52
4.2.2	Ricoprimento per Soluzione 1	53
4.2.3	Ricoprimento per Soluzione 2	53
4.3	Applicazione delle soluzioni strutturali e di ricoprimento alla duna	54
4.4	Sistema di monitoraggio strutturale	57
4.4.1	Configurazione del sistema di monitoraggio strutturale	57
4.4.2	Modalità applicative del sistema di monitoraggio strutturale	58
5	Materiali	60
5.1.1	Requisiti specifici per materiali ad uso strutturale	61
5.1.2	Materiali per recinzioni e cartellonistica	62
6	Cantierizzazione	63
6.1	Viabilità di accesso	63
6.2	Mezzi e manodopera	66
6.3	Tempistiche	66
7	Aspetti relative alla sicurezza	67
7.1	Lavori presso la riva del Mare Adriatico	67
7.2	Presenza di vegetazione	67
7.3	Strade, piste e viabilità	68
7.4	Rumore	68
7.5	COVID 19	69
8	Riferimenti	74

Lista delle figure

Figura 1: Identificazione nuovo sito di intervento presso Lido di Volano	8
Figura 2: Identificazione indici di suscettibilità a erosione e inondazione per siti di Lido di Volano e Lido di Spina	9
Figura 3: Cerchio rosso vuoto: aree di prelievo della sabbia ubicate nell'area di spiaggia del promontorio a nord della pineta di Volano; in rosso pieno il punto in cui sarà costruita la duna artificiale a nord di Lido di Volano)	10
Figura 4: Rilievo topografico 2019 con duna	15
Figura 5: Ortofoto	16
Figura 6: 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.	18
Figura 7: Distribuzione del numero di eventi (istogramma blu), dell'energia totale (linea arancio) e dell'energia normalizzata (linea verde) nel periodo giugno 2007 - dicembre 2019.	20
Figura 8: Carta Geologica dell'area vasta	22
Figura 9: Fronte sepolto delle 'pieghe romagnole' e depositi quaternari dell'area del sito	24
Figura 10: Panoramica geomorfologica e idrografica dell'area del sito	25
Figura 11: Carta geomorfologica dell'area deltizia (📍Sito)	26
Figura 12: Evoluzione dell'area deltizia dal X secolo a.C. al 1860	27
Figura 13: Pericolosità alluvionamento dell'area del sito (📍)	28
Figura 14: Lido di Volano Volano. In rosso posizione della NBS. In rosa: isocinetiche; in bianco: velocità di abbassamento.	30
Figura 15: Estratto carta geologica con planimetria indagini area di intervento Lido di Volano	31
Figura 16: Valori Vs derivati da prova CPTU1 Lido di Volano	34
Figura 17: Valori Vs derivati da prova CPTU	35
Figura 18: Determinazione parametri sismici in accordo a NTC	36
Figura 19: Mappa delle sorgenti sismogenetiche nell'area circostante il sito (Diss Working Group, 2018)	37
Figura 20: Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante il sito (SGI - ISPRA, 2018)	38
Figura 21: Magnitudo dei Terremoti estratti dal database Iside (INGV)	38
Figura 22: Intensità massima risentita dei terremoti in un raggio pari a 40 km da Lido di Volano, estratti dal CPTI15 (📍Sito)	39
Figura 23: Intensità massime dei terremoti risentiti a Goro presso Lido di Volano, estratte dal CPTI15	40
Figura 24: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (da INGV) nell'area del sito (📍Sito)	41
Figura 25: Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area	41
Figura 26: Mappa della pericolosità alla liquefazione dell'area del sito (📍)	42

Figura 27: Andamento delle pressione durante la mareggiata sul fronte della duna – T = 25 anni (livello reale misurato)	44
Figura 28: Soluzione 1- sacchi in fibra naturale	50
Figura 29: Terre rinforzate	51
Figura 30: Sezione ricoprimento tipo 1	53
Figura 31: esempio di installazione delle reti in fibra di cocco e sistema anti ruscellamento	54
Figura 32: schema di installazione del sistema anti ruscellamento	54
Figura 33: Pianta della duna - Tipologie strutturali, ricoprimenti e sezioni relative	56
Figura 34: Layout dei sensori	57
Figura 35: Modalità di fissaggio del tessuto sensorizzato	58
Figura 36: 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)	59
Figura 37: NTC 2018 Classi di durata del carico per strutture in legno	61
Figura 38: NTC 2018 Classi di servizio per strutture in legno	61
Figura 39: NTC 2018 Classi di durata del carico	62
Figura 40: Viabilità di accesso al cantiere	63
Figura 41: Area 1 di cantiere	64
Figura 42: Viabilità esistente di accesso al cantiere presso ingresso stabilimento New Age Afro Beach	64
Figura 43: Area di intervento	65
Figura 44: Stabilimento Cormorano dalla spiaggia, subito a nord dell'area di intervento	65

Lista delle tabelle

Tabella 1: Elenco autorizzazioni da richiedere per la realizzazione delle opere	11
Tabella 2: 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.	18
Tabella 3: Tabella dei tempi di ritorno calcolati sul dataset di onde misurate nel periodo 2007-2019 dalla boa ondametrica Nausicaa situata al largo di Cesenatico.	19
Tabella 4: analisi delle mareggiate nel periodo 2007-2019, con le loro caratteristiche principali.	19
Tabella 5: Classificazione energetica delle mareggiate secondo Mendoza and Jimenez (2004)	21
Tabella 6: Riepilogo mensile delle mareggiate nel periodo 2007-2019.	21
Tabella 7: Parametri spettri orizzontali accelerazione su suolo rigido, VN 25 anni, Cu 0.7	36
Tabella 8: Durata minima di vita per opere o strutture di carattere definitivo Tv.	45
Tabella 9: Massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera Pf.	45
Tabella 10: Tempo di ritorno dell'evento di progetto T_{rp}.	47



Tabella 11: Modello vegetazionale per il fronte della duna	52
Tabella 12: modello vegetazionale per la sommità della duna	52
Tabella 13: Modello vegetazionale della parte posteriore della duna	53



1 Premessa

La presente relazione rappresenta lo studio di fattibilità tecnica e contiene il quadro economico relativo all'intervento di manutenzione e ripristino di una duna lungo il litorale nord ferrarese (Località Lido di Volano nel Comune di Comacchio) mediante soluzioni di ingegneria naturalistica che 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.

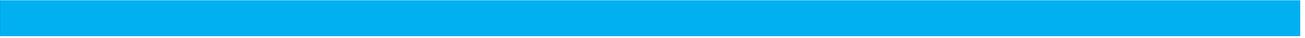
OPERANDUM coinvolge 26 partner internazionali ed ha una durata di 4 anni. L'approccio innovativo include lo sviluppo di 10 laboratori all'aperto (Open-Air-Lab) situati in Austria, Finlandia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Gran Bretagna e Australia, Cina e Hong Kong in aree naturali e rurali sempre 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 interessata dal Progetto Esecutivo della duna artificiale è ubicata sul litorale, in località Lido di Volano, all'estremità settentrionale della porzione di lido interessata dalla presenza degli stabilimenti balneari. In particolare, il sito è ubicato nel tratto di spiaggia compreso tra lo stabilimento Ristorante Il Cormorano, a nord, e lo stabilimento New Age Afro Beach a sud.

Si osserva che l'area di intervento è stata modificata, a valle della Progettazione Definitiva, su richiesta di Protezione Civile, in quanto il sito di intervento identificato in sede di Progetto Definitivo è risultato notevolmente compromesso a seguito di un evento di mareggiata intenso avvenuto nel dicembre 2020.

L'area di intervento della progettazione Definitiva era infatti ubicata all'interno della Riserva di Bellocchio presso Lido di Spina, nella parte meridionale dei confini amministrativi del Comune di Comacchio. Il nuovo sito è ubicato 30 km più a nord lungo il litorale, pur rimanendo all'interno del Parco del Delta del Po, come riportato nella figura seguente.



Figura 1: Identificazione nuovo sito di intervento presso Lido di Volano

La scelta del nuovo sito è stata attentamente valutata al fine di garantire condizioni topografiche, batimetriche, naturalistiche, ambientali, geotecniche e antropiche il più possibile confrontabili con quelle del

precedente sito di intervento. La scelta è ricaduta sul sito di Volano, caratterizzato da anch'esso da criticità in termini di erosione della linea di costa e di inondabilità. Con riferimento al Rapporto tecnico "Indicatori di suscettibilità costiera ai fenomeni di erosione e inondazione marina", redatto da Regione Emilia-Romagna, con il supporto di Arpa e dei Servizi di Area di ASTPC, si osserva che entrambi i 2 siti presentano rilevante suscettibilità ai fenomeni di erosione e inondazione. Con riferimento al seguente riepilogo e alle figure di raffronto, si osservano i seguenti livelli di suscettibilità:

Lido di Volano

- Suscettibilità erosione: Classe 3
- Suscettibilità inondazione: Classe 5
- Suscettibilità combinata: Classe 4

Lido di Spina / Riserva Bellocchio

- Suscettibilità erosione: Classe 5
- Suscettibilità inondazione: Classe 3-5
- Suscettibilità combinata: Classe 5

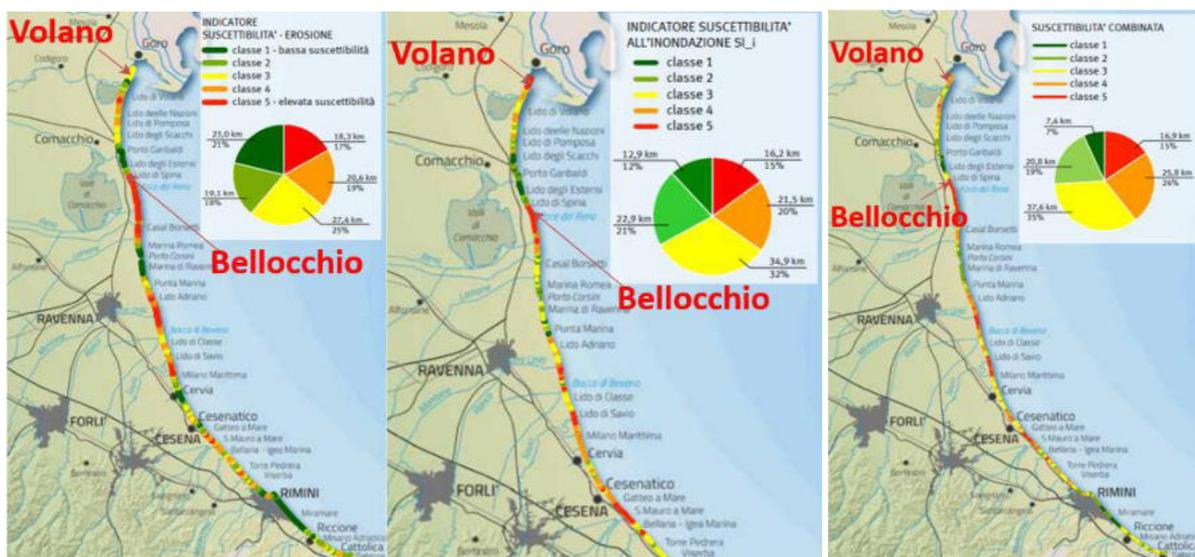


Figura 2: Identificazione indici di suscettibilità a erosione e inondazione per siti di Lido di Volano e Lido di Spina

Entrambi i siti sono pertanto caratterizzati da suscettibilità molto significativa ai fenomeni di erosione e inondazione marina.

Ai fini della costruzione della duna sarà necessario movimentare 452 mc di sabbia circa, che non è possibile reperire nelle immediate vicinanze (ad eccezione dei circa 164 m³ scavati), ma nel tratto litoraneo adiacente posto immediatamente a nord dell'area di intervento, lungo i depositi costieri della propaggine settentrionale del cordone litoraneo, come da indicazioni del Servizio Area Reno e Po di Volano di ARSTePC.



Figura 3 Cerchio rosso vuoto: aree di prelievo della sabbia ubicate nell'area di spiaggia del promontorio a nord della pineta di Volano; in rosso pieno il punto in cui sarà costruita la duna artificiale a nord di Lido di Volano)

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 lettere a), f) ed i) 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, di aree protette e di zone umide;
- 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, Stazione territoriale "Volano - Mesola – Goro" e Sito Natura 2000 ZSC-ZPS "Bosco di Volano" (IT4060007), 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 1).

Tabella 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 452 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 cordone costiero ubicato a nord rispetto all'area di intervento (Figura 3).

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 ridistribuzione 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 nord del Lido di Volano. 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 campioni 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 B 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.

L'inquadramento dell'area di escavo (Foce Lido Volano Nord) è riportato 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)

Il sito di intervento e il sito da cui viene reperito il materiale per la formazione della duna si trovano nel Comune di Comacchio (FE). Tutte le particelle ricadono all'interno del Demanio Marittimo:

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 del ZSC/ZPS IT4060007 "Bosco di Volano".

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

Il progetto include il Piano di Sicurezza e Coordinamento ai sensi del Testo Unico sulla Sicurezza sul Lavoro - D.Lgs. n. 81/2008 e s.m.i. ed è 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 informazioni condivise dal Committente e le ricerche condotte in riferimento al rischio di rinvenimento di ordigni bellici hanno evidenziato che:

- L'area di impianto della duna è oggetto di rimodellamenti stagionali e si presenta stabile dal punto di vista geomorfologico;
- L'area individuata per il reperimento di materiale sabbioso, posta a circa 500 m a Nord dell'area di installazione della duna, è già stata oggetto di attività di scavo.

Pertanto, sulla base dei dati attualmente a disposizione, il rischio si considera non presente.

Le fasi di scavo dovranno comunque svolgersi con la massima cautela da parte dell'Impresa, che dovrà operare in presenza di proprio personale supervisore a terra con il compito di interrompere gli scavi nel caso di accidentali ritrovamenti di elementi sospetti.

2.3 RILIEVO TOPOGRAFICO MORFOLOGICO

I rilievi topografici utilizzati come base per il presente progetto sono stati realizzati nel 2019 con modalità Lidar da ARSTPC e con GPS in modalità RTK da Arpae per la Regione Emilia-Romagna (Arpae, 2020). La fascia del fondale antistante la linea di riva è stata rilevata, sempre nell'ambito dello studio Arpae (2020) con singlebeam e multibeam. Per i rilievi Arpae la stazione master è stata posizionata sul Vertice PG FV 0 600 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 4: Rilievo topografico 2019 con duna

Dall'osservazione del rilievo si evince che le quote della spiaggia nei pressi della duna si attestano su valori compresi tra 1.3 e 1.6 m s.l.m., mentre a monte è ubicato un rilevato esistente, che raggiunge quote massime comprese tra 3.50 m e 3.80 m s.l.m., caratterizzato da un profilo molto dolce lato mare e da un profilo ripido lato monte..

L'ortofoto di seguito riportata conferma la presenza delle morfologie appena descritte.



Figura 5: Ortofoto

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 Scirocco 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 & 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 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 ondametrica "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 $22,5^\circ$ ciascuno, centrati con le direzioni rispetto al Nord geografico.

Boa ondametrica di Cesenatico 2007-2019

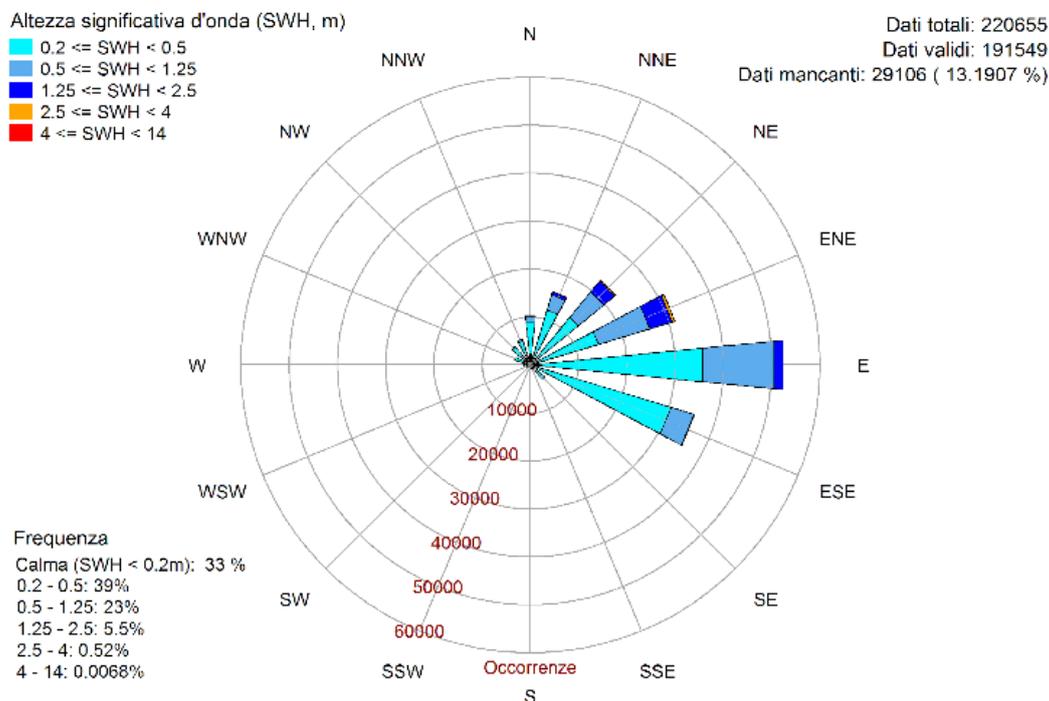


Figura 6: Grafico polare delle altezze d'onda e delle direzioni misurate nel periodo 2007-2019 dalla boa ondametrica Nausicaa situata al largo di Cesenatico. Questo clima ondoso può essere assunto come rappresentativo dell'intera costa dell'Emilia-Romagna.

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: 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 3: 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 4: analisi delle mareggiate nel periodo 2007-2019, con le loro caratteristiche principali.

Anno	Numero mareggiate	Durata totale (h)	Durata media (h)	Energia totale (m ² h)	Energia normalizzata (m ² 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 (con riferimento alla figure preceente e all'istogramma blu riportato nella figura seguente), 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.

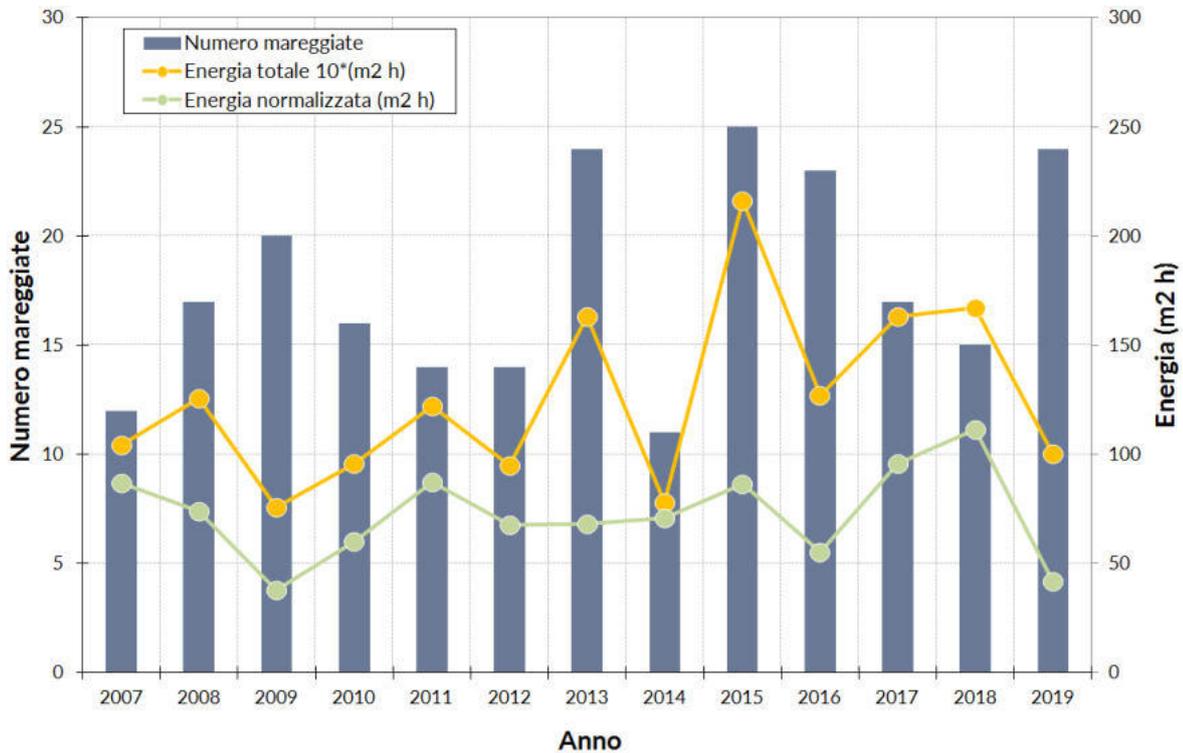


Figura 7: Distribuzione del numero di eventi (istogramma blu), dell'energia totale (linea arancio) e dell'energia normalizzata (linea verde) nel periodo giugno 2007 - dicembre 2019.

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):

$$E = \int_{t_1}^{t_2} H_{s,2} dt (m^2 hr)$$

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

Tabella 5: 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 sottostante si evince che i mesi che, generalmente, registrano il maggior numero di mareggiate (quindi maggiormente energetici) sono quelli da ottobre a marzo.

Tabella 6: 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
TOTALE														232

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.

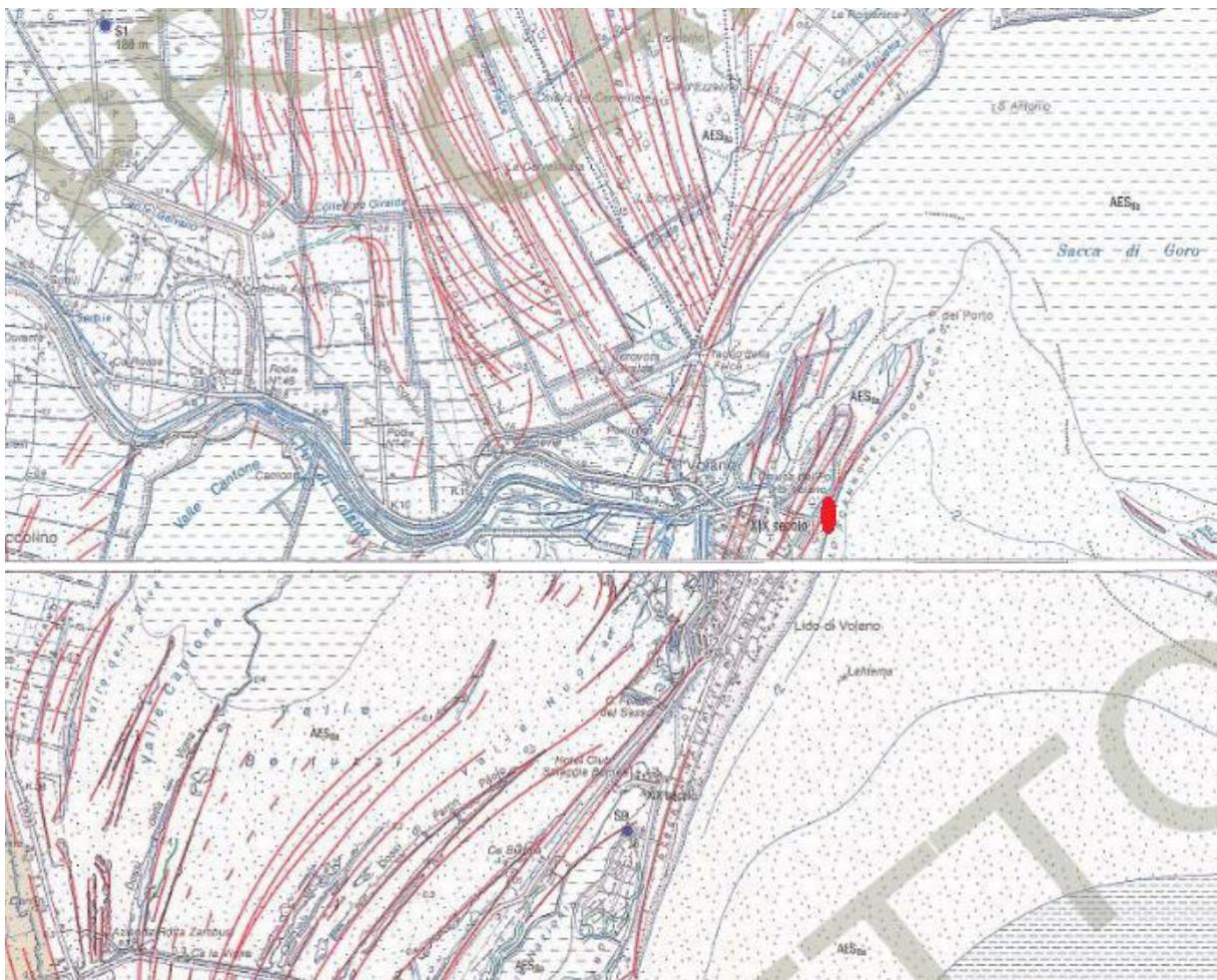


2.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

2.5.1 Inquadramento geologico

La piana costiera del Lido di Volano 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 (Fogli n. 187 'Codigoro' e 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 Volano è rappresentata da depositi post-romani di spiaggia attuali e recenti 'Unità di Modena'.



Unità di Modena

Unità a limiti inconformi di rango minore al tetto del Subsistema di Ravenna. Comprende sabbie, limi e argille deposte in ambiente deltizio e litorale organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi di spessore plurimetrico. Limite inferiore inconforme ben definito al margine appenninico padano, dove è caratterizzato da una superficie di erosione fluviale lateralmente correlata ad un suolo da decarbonato a parzialmente decarbonato contenente resti archeologici di età compresa tra il Neolitico ed il periodo Romano. Limite superiore coincidente con il piano topografico.

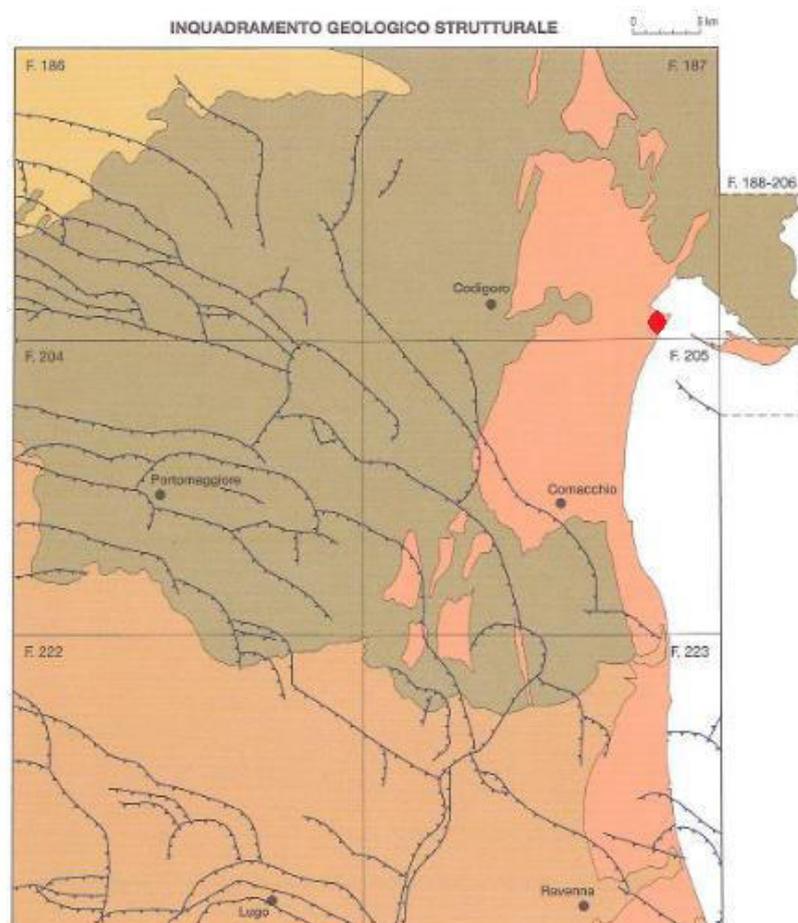
Spessore massimo 6 m.

POST-ROMANA (IV-VI sec. d. C. - Attuale; definita su base archeologica e radiometrica)

Figura 8: 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



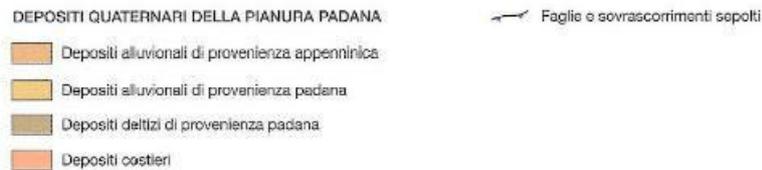


Figura 9: Fronte sepolto delle 'pieghe romagnole' e depositi quaternari dell'area del sito

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 foci del Fiume Po, caratterizzata da specchi lagunari, paludi, aree verdi (vegetazione arborea) e fasce di spiaggia ricoperte da arbusti con infrastrutture. L'area è caratterizzata 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.

Il sito è localizzato sulla spiaggia interposta tra l'estuario del Po di Volano ed il mare, come visibile nella figura seguente.

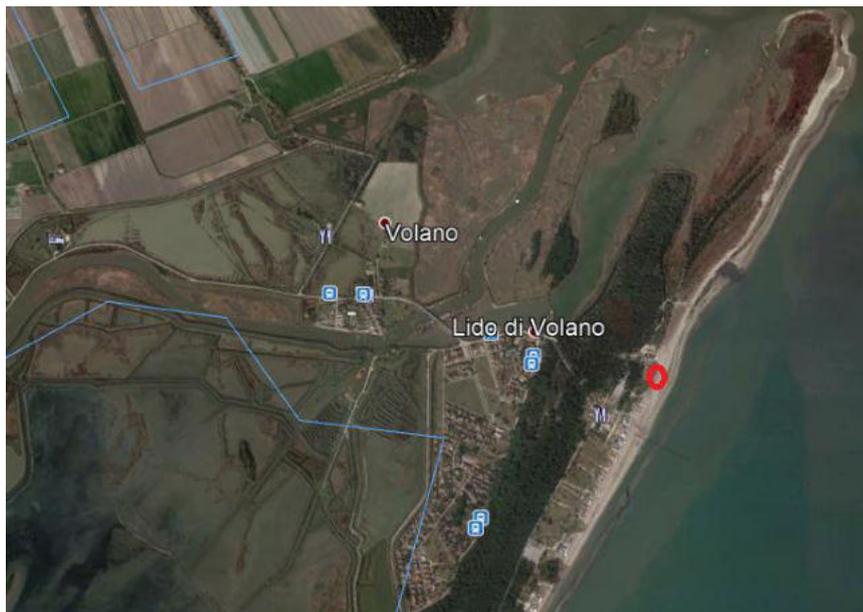


Figura 10: Panoramica geomorfologica e idrografica dell'area del sito

Idrograficamente la spiaggia del sito è praticamente circondata da specchi d'acqua: l'estuario del Po di Volano 500m ad ovest, la laguna dello stesso Po di Volano (Valle Bertuzzi) un chilometro a Sud-Ovest, esteso circa 1000 ettari, ed il mare Adriatico ad Est. Il corso idrico più vicino al sito (circa 500 m ad Ovest) è il sopracitato Po di Volano.

La formazione del territorio intorno a Comacchio, nella sua configurazione attuale, è relativamente recente, e consegue a ripetute variazioni dei rapporti di equilibrio tra livello del mare, apporti solidi dei corsi d'acqua ed entità dei fenomeni di subsidenza e intervento antropico. Con l'inizio del periodo interglaciale, il cui apice termico è stato riconosciuto intorno al 3000 a.c, il settore più orientale della pianura padana è interessato dall'innalzamento del livello marino. Nei successivi 5000 anni, tuttavia, la linea di costa, ubicata molti chilometri ad ovest dell'attuale, si sposta progressivamente a seguito delle abbondanti sedimentazioni fluviali. Questo graduale accrescimento è testimoniato da una serie abbastanza continua di cordoni. Attualmente queste strutture appaiono oblite e sepolte da sedimenti più recenti, il cui spessore aumenta da Ovest verso Est. La seguente figura mostra la carta geomorfologica dell'area deltizia del Po con visibili i vari allineamenti di paleodune ancora affioranti o sub-affioranti.

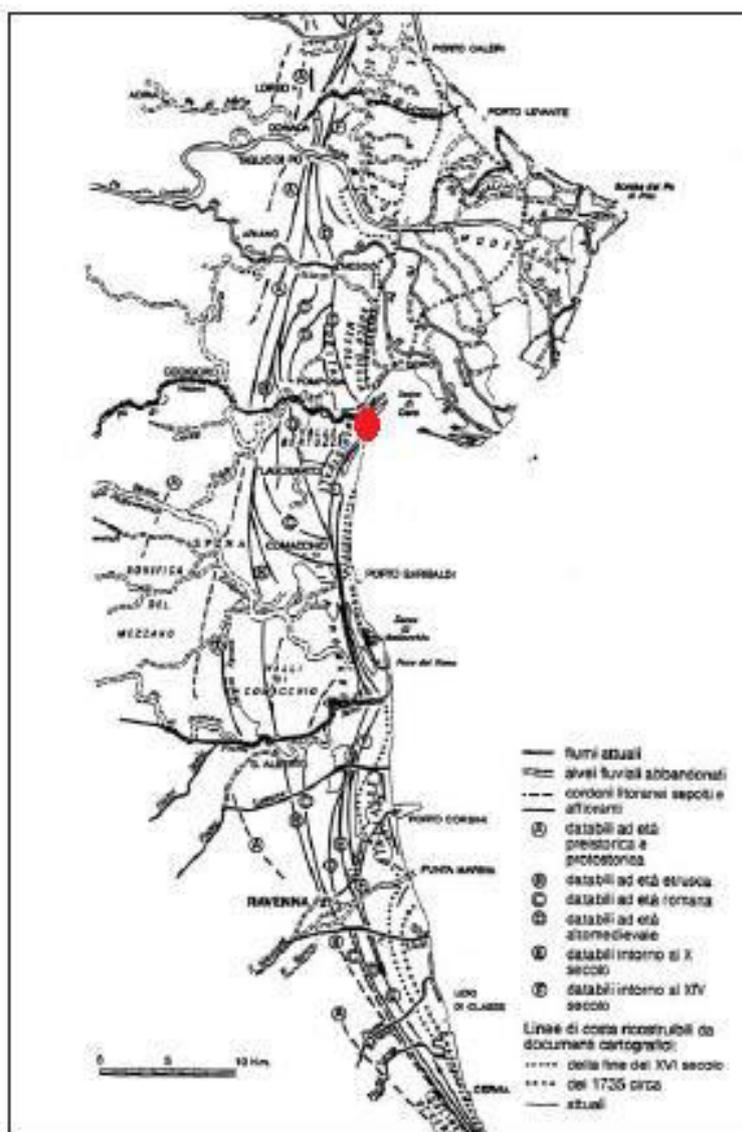


Figura 11: Carta geomorfologica dell'area deltizia (● Sito)

Sulla linea di costa nel I-II secolo a.C. ha trovato insediamento quella che poi diventerà la città di Comacchio. Questo primo villaggio di mare è sorto sulle spiagge di un ampio golfo rivolto verso Nord- Est, interrotto da alcuni canali di foce, che fungevano da buon approdo. Nel giro di pochi secoli, gli intensi apporti del fiume Padoa Eridano hanno fatto progredire la linea di costa, creando delle barene e degli scanni al largo, responsabili dell'interclusione del Golfo di Comacchio, trasformandolo da mare a Laguna. La diminuzione del trasporto solido del fiume Padoa Eridano, divenne sempre più significativo il trasporto solido del Po di Volano (dal VI secolo d.C.), i cui sedimenti ridistribuiti sulla costa dalle azioni delle correnti marine, hanno fatto accrescere i cordoni di dune verso Est. La seguente figura mostra le modifiche della linea di costa dall'età del bronzo al 1860.

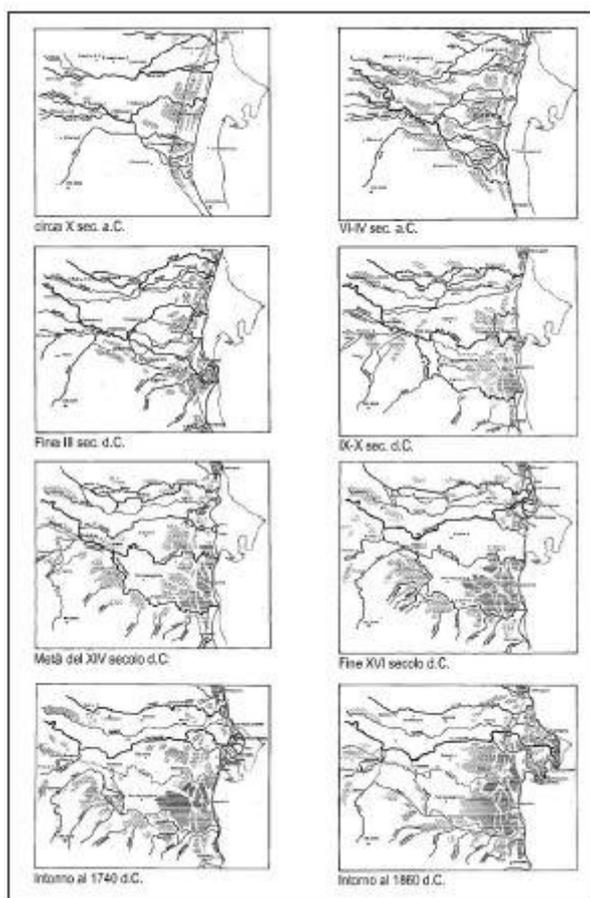
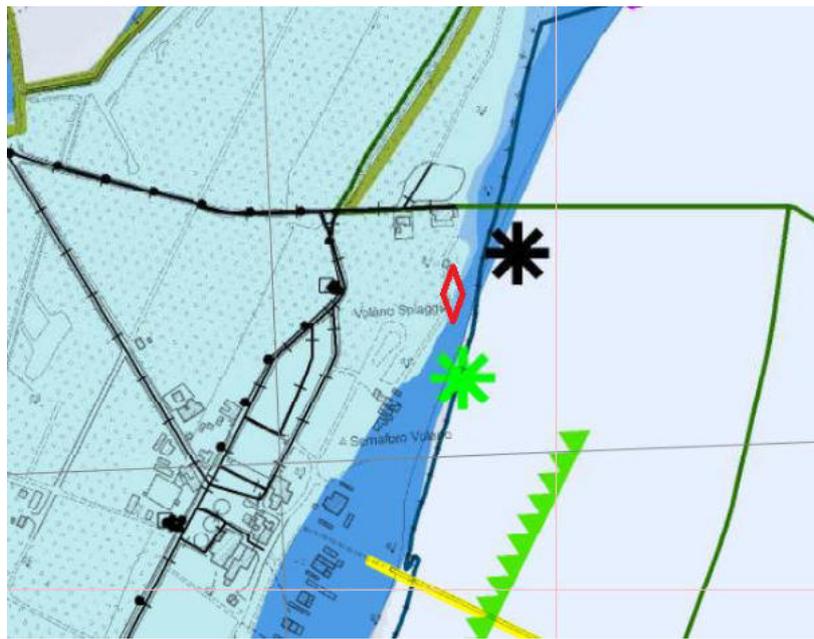


Figura 12: Evoluzione dell'area deltizia dal X secolo a.C. al 1860

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 13) con la vulnerabilità degli elementi costieri ai fenomeni alluvionali dedotta dall'analisi dell'uso del suolo. Il territorio è stato quindi classificato in 3 classi di pericolosità di inondazione. Il sito in esame ricade nella classe di pericolosità con elevata probabilità di alluvionamento (Alluvioni frequenti, tempo di ritorno 10 anni).



Scenari di Pericolosità

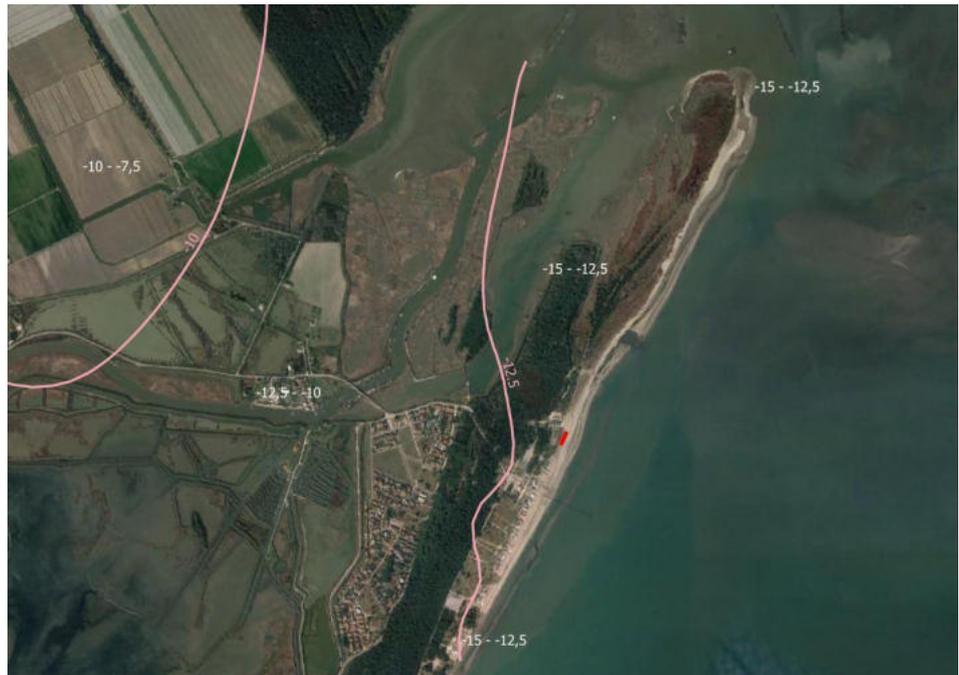
- P3 – H** (Alluvioni frequenti:
tempo di ritorno 10 anni - elevata probabilità)
- P2 – M** (Alluvioni poco frequenti:
tempo di ritorno 100 anni - media probabilità)
- P1 – L** (Alluvioni rari o scenari
di eventi estremi: tempo di ritorno >>100 anni)

Figura 13: Pericolosità alluvionamento dell'area del sito (0)

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.

Secondo lo studio della Regione Emilia-Romagna (2018) basato su analisi interferometriche, nel periodo 2011-2016 il litorale nella sua interezza presenta un abbassamento medio, relativamente ad una fascia di 5 km verso l'entroterra, di circa 3 mm/anno. La velocità di abbassamento del suolo risulta essersi ridotta progressivamente negli ultimi anni. Lo studio è stato condotto su analisi di dati relativi ai periodi 1984-1987, 1987-1999, 1999-2005, 2006-2011 e 2011-2016. Sono stati scelti un caposaldo di livellazione che presentassero con serie storica con inizio a partire dal primo rilievo del 1984 seguito dai rilievi del 1987 e 2005, sempre con metodi topografici; le serie storiche sono state infine completate utilizzando le velocità di abbassamento rilevate per medesimi siti dalle analisi interferometriche del 2006-2011 e 2011-2016. Dall'osservazione delle mappe delle isocinetiche della zona di Volano riportate di seguito relative al periodo 2002-2016, in corrispondenza del sito di progetto (vedi ubicazione NBS in rosso) si osserva un evidente trend di riduzione della velocità di abbassamento che è passata da un range di -15 - -12,5 mm/anno, nel periodo 2002-2011, a -5 - 2,5 mm/anno, nel periodo 2011 - 2016.

2002-2006



2006-2011



2011-2016



Figura 14: Lido di Volano. In rosso posizione della NBS. In rosa: isocinetiche; in bianco: velocità di abbassamento.

Dal punto di vista idrogeologico, data la posizione dell'area di progetto presso la riva del mare, l'acqua nel sottosuolo risulta salata o salmastra e ad una profondità pressoché corrispondente al livello marino. Muovendosi verso l'interno della fascia costiera, ad ovest dell'area di progetto, l'influenza dell'acqua di mare ('cuneo salino') si riduce soggiacendo ad uno spessore sempre maggiore di acqua dolce (falda freatica).

2.6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

2.6.1 Sintesi delle indagini geotecniche

La caratterizzazione stratigrafica è basata principalmente sulle risultanze delle indagini pregresse eseguite nell'area oggetto di intervento, nel periodo compreso tra il 1984 e il 2002, messe a disposizione dal portale geologico dell'Emilia-Romagna. Le indagini hanno compreso:

- 4 sondaggi di lunghezza variabile (denominati da S1 a S4);
- 1 indagine CPTU da 35 m (denominata CPTU1);
- 1 penetrometrica dinamica DPT (denominata DPT1);
- 1 sondaggio elettrico DE1 (denominata SE1).

Si riporta di seguito la planimetria delle indagini disponibili nell'area di intervento e l'individuazione geologica dell'area.



Figura 15: Estratto carta geologica con planimetria indagini area di intervento Lido di Volano

In particolare:

- i 4 sondaggi, eseguiti tra il 1984 e il 1988, hanno lunghezza limitata e compresa tra 3.2 m e 5.4 m; i sondaggi S1 e S2 sono eseguiti nell'area di spiaggia oggetto del progetto e sono indubbiamente molto più significativi rispetto ai sondaggi S3 e S4, eseguiti nell'area posta più a monte, lontano dalla spiaggia. I sondaggi S1 e S2 evidenziano per tutta la lunghezza la presenza di sabbia limosa, mentre i sondaggi S3 e S4 alternano i medesimi strati di sabbia limosa a strati di argilla limosa. Tali risultanze sono in pieno accordo con le indicazioni della carta geologica;
- la prova penetrometrica statica CPTU1 è stata eseguita nel 2002 immediatamente a tergo della spiaggia e ha lunghezza 35 m. Tale indagine permette, con l'ausilio dei sondaggi adiacenti, di caratterizzare l'area dal punto di vista stratigrafico, geotecnico e sismico;
- Il sondaggio elettrico SE1, eseguito nel 1990, identifica valori di resistività elettrica compresi tra 1 e 30hm/m, ma in assenza di informazioni più dettagliate su caratteristiche della prova e profondità indagate, si considerano poco rilevanti i risultati ottenuti.

Alla luce della disamina sopra presentata, si deduce pertanto che la documentazione disponibile è solo parzialmente utilizzabile, ma i dati disponibili permettono comunque la caratterizzazione geotecnica e sismica dell'area, riportata nei capitoli seguenti.

A supporto delle indagini sopra descritte, sono state analizzate anche le risultanze della campagna di indagini eseguita nel 2019 da Te.Ma in un'area posta più a sud, presso Lido Spina, caratterizzata dalla presenza di un quadro geologico simile a quello dell'area di progetto e utilizzabile, a fine di confronto, almeno per la caratterizzazione degli strati più superficiali. Per tale campagna di indagini, eseguita tra il 15 ed il 30 marzo 2019 nel contesto del progetto europeo Operandum, è disponibile documentazione completa anche in termini di prove in sito e di laboratorio; la campagna è costituita dalle indagini descritte in dettaglio nella Relazione di caratterizzazione geotecnica e sismica, a cui si rimanda per maggiori dettagli.

2.6.2 Inquadramento stratigrafico dell'area

Alla luce dei risultati delle indagini sopra descritte, si evince che il terreno della spiaggia è costituito da una alternanza di limi sabbiosi e sabbie limose.

In particolare, dalle risultanze delle diverse prove in situ (sondaggio per i primi metri, prova CPTU) può essere derivato il seguente schema stratigrafico:

- da 0 a 4.0 m (spessore 4.0 metri): sabbia da medio a fine, localmente limosa all'aumentare della profondità;
- da 4.0 m a 6.5 m: alternanza di limo sabbioso, localmente argilloso, e sabbia limosa;
- da 6.5 m a 9.0 m: sabbia medio fine limosa;
- da 9.0m a 15.0m: alternanza di limo sabbioso, localmente argilloso, e sabbia limosa;
- da 15.0 m a 35.0 m (fine CPTU): limo argilloso e argilla limosa poco o mediamente consistente, con presenza di due lenti sabbioso – limose tra 27.5 m e 29.0 m e tra 32.3 m e 33.8 m.

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.

Si possono considerare due differenti unità geotecniche:

- Unità A: sabbie fini limose e limi sabbiosi, caratterizzati da un peso di volume medio di 17 kN/m^3 e da un numero di colpi medio da prova SPT di 8;
- Unità B: limi argillosi e argille limosi, con alcune intercalazioni sabbioso – limose, poco o mediamente consistenti. L'unità è caratterizzata da un peso di volume medio di 16 kN/m^3 .

Per quanto riguarda la caratterizzazione dell'Unità A, si considerano i risultati dell'interpretazione della CPTU1, eseguita presso Lido di Volano. Per quanto riguarda l'angolo di attrito sono state considerate differenti correlazioni di letteratura, considerando i valori più cautelativi ottenuti dalle correlazioni. Con riferimento ai diagrammi riportati in Appendice B, le linee azzurro, verde e magenta sono caratteristiche di materiali sabbiosi, mentre la linea arancione è caratteristica di materiali limoso-argillosi e infatti è presente solo in alcune porzioni dell'unità A. si evince che i primi 4-5 m sono caratterizzati da caratteristiche meccaniche leggermente migliori, con un angolo di attrito che in tutta l'unità risulta compreso tra 29° e 35° .

Si considerano per raffronto i parametri ottenuti dalle prove SPT eseguite presso il sito di Lido Spina. Per la determinazione dell'angolo di attrito si considerano le formulazioni di Peck, Hanson e Thornburn e quella delle JNR, descritte in precedenza, da cui si ricava un angolo di attrito pari a 29° .

Si nota come gli angoli di attrito ricavati dalle prove CPTU siano spesso leggermente sovrastimati e pertanto si fa riferimento per la caratterizzazione al valore minimo dell'intervallo ottenuto, che corrisponde all'angolo di attrito ottenuto dalle prove SPT. Si considera pertanto un angolo di attrito pari a 29° .

Per quanto riguarda il modulo di Young, dalla prova CPTU si evincono valori di E compresi tra 15 MPa e 60 MPa, con un valore medio intorno ai 30 MPa. Con riferimento alle prove SPT, si considera la formulazione di Schultze – Menzenbach, da cui si evince un modulo di Young di 15 MPa. Con approccio analogo a quello utilizzato per l'angolo di attrito, si ottiene un modulo di Young di 15 MPa.

Per quanto riguarda la caratterizzazione dell'Unità B, si considerano i risultati dell'interpretazione della CPTU1, eseguita presso Lido di Volano. Trattandosi di una unità limoso-argillosa, si fa riferimento principalmente a parametri in condizioni non drenate. Con l'eccezione delle lenti locali più grossolane e più performanti, che vengono cautelativamente trascurate, anche perché poste a profondità del tutto irrilevanti per l'opera di progetto, l'unità ha comportamento abbastanza uniforme. Si determinano una coesione non drenata di 40 kPa e un modulo edometrico di 10 MPa.

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 Vs misurati nei primi 30m attraverso specifiche prove (down-hole in foro, MASW, etc.).

Nel caso dell'area in esame, è presente una prova CPTU con misura indiretta delle Vs fino a 30m.

Con riferimento alla prova CPTU1 disponibile presso Lido di Volano, è stato ricavato il seguente profilo di vs, da cui si determina una $v_{s,30}$ pari a 140 m/s.

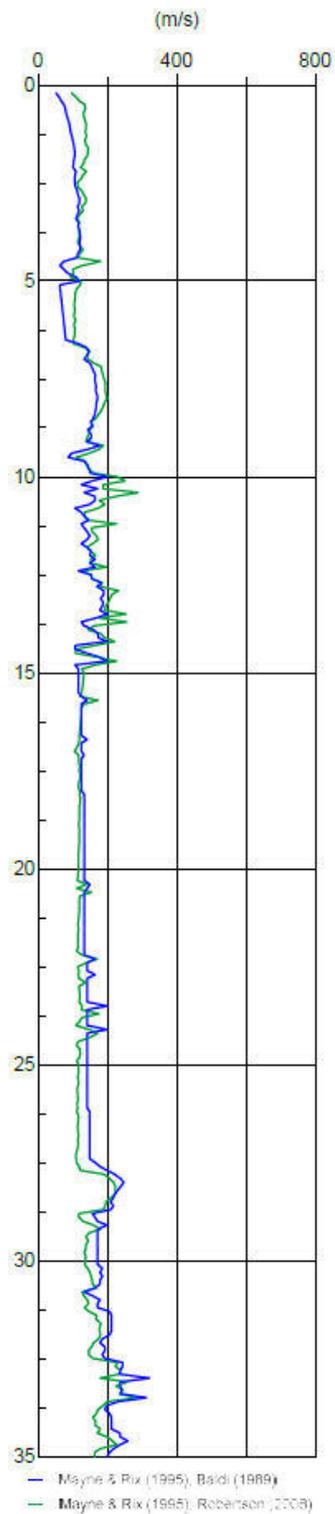


Figura 16: Valori V_s derivati da prova CPTU1 Lido di Volano

Per confronto è stata analizzata anche la prova CPTU eseguita presso il sito di Lido Spina, da cui sono solo derivati valori di V_s attraverso la prova CPTU condotta però fino solo a 15m di profondità. Si ricava una $v_{s,30}$ pari a 137 m/s, confrontabile a quella ottenuta presso Lido di Volano.

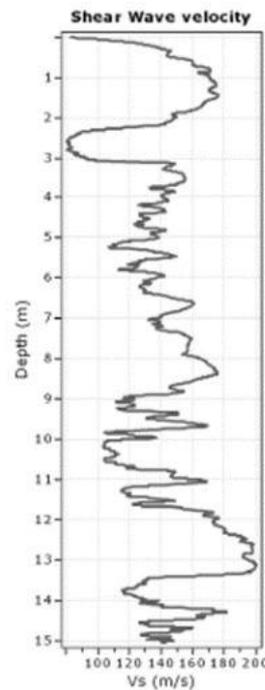


Figura 17: Valori Vs derivati da prova CPTU

La caratterizzazione dell'azione sismica avviene, in accordo a quanto previsto dalle NTC 2018, individuando come parametro caratterizzante l'accelerazione orizzontale massima che questo produce nel substrato con una certa probabilità di accadimento in un certo intervallo temporale, funzione della tipologia della struttura.

Si osserva come il progetto ricada all'interno dei requisiti definiti dall'art. 9, comma 3 della Legge Regionale n. 19 del 2008, per l'esclusione dalle procedure di autorizzazione e di deposito di cui agli articoli 11 e 13 del Titolo IV "Vigilanza su opere e costruzioni per la riduzione del rischio sismico" della legge stessa, per gli interventi dichiarati, dal progettista abilitato, privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici. Con riferimento all'Allegato A, tra le tipologie di interventi che possono essere definiti privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici figurano, al punto A.1.2.3, Opere di sostegno, opere idrauliche, opere e manufatti interrati con fondazione diretta costituite da Terre armate, rilevati, argini di altezza fuori terra < 3 m. Nel caso in esame il rilevato in oggetto ha in tutti i casi altezza fuori terra inferiore a 3 m e può pertanto essere escluso dalle procedure di autorizzazione e deposito a fini sismici. Si riporta in ogni caso nel seguito la caratterizzazione sismica del sito in esame; si osserva peraltro che, dal punto di vista di calcolo, l'azione sismica non risulta essere l'azione dimensionante per un rilevato finalizzato alla protezione dal moto ondoso.

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico è costituito dallo spettro di risposta elastico, descritto da forme diverse per le componenti orizzontali e verticali del moto. L'azione sismica è caratterizzata da tre componenti traslazionali, di cui due orizzontali X e Y ed una verticale Z.

Le NTC 2018 caratterizzano l'azione sismica in funzione della pericolosità sismica di base del sito di costruzione. In particolare, la caratterizzazione delle azioni sismiche avviene a partire dalla definizione del periodo di riferimento per la costruzione. L'analisi dettagliata delle condizioni del sito è riportata nella Relazione di caratterizzazione geotecnica e sismica (RS.02, a cui si rimanda per maggiori dettagli).

In sintesi, per il caso in esame, si considera una vita nominale di 25 anni e una classe d'uso I, corrispondente a C_u pari a 0.7. Si riportano di seguito i parametri sismici orizzontali in accelerazione su suolo rigido determinati per l'area di studio, considerando i parametri di vita nominale e classe d'uso sopra descritti.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

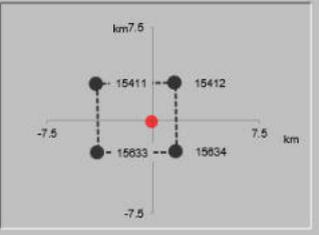
Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



le
per
che
le
ere
alle
,
la

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata ▼

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 18: Determinazione parametri sismici in accordo a NTC

Tabella 7: Parametri spettri orizzontali accelerazione su suolo rigido, VN 25 anni, Cu 0.7

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.030	2.502	0.222
SLD	35	0.031	2.515	0.235
SLV	332	0.063	2.703	0.335
SLC	682	0.078	2.713	0.349

In merito alla risposta sismica locale, dal punto di vista topografico l'area in esame è riconducibile alla categoria T1, caratterizzata da un coefficiente pari a 1.0.

Dal punto di vista stratigrafico, l'identificazione della tipologia di categoria del sottosuolo ai sensi del DM 2018, viene in questa fase redatta con riferimento alle vs ricavate dalla prova CPTU. La velocità delle onde di taglio equivalente ricavata dalle prove è pari a circa 140 m/s, come riportato in precedenza.

Con riferimento al paragrafo 3.2.2 (Tabella 3.2.II) delle NTC 2018, di seguito riportata, il sottosuolo risulta essere di tipo D (vs < 180 m/s).

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, 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 composita 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.

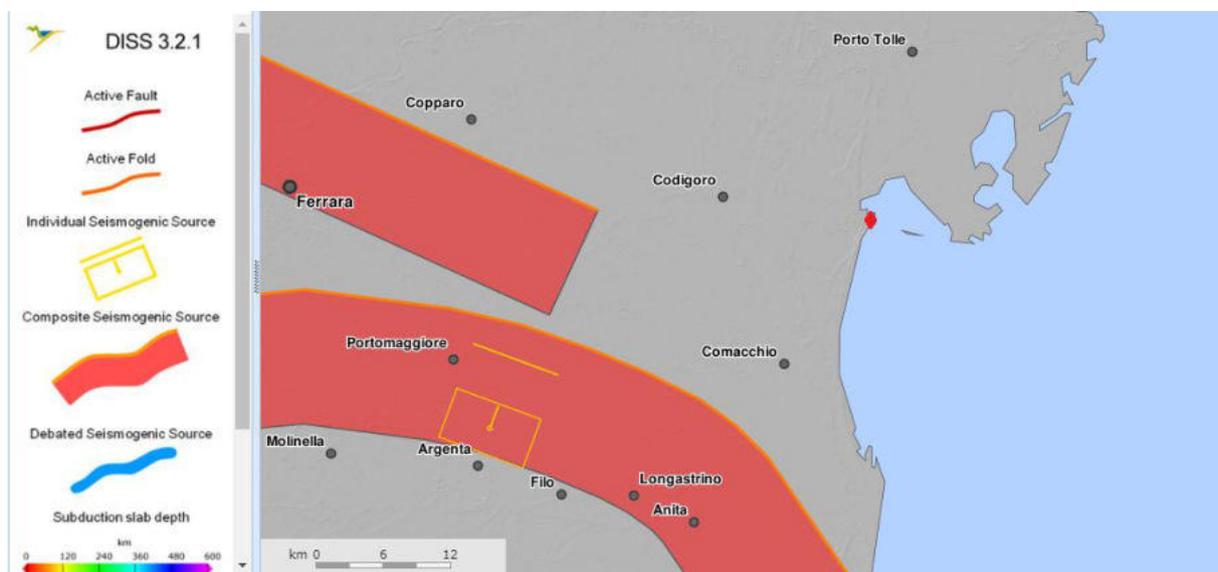


Figura 19: Mappa delle sorgenti sismogenetiche nell'area circostante il sito (Diss Working Group, 2018)

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/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) (2016) non riporta faglie capaci in prossimità dell'area di progetto (Figura 20). 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.

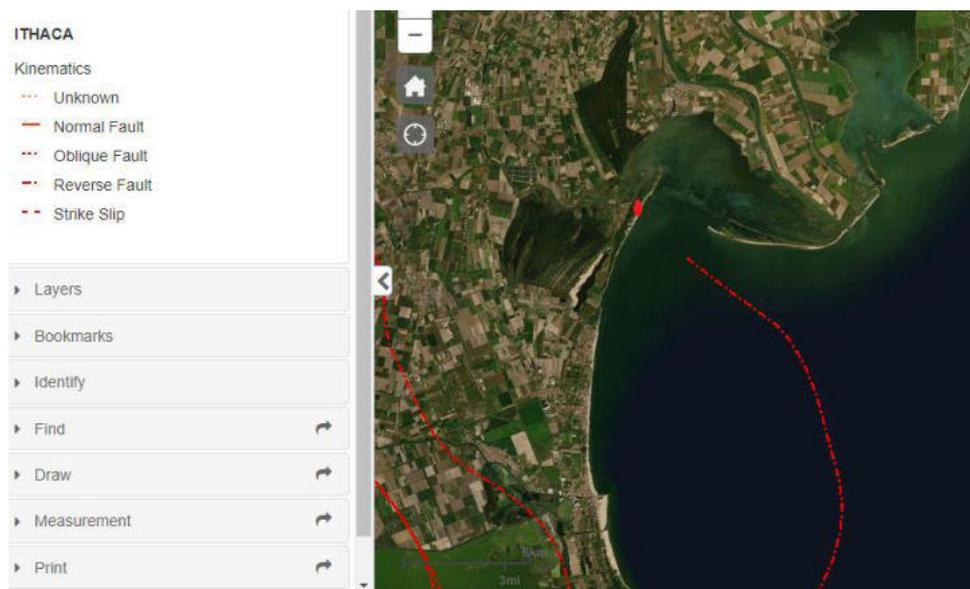


Figura 20: Mappa delle faglie ‘Capaci’ nell’Area circostante il sito (SGI - ISPRA, 2018)

2.7.2 Sismicità

La mappa della sismicità dei terremoti registrati strumentalmente dal 1985 estratta dal Catalogo INGV ‘Iside’¹ (“Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE”) (2016) (Figura 21) non evidenzia una particolare sismicità nell’area circostante Lido di Volano. I terremoti registrati più prossimi all’area di progetto, a circa 30km, sono di Magnitudo intorno a 4.0 o inferiore.

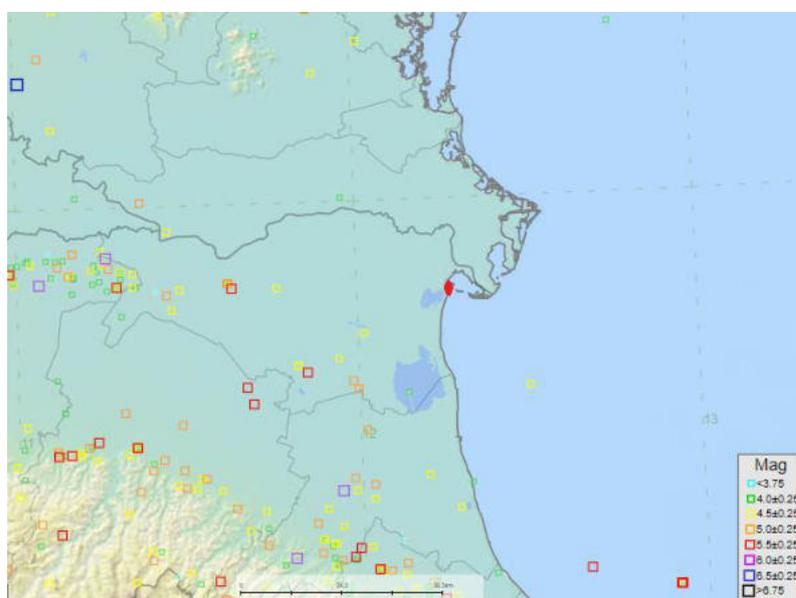


Figura 21: Magnitudo dei Terremoti estratti dal database Iside (INGV)
(estratti dal database Iside (INGV)) ( Sito)

¹ ISIDe working group (2016) version 1.0, DOI: 10.13127/ISIDe

Fonte: Sito INGV

La figura seguente 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}) ≥ 5 o magnitudo momento (M_w) ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

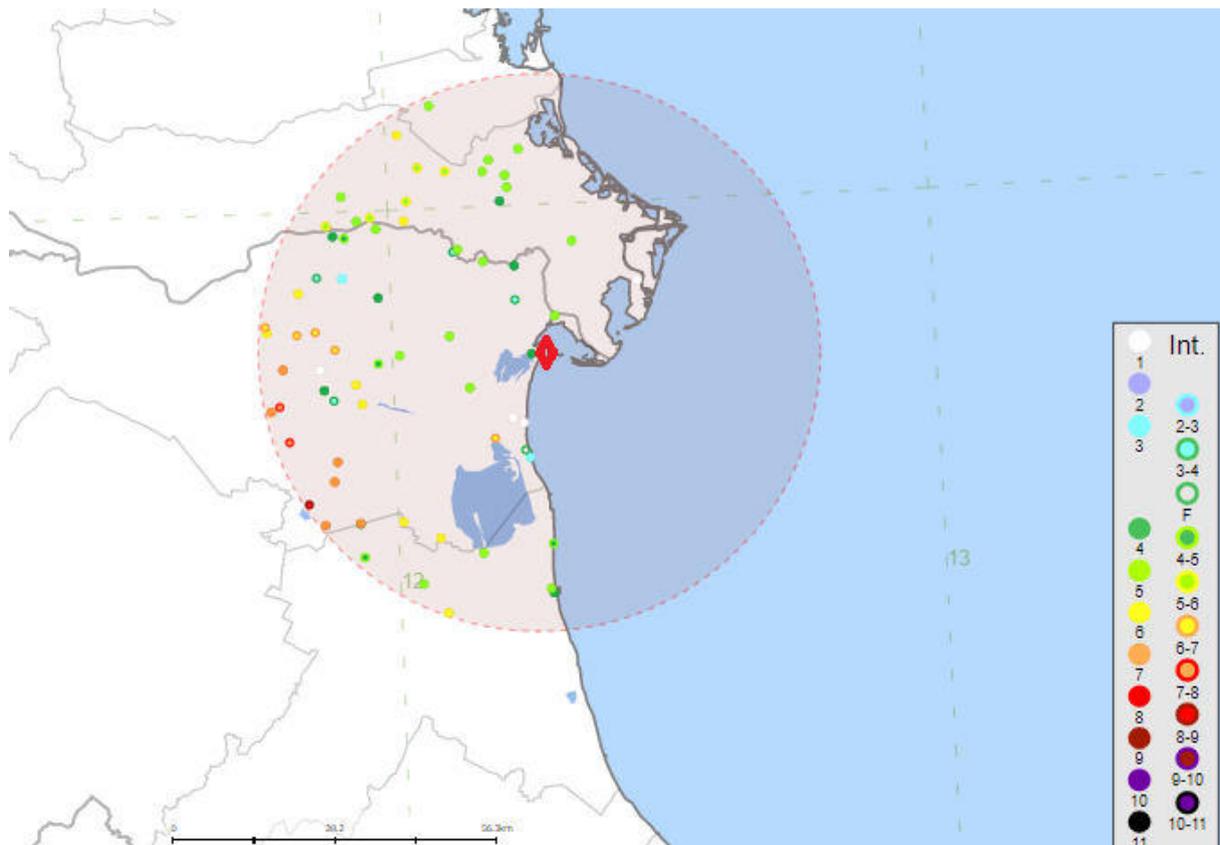
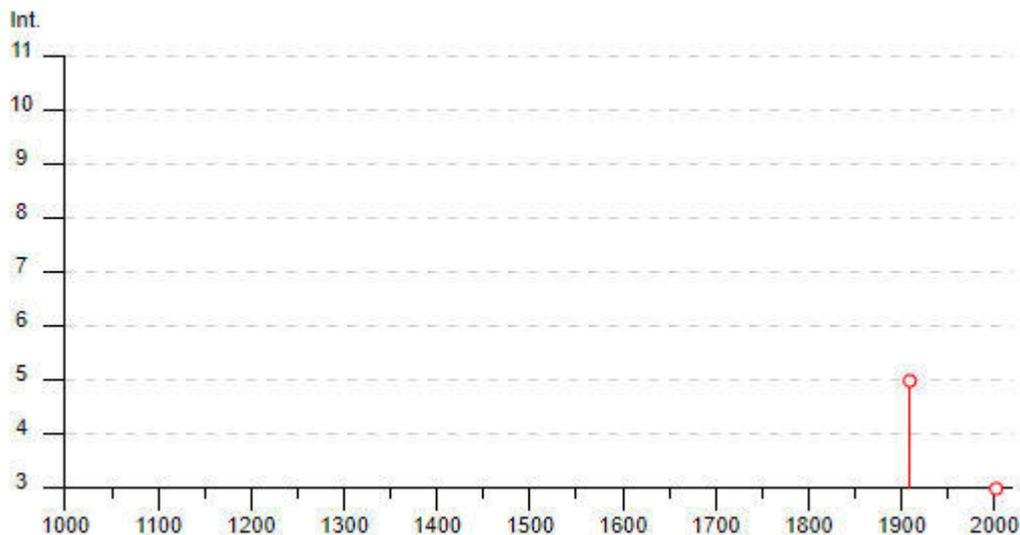


Figura 22: Intensità massima risentita dei terremoti in un raggio pari a 40 km da Lido di Volano, estratti dal CPTI15 (●Sito)

Fonte: Sito INGV

Come riferimento di intensità massima (I_{max}) di risentimento per Lido di Volano può essere considerato il valore pari a 5 valutato dall'INGV per l'adiacente cittadina di Goro con riferimento alle intensità di 5 terremoti di riportati nella lista sottostante (Figura 23).



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
2-3	1989	09	13	21	54	1	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
3	2002	11	02	10	57	4	Ferrarese	79	4	4.21

Figura 23: Intensità massime dei terremoti risentiti a Goro presso Lido di Volano, estratte dal CPT115

Fonte: Sito INGV

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto di Lido di Volano, 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. Il vicino comune di Comacchio è classificato in Zona Sismica 3 ($0,05 < a_g < 0.15g$).

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 $V_s > 800m/s$ per l'area in esame risultano valori di a_g compresi tra $0.050 < a_g \leq 0.075$ associabili all'intervallo definito per la Zona Sismica 3 ($0.05 < a_g \leq 0.15$).

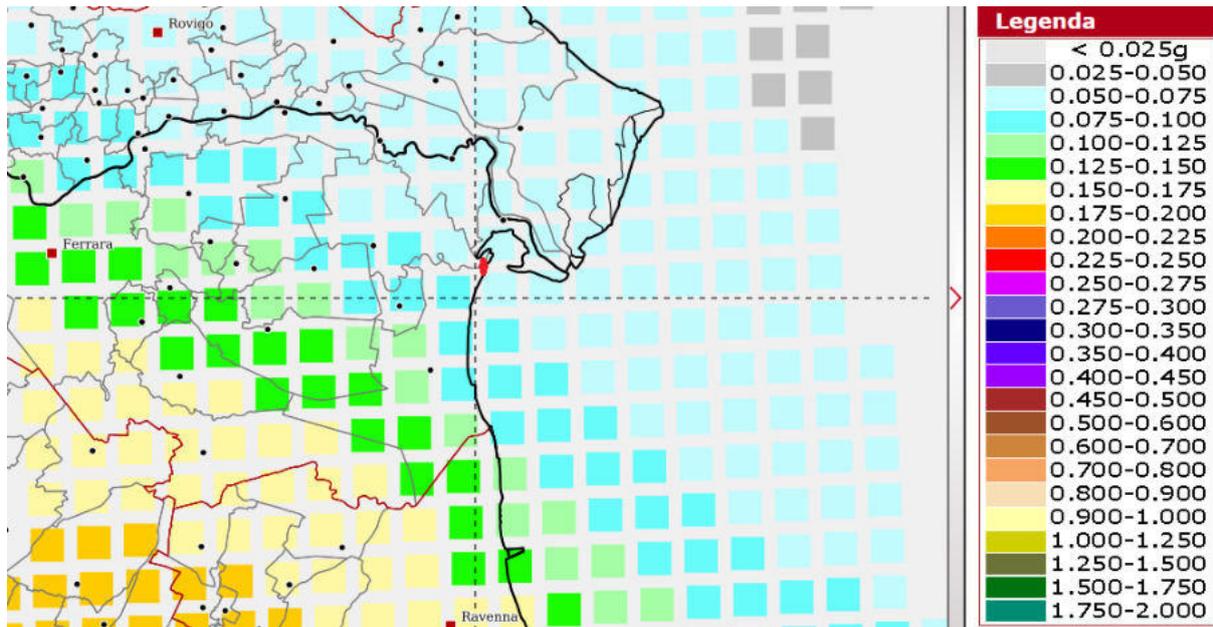


Figura 24: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (da INGV) nell'area del sito (0 Sito)

L'analisi di disaggregazione derivata dall' INGV (2008) ha permesso di identificare come terremoto dominante lo scenario di pericolosità sismica dell'area un sisma di Magnitudo 5,26 ad una distanza di 52,4 km (figura seguente).

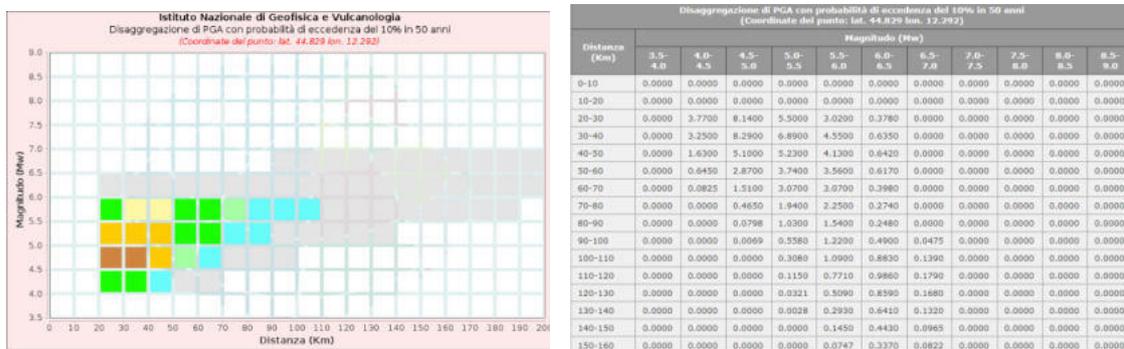


Figura 25: Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area

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 Volano per la composizione litologica prevalentemente sabbiosa argillosa non risultano soggetti al fenomeno della liquefazione (figura seguente).

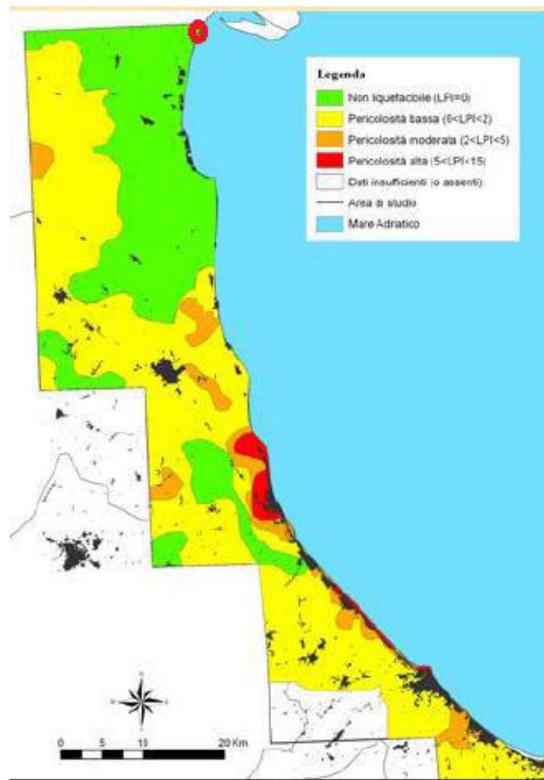


Figura 26: Mappa della pericolosità alla liquefazione dell'area del sito (●)



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
- difesa dall'erosione della duna esistente e dell'area posta immediatamente a tergo della spiaggia.

La duna artificiale dovrà pertanto essere posizionata in adiacenza alle zone da proteggere sul lato mare, ad una distanza dalla linea di costa tale da non rischiare di essere distrutta in tempi troppo brevi, e allo stesso essere raggiunta dal moto ondoso in occasione di mareggiate significative. Il corpo principale della duna sarà costituito da un rilevato che 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. Al fine di non lasciare esposte le estremità e la parte frontale del rilevato, è stato scelto di collocare al piede di esso e in corrispondenza delle parti terminali, una struttura aggiuntiva avente il fine di incrementare l'effetto dissipativo dell'opera. Tale protezione consisterà in due file di palizzate, all'interno delle quali verranno disposti tronchi, ramaglie e fascine di erica disposte orizzontalmente e verticalmente.

3.3 Criteri meteomarini

La progettazione della nuova opera ha tenuto in considerazione anche la presenza di pressioni aggiuntive dovute all'impatto delle onde sul manufatto di progetto, eseguita tramite l'analisi degli eventi estremi e la successiva modellazione numerica.

L'analisi degli eventi estremi, eseguita sui dataset di onde e livelli misurati dalle stazioni di monitoraggio di Arpae Emilia-Romagna, ha permesso l'individuazione di 3 mareggiate significative associate ai tempi di ritorno di 2, 10 e 25 anni. Tali tempi di ritorno sono considerati rappresentativi per la valutazione della resistenza dell'opera in condizioni marine estreme, in relazione alla durata di vita dell'opera.

In assenza di stazioni di misura relativamente prossime all'area di intervento, è stato scelto di eseguire l'analisi degli eventi estremi sui dati di onda misurati dalla Boa Ondametrica Nausicaa posizionata al largo di Cesenatico e sui dati di livello misurati dal mareografo di Porto Garibaldi. Tali stazioni sono in funzione continuativa da molti anni e forniscono quindi un dataset consistente per una corretta analisi degli eventi estremi.

Le mareggiate selezionate, corrispondenti ai suddetti tempi di ritorno, sono state utilizzate come forzanti marine per il modello numerico costiero XBeach, in grado di simulare la propagazione dell'onda verso riva e valutare il conseguente comportamento della spiaggia e dell'opera soggetta a tali condizioni.

A causa della sua geolocalizzazione, la spiaggia di interesse è maggiormente esposta a eventi di mareggiata di Scirocco provenienti da sud-est. Tali eventi sono caratterizzati da lunghe durate che causano frequentemente fenomeni di innalzamento del livello del mare in alto Adriatico, con il conseguente allagamento delle aree in questione. Su tali basi, è stato ritenuto opportuno focalizzare la modellazione numerica sul rischio legato a tale innalzamento di livello. Per ciascuna simulazione il livello del mare è stato quindi mantenuto costante e pari al livello associato al tempo di ritorno simulato, al fine di considerare lo scenario peggiore.

Tramite il modello XBeach sono quindi state calcolate le componenti x e y della forza risultante dall'azione ondosa (F_x e F_y) agente sull'opera per i 3 eventi di mareggiata selezionati, associati ai tempi di ritorno di 2, 10 e 25 anni.

Si riporta di seguito, a titolo esemplificativo, il diagramma più gravoso delle pressioni agenti sul fronte della duna nel corso delle mareggiate, con riferimento a un periodo di ritorno di 25 anni e a un livello del mare pari al livello reale misurato. Per maggiori dettagli in merito si rimanda alla Relazione di calcolo (Doc. RS.03).

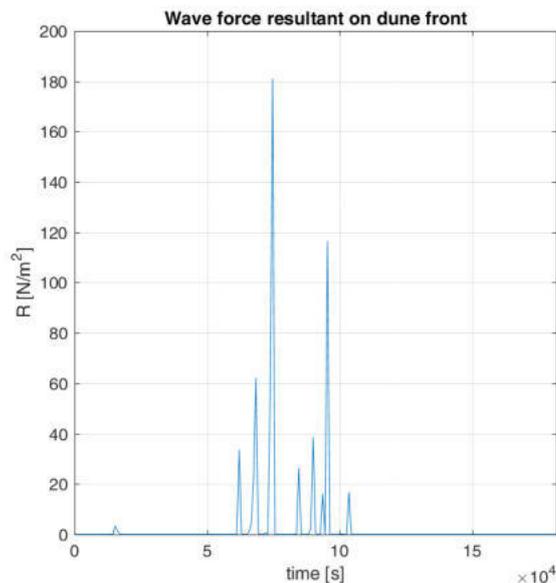


Figura 27: Andamento delle pressioni durante la mareggiata sul fronte della duna – T = 25 anni (livello reale misurato)

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 8: 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 9: Massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera P_f.

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'opera a progetto, si considerano condizioni meteomarine (ed in particolare un'onda significativa) riportate in Tabella 3-3.

Tabella 10: Tempo di ritorno dell'evento di progetto T_{rp} .

Tipo di danno	T_v	P_f	T_{rp} adottato
---------------	-------	-------	-------------------

	[anni]	[m]	[anni]
Danneggiamento incipiente	15	0.50	25
Danneggiamento limite	5	0.50	10
Danneggiamento corrente	1	0.50	2



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 Volano (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 artificiale avrà una lunghezza complessiva pari a circa 55 metri, larghezza media di circa 4.90 m (a cui si aggiungono 1.15 m di elementi laterali) e altezza finale a quota +2.60 m s.l.m., realizzata impiegando due tipologie strutturali differenti: la Soluzione 1, di carattere più marcatamente innovativo, costituita da sacchi tubolari in fibra naturale di cocco accoppiati, per la parte principale della struttura, ad un sistema di chiusura a cerniera che favorirà le attività di manutenzione;
- la Soluzione 2, di impostazione più tradizionale, prevede l'impiego di una tecnica realizzativa denominata "bioterra rinforzata", mantenendo comunque una componente innovativa legata all'impiego di reti in fibra naturale di cocco come elemento di rinforzo.

Inoltre, per non lasciare eccessivamente esposti all'erosione sia il fronte lato mare che le porzioni terminali dell'opera, verranno realizzati una catasta in legname vincolata e una fascinata in trincea. Sul fronte lato mare della duna, è prevista la messa in opera della catasta di ramaglia vincolata, mentre la fascinata in trincea verrà installata oltre i punti terminali dell'opera, al fine di difenderne le estremità e garantire una migliore protezione delle aree vegetate a tergo. Le fascinate in trincea sono disposte agli estremi dell'opera, in posizione ortogonale inclinata di 45° rispetto alla duna, a formare un arco a protezione del rilevato principale.

La duna sarà ricoperta utilizzando due soluzioni accomunate dall'utilizzo di specie vegetali autoctone: una di carattere innovativo, caratterizzata dall'installazione di un apposito sistema antierosivo, abbinata alla Soluzione 2, e un'altra di impostazione più tradizionale, abbinata alla Soluzione 1.

4.1.1 Soluzione strutturale 1: sacchi tubolari in fibra naturale di cocco

La soluzione 1 è caratterizzata da un nucleo costituito da 3 sacchi tubolari in fibra di cocco riempiti di sabbia. I sacchi tubolari saranno affiancati e disposti su tre file in modo da creare un profilo finale della duna con pendenza 1:2, per questo il sacco centrale è di dimensioni maggiori rispetto ai due laterali.

Il sacco centrale è realizzato con moduli in fibra di cocco dotati di un sistema di chiusura a cerniera sperimentale che dovrebbero agevolare le operazioni di manutenzione, mentre i due sacchi laterali saranno chiusi mediante cuciture tradizionali. Lo sviluppo del tratto in cui sono presenti i sacchi è di 10 m e longitudinalmente si prevede l'inserimento di 2 terne di sacchi di lunghezza 5 m. Il tratto con Soluzione 1 comprende anche la porzione terminale di scarpata, caratterizzata dalla sola presenza di sabbia di riempimento.

Si eseguono in prima fase 2 file di palizzate di contenimento laterale in legno di castagno, che inizialmente hanno la funzione di delimitare l'area occupata dalla duna stessa, confinando i sacchi durante la fase preparatoria. Queste due file di palizzate sono anche supporto di una viminata formata da verghe di castagno intrecciate su montanti di sostegno. Le verghe per la viminata devono essere di lunghezza pari almeno a 1,5 m, diametro 3-5 cm e costituite da materiale flessibile e sufficientemente fresco da non subire rottura durante la posa in opera. Infine, le verghe devono essere fissate fra loro e ai picchetti con filo di ferro zincato.

La duna viene realizzata tra le due file esterne 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, che saranno 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 tubolari, ad una profondità di scavo di circa 50 cm, verrà disposto un tappeto in biorete ad alta grammatura in fibra di cocco. Il tappeto di biorete dovrà avere una lunghezza tale da permettere, al termine della costruzione dei sacconi tubolari, l'"impacchettamento" dell'insieme di sacconi previsti; il posizionamento di tale manto dovrà tenere conto che la legatura finale dello stesso dovrà avvenire nella fascia del manufatto orientata verso entroterra e in una posizione di facile accesso per tale lavorazione. I sacchi tubolari saranno realizzati con un biocomposito in fibra di cocco, un prodotto costituito internamente da uno strato di biofeltro in fibra di cocco, esternamente da un doppio strato di biorete in fibra di cocco ad alta grammatura (900 g/m²). Per semplicità esecutiva, tale prodotto verrà fornito pre-assemblato, ovvero l'unione tra biofeltro e bioreti sarà eseguita in stabilimento.

Il biofeltro svolge un'azione di trattenimento del materiale interno al saccone nonché di pacciamatura e trattenimento dell'umidità, mentre la biorete svolge la funzione meccanica tale da mantenere la struttura del saccone chiusa per alcuni anni, entro i suoi limiti prestazionali di resistenza alle sollecitazioni e di sua biodegradazione. . 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.

I sacchi vengono riempiti con escavatore rifiniti a mano 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 con la chiusura 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.

Il sacco tubolare centrale è chiuso con apposito sistema a cerniera sperimentale, mentre i due sacchi laterali con cucitura tradizionale mediante cordino in fibra di cocco 0,6-0,8mm con sovrapposizione del bordo.

Una volta realizzati i singoli biosacconi, si mette in opera il telo di ricoprimento in biorete, che viene collegato al tappeto in biorete steso inizialmente sul piano campagna e al di sotto dei sacconi, mediante legatura effettuata come da punto precedente.

Sul telo di ricoprimento sopra descritto sono posizionati appositi teli 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 25 cm (in media) di sabbia, su cui sarà stesa una biorete che fungerà da supporto su cui andranno a innestarsi le soluzioni di ricoprimento e piantagione descritte nei capitoli successivi.

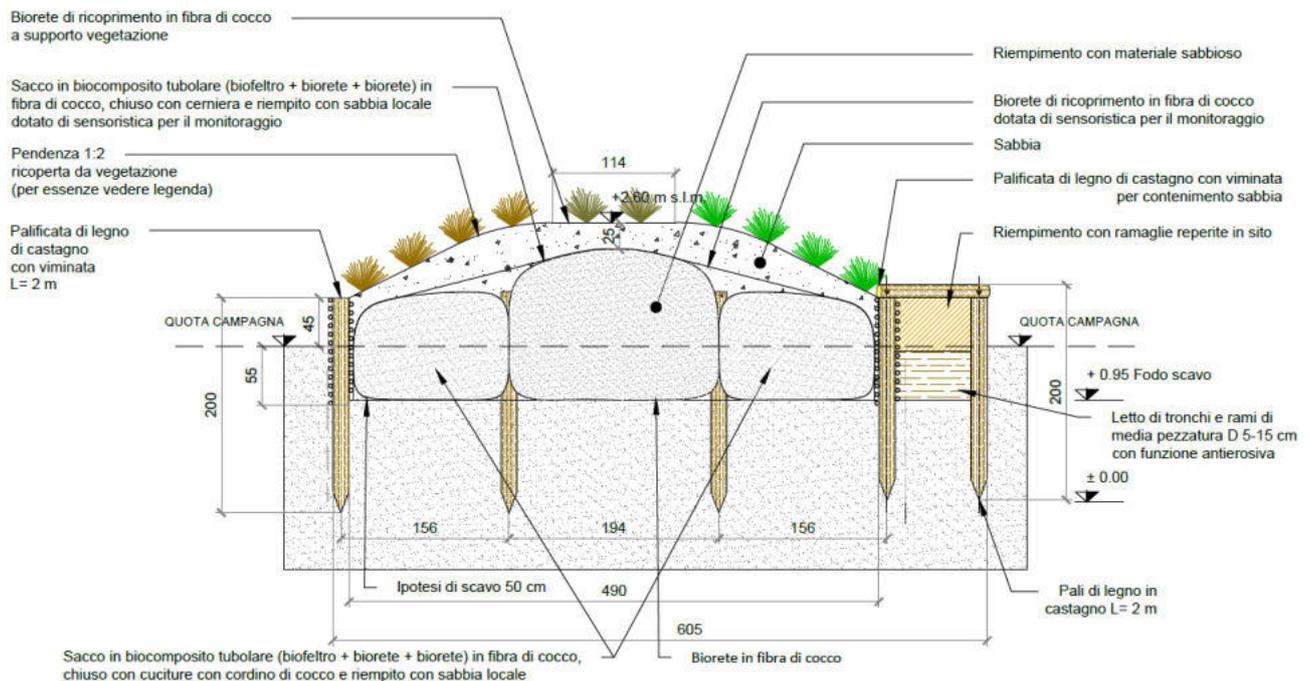


Figura 28: Soluzione 1- sacchi in fibra naturale

4.1.2 Soluzione strutturale 2: bionterre rinforzate

La Soluzione 2 è costituita da un nucleo composto da strati di bionterre rinforzate con reti in fibra naturale di cocco. Tale soluzione riprende un approccio di ingegneria naturalistica più tradizionale rispetto alla soluzione 1, già impiegato e testato altrove, con l'impiego di terre rinforzate con materiali di origine naturale, che saranno formate da strati di sabbia contenuta in elementi resistenti costituiti da biocomposito analogo a quello impiegato per i sacchi tubolari della 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 reti in biocomposito 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 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 2 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, ma che sono anche supporto delle due viminate già descritte nel paragrafo precedente. La duna viene realizzata tra le due file di pali su una superficie in piano opportunamente preparata, mediante uno scavo di profondità massima 50 cm rispetto al piano campagna dell'arenile.

Il corpo della nuova duna, costituito da bionterra rinforzata, viene realizzato per strati, per ciascuno stendendo un tappeto di biocomposito a partire dal terreno di fondazione scavato circa 50 cm, come raffigurato nella sezione seguente.

A ricoprimento degli strati rinforzati con fibre di cocco saranno posizionati teli in biorete. Sul tratto meridionale della duna, per uno sviluppo di circa 10 m, tale biorete sarà dotata di sensoristica in fibra ottica per il monitoraggio strutturale dell'opera, analogamente al tratto della soluzione 1.

A completamento della sezione di progetto sarà steso uno strato di ricoprimento di almeno 25 cm di sabbia, su cui sarà stesa una biorete che fungerà da supporto su cui andranno a innestarsi le soluzioni di ricoprimento descritte nei capitoli successivi.

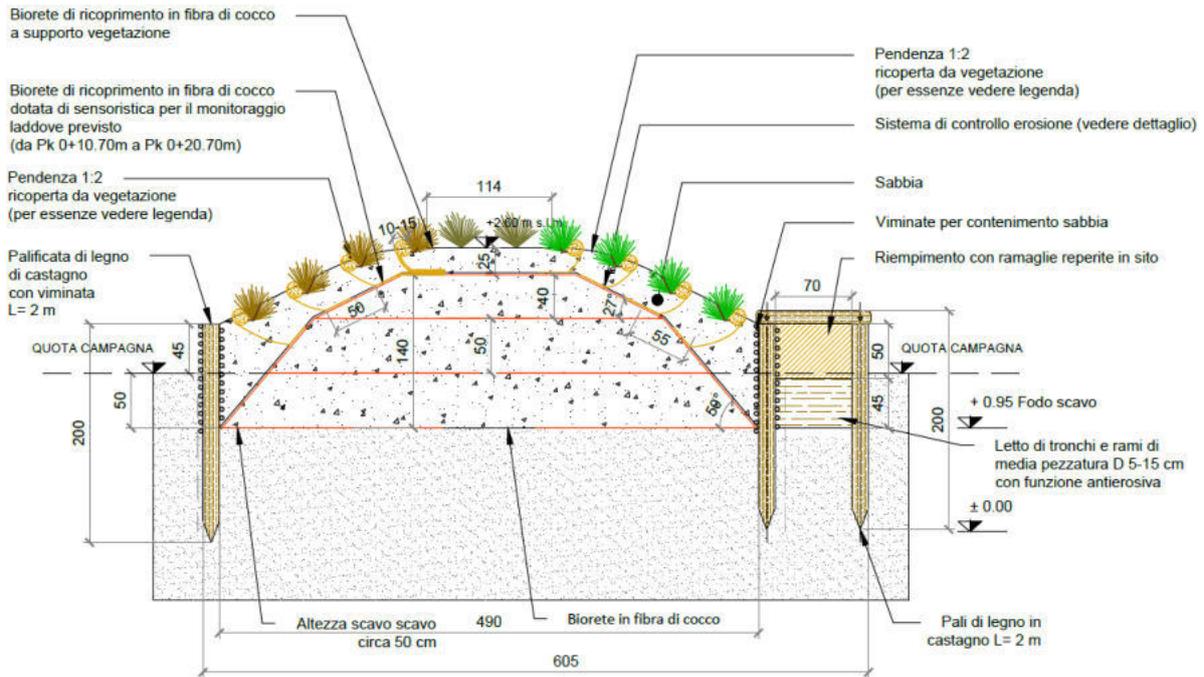


Figura 29: Terre rinforzate

4.1.3 Protezione al piede con catasta di rami e ramaglia vincolata

Lungo l'intero fronte del corpo dunale viene installata un'opera di ingegneria naturalistica denominata "catasta di ramaglia vincolata" che serve ad evitarne lo scalzamento ad opera delle mareggiate.

La catasta è 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 tronchi e rami di media pezzatura: i pezzi più grossi sono posizionati sul fondo, a formare un letto con funzione antierosiva, al disopra del quale sono disposti rami più sottili.

Ai fini del contenimento della struttura, sopra i rami dovrà essere collocato un palo di castagno di diametro 8-12 cm, disposto trasversalmente e fissato ai due montanti infissi mediante unioni bullonate (inox) o imperniate, in modo tale che negli anni successivi possano essere svitate o sganciate consentendo la rotazione del palo, il rimpinguamento di nuovo materiale legnoso e la successiva richiusura. I pali trasversali saranno collocati a interasse 1.6 m disposti in diagonale ogni 2 pali verticali.

Al di sopra di tale catasta di rami vincolati verranno collocate ramaglie più fini (ricavate da fronde di rami) e legate ai pali con filo di ferro; queste hanno la finalità di smorzare ulteriormente l'impatto delle mareggiate e di limitare l'aerosol marino.

4.1.4 Protezione dei tratti terminali con fascinate in trincea

L'applicazione di questa tecnica è prevista oltre le estremità della nuova duna, al fine di proteggere le estremità del rilevato principale dell'opera.

Si è ritenuto opportuno prolungare la difesa al piede della nuova duna di cui alle opere sopra descritte, adottando 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 fascinate di ramaglia di erica posta verticalmente in una trincea e contenuta in una struttura di pali verticali e longitudinali.

La fascinata in trincea è realizzata mediante lo scavo di una trincea di profondità 100-130 cm e larghezza 1 m compresa tra i pali verticali. Sul fronte e sul retro nella porzione sommitale dei pali verticali sono applicati mezzi pali longitudinali a contenimento delle fascinate.

4.2 Soluzioni di ricoprimento

4.2.1 Selezione delle specie vegetali

Sul corpo principale della duna verranno messe a dimora delle piantine di specie vegetali autoctone. 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.

Tabella 11: Modello vegetazionale per il fronte della duna

<u>Modello del fronte della duna (fronte dunale)</u>
Elymus farctus
Calystegia soldanella
Cakile maritima

Tabella 12: modello vegetazionale per la sommità della duna

<u>Modello della sommità della duna (duna fissa)</u>
Ammophila arenaria
Eryngium maritimum
Medicago marina

Echinophora spinosa

Tabella 13: Modello vegetazionale della parte posteriore della duna

Modello della parte posteriore della duna (retroduna)
Spartina versicolor
Spartina maritima

4.2.2 Ricoprimento per Soluzione 1

Per la soluzione di ricoprimento 1 lo strato di sabbia dello spessore medio di circa 25 cm è ricoperto da una biorete che funge da supporto per la messa a dimora di piantine di specie vegetali autoctone tipiche dell'habitat dunale come da paragrafo precedente.

4.2.3 Ricoprimento per Soluzione 2

La soluzione consiste nel ricoprimento dello strato superficiale di sabbia con una biorete in fibra di cocco sulla quale sono in seguito piantate le specie vegetazionali secondo i modelli riportati nelle precedenti tabelle. La biorete è dotata ogni 55cm un sistema di controllo di ruscellamento costituito da rotolo di fibra allineato a ciascun filare di piantagione. Ogni rotolo viene esteso fino ad aderire alla sottostante bioterra rinforzata per almeno 30 cm, alla quale viene vincolato mediante legature con cordino di canapa. Tale soluzione naturale innovativa migliora la stabilità e coesione del terreno, in special modo della parte superficiale maggiormente soggetta ad erosione.

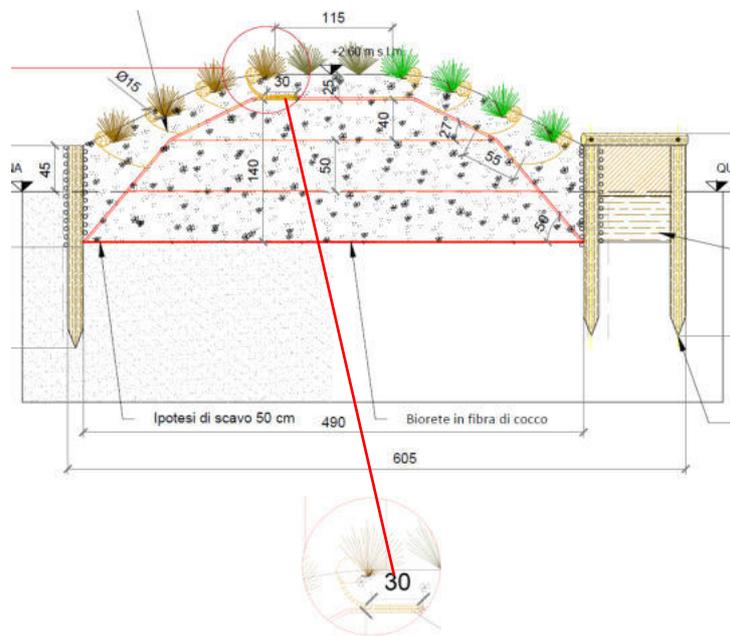


Figura 30: Sezione ricoprimento tipo 1

In una prima fase la biorete 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 antiruscellamento, costituito da rotoli di fibra di cocco di 2m, disposti a interasse 55 cm, 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 31: esempio di installazione delle reti in fibra di cocco e sistema antiruscellamento

L'installazione del sistema antiruscellamento 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 estendendo ciascun rotolo fino alla bioterra rinforzata sottostante, a cui viene legato mediante cordini di canapa. Picchetti di dimensioni minori biodegradabili (Biostakes) saranno utilizzati per fissare la biorete in fibra di cocco.

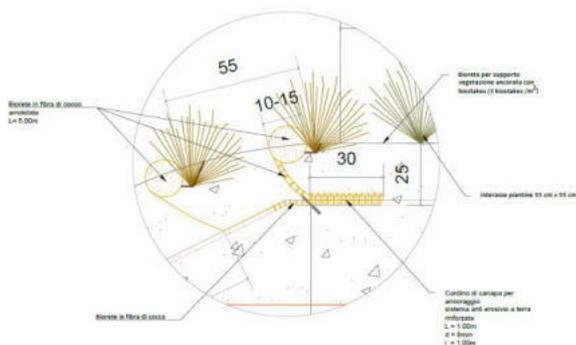
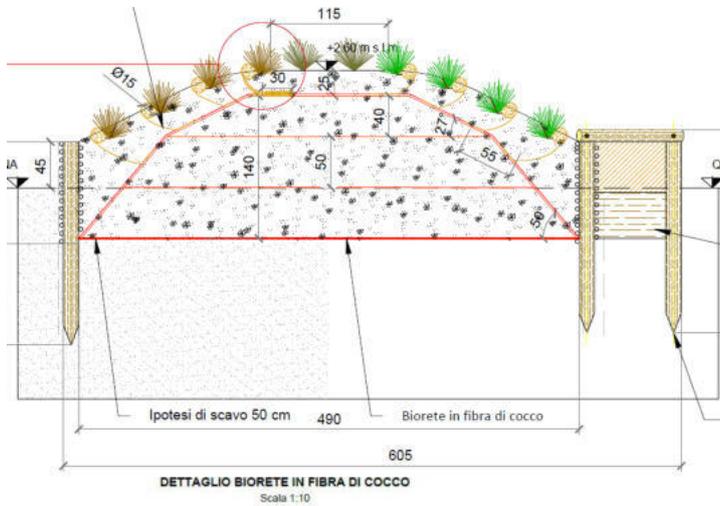


Figura 32: schema di installazione del sistema antiruscellamento

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, avendo carattere prettamente sperimentale è stata applicata 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, caratterizzata 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 più innovativa, ovvero quella che prevede il sistema antiruscellamento, per non sovrapporre incertezze delle due soluzioni sperimentali 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, una migliore dissipazione degli effetti del moto ondoso 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.

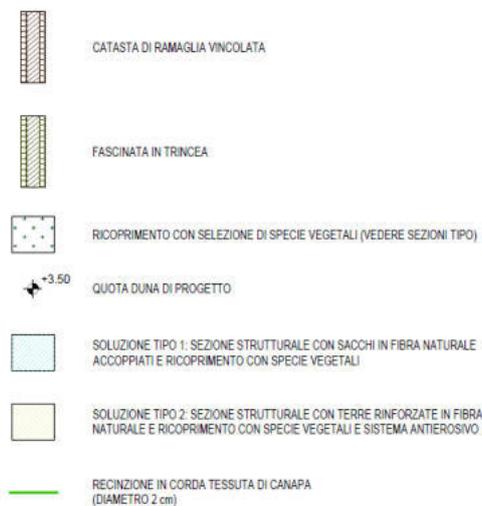


Figura 33: Pianta della duna - Tipologie strutturali, ricoprimenti e sezioni relative

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 deformativo ed uno per la misura della temperatura a scopo di compensazione termica delle misure di deformazione), 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 valutata 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.

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, così come la distribuzione dei sensori sui canali di acquisizione della centralina, saranno stabiliti in sede di installazione.

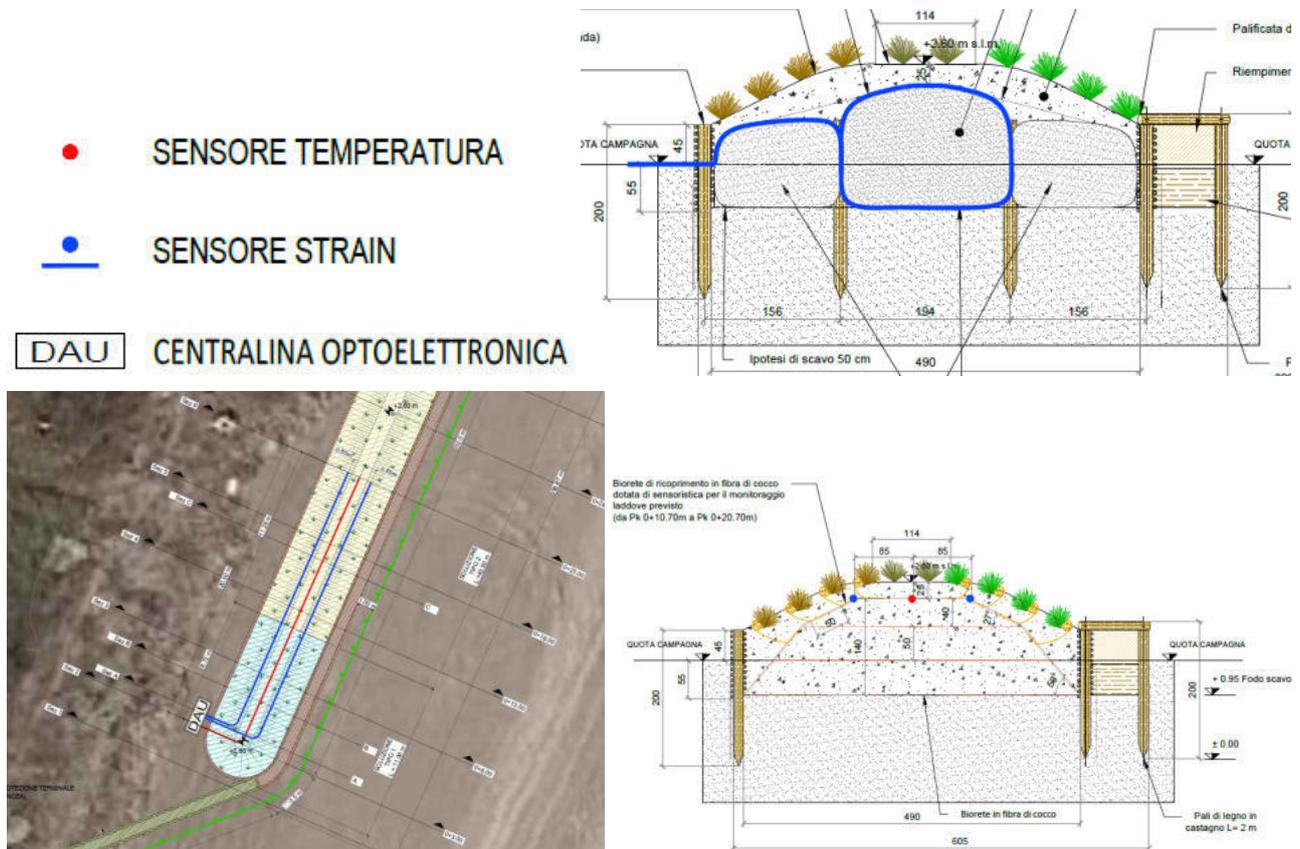


Figura 34: Layout dei sensori

La figura sopra riportata illustra schematicamente il previsto layout dei sensori, per cui si prevede una lunghezza dei sensori di 20 metri).

In alternativa, qualora in corso d'opera dovessero emergere difficoltà operative tali da impedire la corretta installazione del sensore distribuito di temperatura, 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 deformativo 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 35).

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 fibra di cocco/juta, del tipo utilizzato per la realizzazione di sacchi da caffè.

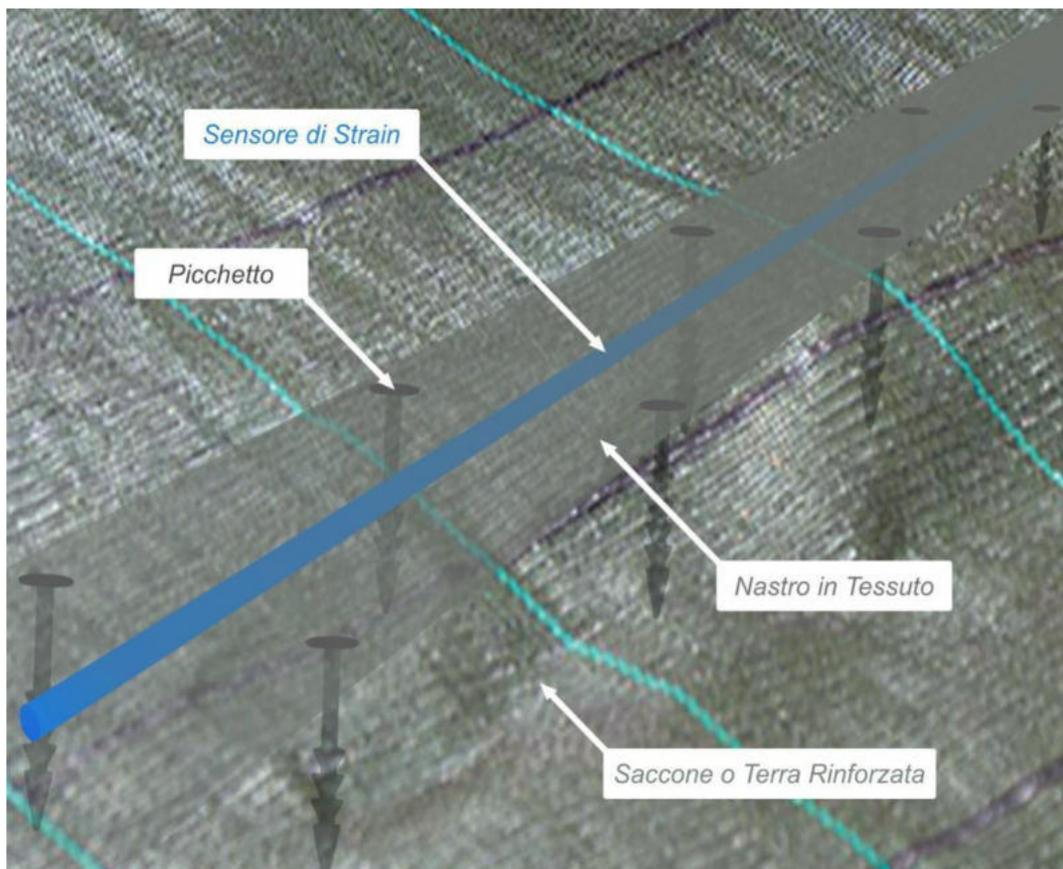


Figura 35: Modalità di fissaggio del tessuto sensorizzato



Figura 36: 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, mezzi pali, picchetti 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.
- Legname generico costituito da tronchi e rami per la catasta vincolata. La Ditta può acquistare il materiale risultante dalla manutenzione dei boschi o del verde possibilmente proveniente dal territorio circostante e/o utilizzare quello disponibile sulla spiaggia se possibile e compatibile con prescrizioni e regolamenti.
- 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 e dovrà essere completamente biodegradabile.
- Biocomposito in fibra di cocco, un prodotto assemblato costituito internamente da uno strato di biofeltro (vedi sopra) in fibra di cocco, esternamente da un doppio strato di biorete in fibra di cocco ad alta grammatura (900 g/m², vedi sopra). Per semplicità esecutiva le forniture sono preassemblate, ovvero l'unione tra biofeltro e biorete (almeno la biorete intermedia) è eseguita in stabilimento
- Biostakes: I picchetti dovranno essere al 100% biodegradabili a forma di "T" e con forma efficace per fissare adeguatamente lo strato antierosione. 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
- Fascine di erica legate in modo compatto con corda di canapa o altra fibra naturale biodegradabile
- Vegetazione: rigorosamente autoctona, possibilmente proveniente da genotipi locali o affini al territorio e alle sue condizioni ecologiche e bioclimatiche;
- Cordino di canapa, di diametro 6 mm (8 mm per cordino utilizzato per legare biorete del sistema antierosivo alla sottostante bioterra rinfrozata);

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

in direzione trasversale:

- Resistenza a Trazione: ≥ 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/mm²
- Resistenza caratteristica a trazione parallela $f_{t,0,k}$ 1700 N/cm²
- Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare $f_{t,90,k}$ 600 N/cm²
- Resistenza caratteristica a compressione parallela $f_{c,0,k}$ 2200 N/cm²
- Resistenza caratteristica a compressione perpendicolare $f_{c,90,k}$ 730 N/cm²
- Resistenza caratteristica a taglio $f_{v,k}$ 400 N/cm²

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 37: NTC 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 38: NTC 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 39: 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, è stata considerata come viabilità di accesso quella lungo Via Spiaggia, fino a raggiungere il parcheggio asfaltato a nord dei bagni New Age Afro Beach (Area 1), da lì, mediante alcuni interventi per rendere possibile il passaggio, è possibile accedere al sito di cantiere (Area 2).



Figura 40: 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 41: Area 1 di cantiere



Figura 42: Viabilità esistente di accesso al cantiere presso ingresso stabilimento New Age Afro Beach



Figura 43: Area di intervento



Figura 44: Stabilimento Cormorano dalla spiaggia, subito a nord dell'area di intervento

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.

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 due mesi, come meglio evidenziato nel cronoprogramma di progetto, che mostra le varie fasi di lavoro.

Si prevede di realizzare l'intervento al di fuori del periodo primaverile- estivo al fine di non interferire con le attività balneari e non disturbare le popolazioni faunistiche (in particolare avifauna) in periodo



7 Aspetti relative alla sicurezza

Gli aspetti relative alla sicurezza sono riportati nell'elaborato G.11 Piano di Sicurezza e Coordinamento, a cui si rimanda per aspetti specifici. Si riepilogano di seguito alcune considerazioni generali, anche con riferimento alla gestione della problematica Covid-19, e la stima degli oneri della sicurezza.

In riferimento alle tematiche di sicurezza, gli aspetti di maggior rilievo sono legati alle caratteristiche dell'area di intervento, e in particolare ai seguenti aspetti:

- Lavori presso la riva del Mare Adriatico;
- Presenza di vegetazione;
- Presenza di strade, piste e viabilità;
- Rischi dovuti al rumore;
- Gestione della problematica Covid-19.

Gli aspetti sopra elencati sono descritti di seguito in maggiore dettaglio

7.1 Lavori presso la riva del Mare Adriatico

Le attività di scavo e di installazione della duna si svolgono in prossimità del mare Adriatico. Pertanto, condizioni meteo avverse possono comportare per i Lavoratori un rischio di annegamento e, più in generale, un rischio per l'incolumità a seguito del possibile ribaltamento dei mezzi operativi.

Quali misure di mitigazione del rischio si prevede:

- Monitoraggio costante dei Bollettini diramati dalla Protezione Civile o dall'ARPAL (<https://allertameteo.regione.emilia-romagna.it/> o altri canali istituzionali di informazione) affinché in occasione delle comunicazioni di Allerta Meteo, adottino tempestivamente le misure di sicurezza previste;
- Monitoraggio dell'evoluzione delle condizioni meteo e le comunicazioni della Protezione Civile al fine di incrementare le misure di sicurezza eventualmente necessarie e di sospendere tutte le lavorazioni a fronte di eventuale peggioramento delle previsioni, portando mezzi operativi ed attrezzature in area di ricovero sicura;
- A seguito della comunicazione di cessato allarme, la ripresa delle attività è subordinata all'avvenuta verifica da parte delle Imprese dell'agibilità dei percorsi pedonali e veicolari. Prima della ripresa delle attività, L'Impresa Affidataria trasmetterà al CSE comunicazione scritta dell'avvenuta verifica;
- Il divieto di permanenza dei Lavoratori in prossimità dei litorali durante le giornate lavorative caratterizzate da mareggiate.

7.2 Presenza di vegetazione

Un fattore di rischio importato è riferito alla possibile caduta di alberi in condizioni di maltempo, affrontabile mediante le seguenti misure preventive e protettive:

- Monitoraggio costante dei Bollettini diramati dalla Protezione Civile o dall'ARPAL (<https://allertameteo.regione.emilia-romagna.it/> o altri canali istituzionali di informazione) affinché in occasione delle comunicazioni di Allerta Meteo, adottino tempestivamente le misure di sicurezza previste;
- Monitoraggio dell'evoluzione delle condizioni meteo e le comunicazioni della Protezione Civile al fine di incrementare le misure di sicurezza eventualmente necessarie e di sospendere tutte le lavorazioni a fronte di eventuale peggioramento delle previsioni, portando mezzi operativi ed attrezzature in area di ricovero sicura;

- A seguito della comunicazione di cessato allarme, la ripresa delle attività è subordinata all'avvenuta verifica da parte delle Imprese dell'agibilità dei percorsi pedonali e veicolari. Prima della ripresa delle attività, L'Impresa Affidataria trasmetterà al CSE comunicazione scritta dell'avvenuta verifica;
- Divieto di percorrenza a piedi o con i mezzi di vie alberate durante le giornate lavorative caratterizzate da forte vento.

Un secondo fattore di rischio esportato è costituito dal rischio verso la vegetazione e le aree limitrofe, riferito alla possibile propagazione di incendio alla vegetazione circostante l'area camper e durante le fasi di avvicinamento alle aree operative sul litorale. Quali misure preventive e protettive si prevede:

- Rifornimento dei mezzi operativi e dei generatori mediante cisterna mobile, lontano da vegetazione o altri materiali infiammabili, evitando di accendere fiamme o utilizzare telefoni cellulari durante la fase di rifornimento;
- Certificazione dei componenti elettrici impiegati;
- Divieto di fumare all'interno delle aree di cantiere;
- Presenza di estintori all'interno dei mezzi di trasporto, dei mezzi operativi e delle aree logistiche di cantiere. L'Impresa esplicherà la dislocazione e la tipologia degli estintori all'interno del proprio Piano di Emergenza, funzionalmente alle diverse fasi operative.

7.3 Strade, piste e viabilità

Un fattore di rischio importato è presente in riferimento alle fasi di impiego dei mezzi operativi o di trasporto su fondo sabbioso. Al fine di gestire il rischio L'Impresa verificherà preventivamente la portanza delle aree operative e delle piste in relazione alle caratteristiche dei mezzi impiegati, provvedendo alle riprofilature e compattazioni necessarie alla sicurezza dei transiti e delle attività.

Il rischio esportato è presente in riferimento all'impiego di percorsi fruibili da persone e mezzi non addette ai lavori per lo spostamento di materiali e mezzi operativi.

Il rischio viene gestito mediante le seguenti misure preventive e protettive:

- Segregazione delle aree di cantiere;
- Installazione luci di segnalazione sulla recinzione delle aree di cantiere limitrofe alla viabilità;
- Installazione di cartellonistica di segnalazione e prescrizione;
- Velocità dei mezzi a passo d'uomo;
- DPI alta visibilità (classe 2);
- Impiego di personale moviere.

7.4 Rumore

Il rischio esportato è presente in riferimento alle emissioni sonore dei mezzi operativi. Il rischio viene gestito mediante le seguenti scelte progettuali ed organizzative:

- Divieto di lavorazioni in orario notturno, a meno di ottenimento delle necessarie deroghe e autorizzazioni e del monitoraggio per la verifica del rispetto dei limiti di emissione imposti.

e le seguenti misure preventive e protettive:

- Segregazione delle aree di cantiere;
- Velocità dei mezzi a passo d'uomo.

7.5 COVID 19

Dal momento che, allo stato attuale, non è possibile escludere che le attività dell' Appalto debbano svolgersi, seppur parzialmente, in presenza del rischio biologico derivato dalla diffusione del virus COVID 19, si riportano nei seguenti capitoli le prescrizioni operative per incrementare l'efficacia delle misure precauzionali di contenimento adottate per contrastare l'epidemia.

Le seguenti misure, riferite a tutte le Imprese e a tutti i Fornitori operanti nel medesimo cantiere, sono da intendersi passibili di integrazioni o revisioni in funzione delle nuove prescrizioni normative di livello nazionale e locale emanate funzionalmente all'evolversi della pandemia.

7.5.1 Mobilità del Personale – Mezzi Aziendali

La valutazione delle modalità di spostamento del Personale è demandata al Datore di lavoro. In caso di spostamento con mezzi aziendali (es. autovetture o furgoni), andranno assicurate le seguenti misure: la pulizia giornaliera del mezzo di trasporto a carico del conducente del mezzo in orario retribuito.

7.5.2 Mezzi Aziendali

Il numero delle persone trasportate non dovrà superare il 50% della capienza omologata (arrotondato per eccesso in caso di numeri dispari) e comunque garantendo sempre almeno un metro di distanza tra le persone, con uso di mascherine di tipo chirurgico e assicurando un frequente ricambio d'aria durante il movimento, per esempio aprendo un finestrino.

Nel caso di utilizzo di autovetture saranno autorizzate solo due persone, purché una seduta sui sedili posteriori.

Nell'utilizzo dei mezzi aziendali partendo dal magazzino aziendale o altro luogo è necessario procedere alla misurazione della temperatura corporea, secondo la procedura indicata nelle misure previste per l'accesso al cantiere. In caso di temperature superiore a 37,5 °C e/o in presenza di altri sintomi (tosse, congiuntivite, dolori muscolari/articolari eccetera) il Lavoratore non potrà recarsi in cantiere.

7.5.3 Misure Generali di Salute per Prevenire il Contagio in Cantiere

Durante l'esecuzione delle lavorazioni, è necessario mantenere il distanziamento minimo tra le persone di almeno 1 metro.

Nel caso di lavorazioni da svolgere in prossimità ed inferiori ad 1 metro tra un Lavoratore e l'altro (che dovranno comunque risultare casi limitati e improcrastinabili), sarà obbligatorio da parte dei Lavoratori indossare mascherine di tipo chirurgico.

Sono da evitare gli assembramenti di persone negli spazi comuni di cantiere anche se a distanza maggiore di un metro gli uni dagli altri.

Se per le necessità lavorative è previsto l'uso di mascherine di protezione dotate di valvola (es. FFP1, FFP2), eventuali altri Lavoratori presenti nelle medesime aree operative dovranno indossare anch'essi analogo DPI; non sarà sufficiente la mascherina chirurgica, soprattutto per azioni a distanza ravvicinata tra i Lavoratori.

L'accesso agli spazi chiusi da parte di più persone contemporaneamente (es. spogliatoi, baracche di cantiere) dovrà essere evitato. Qualora non sia possibile l'accesso dovrà essere contingentato in funzione della grandezza degli stessi, della possibilità di mantenere almeno 1 metro di distanza interpersonale, e della possibilità di arieggiare costantemente l'ambiente, garantendo l'uso delle mascherine. È comunque preferibile svolgere tutte le attività possibili all'aperto.

7.5.4 Misure per l'Accesso al Cantiere

Prima di accedere all'area di cantiere, il Lavoratore deve essere sottoposto a controllo della temperatura corporea. In caso di accesso con mezzi aziendali tale misurazione deve avvenire al momento della partenza con gli stessi. La misurazione della temperatura potrà avvenire attraverso varie modalità da individuare nella procedura aziendale, definita in collaborazione con il medico competente (termometri ad infrarossi ovvero digitali, oppure fornendo termometro ad ogni Lavoratore). Nel caso in cui il termometro venga utilizzato da più persone, è necessaria la disinfezione con soluzione alcolica almeno al 70%.

Non è necessaria la registrazione della temperatura, bensì la sola visualizzazione estemporanea del relativo dato (es. 37.5°C) da parte di soggetto incaricato a tale scopo. In caso di misurazione della temperatura che non consenta di mantenere un sufficiente distanziamento tra il Lavoratore incaricato della rilevazione e Lavoratore sottoposto alla misurazione, è necessario prevedere l'utilizzo di mascherina del tipo FFP2 o FFP3 senza valvola per il primo e chirurgica per il secondo.

Il Personale prima di raggiungere la postazione di lavoro esegue il lavaggio/igienizzazione delle mani, e provvede alla disinfezione dei mezzi/attrezzature di lavoro/utensile (es. radiocomando gru) con prodotto disinfettante. Se possibile si raccomanda l'uso Personale degli utensili da lavoro ed evitarne l'uso promiscuo. Il panno utilizzato per le operazioni di disinfezione delle superfici deve essere smaltito in appositi contenitori di cantiere identificati per i prodotti ad uso giornaliero a protezione Covid-19.

Gli spazi comuni (bagni, uffici, etc.) devono avere nelle vicinanze dispenser per l'igienizzazione delle mani. Nel caso in cui il Lavoratore rimuova i DPI (es. mascherina, guanti da lavoro), deve provvedere all'igienizzazione di mani e del viso e a sostituire eventualmente i DPI monouso.

7.5.5 Fornitura Materiale – Accesso di Terzi

I Fornitori e Trasportatori che approvvigionano materiale in cantiere non dovranno in genere accedere ad aree interne, salvo specifica autorizzazione. I Fornitori dovranno essere dotati di propri DPI per il contatto con il Personale di cantiere (mascherine e guanti monouso), che dovranno indossare per tutto il tempo di permanenza nelle aree autorizzate del cantiere.

Tutti i Fornitori e Trasportatori dovranno essere informati sulle regole da seguire in cantiere, relativamente agli spazi per cui è autorizzato loro l'accesso, e quali sono le precauzioni anti-contagio che devono rispettare al pari degli altri Lavoratori.

Laddove è previsto l'accesso in cantiere dei Fornitori e Trasportatori terzi, il punto di accesso deve essere controllato da parte di un preposto di cantiere, e identificato nel layout di cantiere; nel layout di cantiere deve essere individuate anche le aree inaccessibili a terzi e quelle con accesso consentito ai Fornitori esterni. I Fornitori dovranno essere sottoposti al controllo della temperatura al pari degli altri Lavoratori.

Di norma l'autista deve rimanere sul proprio mezzo, anche per la consegna dei documenti. Nel caso in cui l'autista abbia la necessità di manovrare la macchina con radiocomando a distanza, prevedere un distanziamento tra i Lavoratori (almeno 1 metro). Se tale misura minima non può essere garantita, l'autista e il collaboratore devono indossare le mascherine chirurgiche o il DPI previsto per la specifica mansione. Agli autisti, ai Fornitori e al Personale esterno non è consentito l'accesso ai locali chiusi comuni del cantiere.

Per l'accesso di tecnici e rappresentanti si applicano le stesse misure precauzionali riferite all'accesso dei Lavoratori del cantiere.

7.5.6 Subappaltatori

I Lavoratori e i Datori di lavoro delle Imprese Subappaltatrici sono tenuti al rispetto delle medesime misure di sicurezza in capo ai Lavoratori e Datori di lavoro delle Imprese Affidatarie. Le Imprese Affidatarie dovranno trasmettere ai propri Subappalti il Piano Operativo di Sicurezza e il Piano di Sicurezza e Coordinamento,

condividendone le misure di sicurezza relative al COVID-19. Tutte le Imprese Esecutrici dovranno aggiornare/integrare i Piani Operativi di Sicurezza che saranno valutati dal CSE prima del loro ingresso in cantiere.

7.5.7 Somministrazione Pasti – Locali

Qualora non fosse disponibile un servizio di ristorazione, deve essere favorita la consumazione di pasti caldi o da asporto in cantiere anche attraverso un servizio di catering a carico del Datore di lavoro.

In tal caso, dovranno essere predisposti idonei locali per la consumazione dei pasti nei quali dovrà essere garantito un distanziamento di almeno un 1 metro e idoneo ricambio d'aria continuo. Questi locali dovranno essere sottoposti alla pulizia e disinfezione quotidiana del locale. Si raccomanda la turnazione degli accessi per evitare gli assembramenti; si evidenzia l'obbligo della preventiva progettazione di tali luoghi in relazione al numero massimo di Lavoratori presenti simultaneamente, garantendo il distanziamento minimo previsto.

Si consiglia, se possibile, l'allestimento della zona di consumazione dei pasti in luogo all'aperto, con la sola copertura ad es. con tendoni (considerando il prerequisito di salubrità dell'ambiente circostante).

7.5.8 Pulizia, Disinfezione e Sanificazione dei Locali

Il Datore di Lavoro deve assicurare la pulizia giornaliera (a fine turno) di:

- spogliatoi e delle aree comuni;
- servizi igienici;
- alloggiamenti e di tutti i locali, compresi quelli all'esterno del cantiere ma utilizzati per tale finalità;
- tastiere, schermi, mouse, distributori di bevande.

Si deve garantire pertanto un'idonea pulizia dei luoghi e delle aree frequentate dal Personale con acqua e detergenti comuni alla fine del turno di lavoro.

Si raccomanda, durante le operazioni di pulizia con prodotti chimici, di assicurare la ventilazione degli ambienti.

Il Personale incaricato deve utilizzare guanti monouso e mascherina chirurgica, ovvero i DPI messi a disposizione dal Datore di lavoro individuati sulla base delle schede di sicurezza del prodotto utilizzato.

L'attività di disinfezione delle superfici di contatto dei locali (spogliatoi, servizi igienici, aree comuni, alloggiamenti, etc.) dovrà essere giornaliera.

Nel caso di presenza di una persona con COVID-19 all'interno del cantiere l'Impresa Affidataria procede, eventualmente tramite una Impresa specializzata in possesso dei requisiti di cui all'art. 2 del D.M. 7 luglio 1997, n. 274, che al termine dell'intervento rilascerà idonea attestazione con data di avvenuta sanificazione, alla pulizia e sanificazione di locali, alloggiamenti e mezzi secondo le disposizioni normative vigenti nonché alla loro ventilazione.

7.5.9 Disinfezione e Sanificazione dei Mezzi e Attrezzature di Lavoro

Per tutti i veicoli aziendali e mezzi d'opera a disposizione del Personale (es. autovetture, furgoni, parti interne delle macchine operatrici, etc.), andrà assicurata una disinfezione da effettuare in funzione dei giorni di effettivo utilizzo (al termine o all'inizio di ogni singolo utilizzo).

L'attività sarà a carico del conducente del mezzo, in orario retribuito. Il conducente dovrà provvedere a disinfettare accuratamente tutte le superfici di contatto (maniglie, volante, organi di comando, etc.). Il conducente dovrà inoltre aprire completamente tutte le portiere della cabina o dell'abitacolo ed assicurare un abbondante e prolungato ricambio di aria.

Per le attrezzature di lavoro, strumenti individuali, si dovrà – dove possibile - evitare la promiscuità di utilizzo, e comunque effettuare la disinfezione delle superfici di contatto al termine di ogni utilizzo.

Qualora venga rilevato un caso di Covid-19 positivo si provvederà alla sanificazione straordinaria dell'automezzo o mezzo d'opera, che potrà avvenire mediante l'intervento in sito di un'Impresa specializzata in possesso dei requisiti di cui all'art. 2 del D.M. 7 luglio 1997, n. 274, che al termine dell'intervento rilascerà idonea attestazione con data di avvenuta sanificazione. Tale sanificazione dovrà essere eseguita nel rispetto delle disposizioni della Circolare del Ministero della Salute n. 5443 del 22 Febbraio 2020.

7.5.10 Presenza di Personale Contagiato o Sintomatico

Il Datore di lavoro, nel momento in cui è informato che uno dei suoi dipendenti o altri soggetti, che abbiano frequentato il cantiere nei 14 giorni precedenti, sia risultato positivo al COVID-19, deve procedere alla pulizia ed alla sanificazione dei locali e alla loro ventilazione.

Sarà necessario che il Datore di lavoro contatti il SSP (Dipartimento di Prevenzione) per valutare il tipo di intervento da porre in atto. In attesa di indicazioni i lavori nella zona interessata del cantiere o l'intero cantiere vanno sospese, invitando i presenti a tenersi a distanza. Tale accorgimento deve essere adottato cautelativamente, anche nel caso in cui una persona presente in cantiere durante l'attività lavorativa, comunicasse l'insorgere di sintomi riconducibili al COVID-19.

Il Lavoratore che presenta sintomatologia respiratoria e febbre (maggiore di 37,5°C) deve rimanere presso il proprio domicilio e limitare al massimo i contatti sociali contattando il proprio medico curante.

Come di norma tale situazione va comunicata tempestivamente al Datore di lavoro. È assolutamente interdetto l'accesso al cantiere al Lavoratore che presenta tale sintomatologia.

Il Lavoratore che, durante l'attività lavorativa, presenta sintomi riconducibili al COVID-19 dovrà essere immediatamente isolato in luogo adeguato dagli altri Lavoratori, che dovranno essere allontanati dalla zona potenzialmente infetta. Dell'evento dovranno essere immediatamente informati il Datore di lavoro e il CSE.

Il CSE dovrà indicare all'interno del PSC le modalità con cui le Imprese devono comunicare la presenza, anche nei 14 giorni precedenti, di Personale sospetto o positivo al COVID-19, al fine di consentire la sanificazione dei locali, anche per il tramite di Imprese specializzate, nonché alla loro ventilazione.

A seguito di tali comunicazioni, il CSE si relaziona con il Committente e valuta la sospensione di alcune o tutte le attività.

Il Lavoratore che durante il trasferimento sul cantiere o durante l'attività in cantiere dovesse manifestare sintomi riconducibili al COVID-19, dovrà immediatamente indossare una mascherina chirurgica. Dovrà essere gestito l'isolamento dello stesso da altri Lavoratori, che se a contatto stretto dovranno indossare guanti, occhiali e mascherina FFP2 o FFP2 senza valvola. Tale dotazione di DPI costituirà un Kit di protezione specifico per l'assistenza al Lavoratore sintomatico.

7.5.11 Gestione delle Emergenze

Il Datore di Lavoro dovrà informare tutti i Lavoratori in merito alle procedure di emergenza da adottare in cantiere. Le procedure di emergenza dovranno essere elaborate in funzione delle specificità del cantiere stesso, prevedendo i comportamenti da adottare per la gestione del rischio di contagio da COVID-19.

E' vietato il lavoro in solitudine, salvo apposite e specifiche procedure che prevedano dispositivi di gestione emergenza.

Gli addetti al primo soccorso presenti in cantiere, oltre ad essere formati ai sensi del D.M. 388/03, dovranno essere informati da parte del Datore di Lavoro in merito alle modalità di soccorso di un Lavoratore potenzialmente affetto da COVID-19. In caso di infortunio o malore, l'addetto/gli addetti al primo soccorso incaricati che intervengono a contatto ravvicinato con il Lavoratore da soccorrere, dovranno sempre indossare almeno guanti monouso, tuta di protezione monouso, occhiali di protezione e mascherina di

protezione FFP2 o FFP3 senza valvola. Tale dotazione di DPI dovrà essere disponibile in cantiere ad integrazione del normale contenuto della cassetta di primo soccorso.

Per la gestione di eventuale Personale sintomatico, dovrà essere individuata in cantiere un'area dedicata all'isolamento del Lavoratore. L'area dovrà essere resa temporaneamente inaccessibile ad altri Lavoratori, dovrà essere protetta dalle intemperie e confortevole per tutto il tempo necessario al Lavoratore per contattare le autorità sanitarie e procedere con il successivo allontanamento dal cantiere. L'ambiente dovrà essere poi accuratamente pulito e disinfettato, e ben areato prima di consentirne nuovamente l'accesso ad altro Personale.

Per la gestione di emergenze che richiedano specifiche procedure di evacuazione, dovrà essere individuato un punto di raccolta che sia sufficientemente vasto da evitare un eccessivo assembramento. Presso il punto di raccolta i Lavoratori dovranno mantenere un metro di distanza interpersonale ed essere tutti dotati di mascherina di protezione.

Il PSC indicherà le misure generali per la gestione delle emergenze e gli aspetti di dettaglio che le Imprese Esecutrici dovranno esplicitare all'interno del proprio Piano Operativo di Sicurezza.

7.5.12 Informazione dei Lavoratori e Segnaletica

Le principali misure igienico-sanitarie da osservare in cantiere sono:

- Lavarsi spesso le mani;
- Evitare il contatto ravvicinato con persone che soffrono di infezioni respiratorie acute;
- Evitare abbracci e strette di mano;
- Mantenimento, nei contatti sociali, di una distanza interpersonale di almeno 1 mt;
- Praticare l'igiene respiratoria (starnutire o tossire in un fazzoletto o nel gomito evitando il contatto delle mani con le secrezioni respiratorie);
- Evitare l'uso promiscuo di bottiglie e bicchieri;
- Non toccarsi occhi, naso e bocca con le mani;
- Coprire bocca e naso se si starnutisce e tossisce;
- Non prendere farmaci antivirali e antibiotici, a meno che non siano prescritti dal medico;
- Pulire le superfici con disinfettanti a base di cloro e alcool.

Il Datore di Lavoro, attraverso le modalità più idonee ed efficaci, informa tutti i Lavoratori, e chiunque accede al cantiere, sulle disposizioni delle Autorità, e sulle specifiche misure di sicurezza da adottare in cantiere.

L'informazione sarà assicurata ai Lavoratori mediante opuscoli e cartellonistica da affiggere all'entrata del cantiere ed eventualmente nei luoghi maggiormente visibili presso le aree operative.

8 Riferimenti

- 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.

QUADRO TECNICO ECONOMICO				
(art 16 DPR 207/2010)				
			IMPONIBILE	IVA
LAVORI	A1	Lavori per la realizzazione della duna, con posa del riempimento e del materiale di copertura, escluse fornitura e posa di teli in biorete strumentati e fornitura dei sacchi in fibra di cocco con cerniera.	€ 136,974.28	
	A2	Oneri sicurezza non soggetti a ribasso	€ 9,769.76	
IMPORTO TOTALE A BASE DI GARA			€ 146,744.04	€ 0.00
SOMME A DISPOSIZIONE	B1	Bonifica bellica sistematica terrestre (compresi oneri e imposte)	€ 0.00	
	B2	Incentivi funzioni tecniche 2% (art. 113 D.Lgs. 50/2016), se dovuti	€ 2,934.88	
	B3	Contributo ANAC	€ 30.00	
	B4	Imprevisti	€ 14,674.40	
IMPORTO TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE			€ 17,639.28	€ 0.00
TOTALE (IVA ESCLUSA)			€ 164,383.32	
	C1	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
TOTALE (INCLUSO CONTRIBUTO INTEGRATIVO E IVA SE DOVUTA)				€ 164,383.32