Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

COMUNE DI SORI

Via G.Stagno, 19 – 16030 Sori (GE)

INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA COSTIERA DEL LITORALE DI SORI (fondi Protezione Civile ex O.C.D.P.C. n. 558/18 - eventi del 29-30 ottobre 2018)

PROGETTO DEFINITIVO

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

C50.PD.R01.00

Genova, 18 maggio 2021

STUDIOELB INGEGNERI ASSOCIATI

Corso Torino 17/6 sc. A - 16129 GENOVA GE Tel. 010.5740568 - Fax 010.4211059
e-mail: inge@studioelb.it - PEC: studio@pec.studioelb.it - C.F. e P. IVA: 01933110999

SOMMARIO

1. PREMESSA 4
2. INQUADRAMENTO GENERALE DEI LUOGHI 5
2.1 INQUADRAMENTO DEI LUOGHI E DESCRIZIONE DELL'AREA 5
2.2 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA 7
2.3 PROPRIETÀ DELLE AREE 17
2.3.1 Concessioni demaniali 17
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO - AMBIENTALE 21
3.1 IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PAESISTICO 21
3.1.1 Assetto insediativo 21
3.2 IL PTC DELLA COSTA 22
3.3 PIANO DI TUTELA AMBIENTE MARINO E COSTIERO (PTAMC) - STUDI ESEGUITI 23
3.4 PIANO DI BACINO – AMBITO 14 25
3.5 STRUMENTI URBANISTICI LOCALI: P.R.G. VIGENTE 27
3.5.1 P.R.G. Piano Regolatore Generale, Strumento Urbanistico Generale comunale 27
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SEDIMENTOLOGICO 28
5. VALUTAZIONE GENERALE DELLA SENSIBILITÀ AMBIENTALE DEL SITO 32
5.1 VINCOLI ARCHITETTONICI, ARCHEOLOGICI E PAESAGGISTICI 32
5.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO 34
5.3 ASPETTI AMBIENTALI E NATURALISTICI 35
5.3.1 Siti di Importanza comunitaria (SIC) 35
5.3.2 Habitat Marini 36
5.3.3 Relazione bionaturalistica 37
6. ASPETTI METEOMARINI 39
6.1 INQUADRAMENTO GENERALE 39
6.2 ANALISI MOTO ONDOSO 40
7. INTERVENTI ESEGUITI E CONDIZIONI DELL'AREA 48
7.1 CONDIZIONI DELLA SPIAGGIA NEL RECENTE PASSATO 48
7.2 PROGETTO DI PROTEZIONE DEL LITORALE - 1998 48
7.3 RILIEVO 2009 51
7.4 EVOLUZIONE RECENTE DELLA LINEA DI RIVA 52
7.5 CONDIZIONI ATTUALI - RIPASCIMENTI 53
7.6 RILIEVI 2020 53
7.7 APPROFONDIMENTI PUNTUALI MARZO 2021 59
8. SCELTA DELLA CONFIGURAZIONE PROGETTUALE 60
8.1 CARATTERISTICHE E CRITICITÀ DELL'AREA 60
8.2 OBIETTIVI DEL PROGETTO 60
8.3 IDENTIFICAZIONE E SIMULAZIONE IPOTESI DI INTERVENTO 60

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

8.3.1 Ipotesi di ripascimento non protetto 61
8.3.2 Ipotesi 1 – Ripascimento strutturale e soffolta in massi 62
8.3.3 Ipotesi 2 – Ripascimento strutturale con protezione al piede, prolungamento del pennello di ponente e realizzazione di un pennello a levante 64
8.3.4 Ipotesi 3 – Ripascimento strutturale con protezione al piede, prolungamento del pennello di ponente e realizzazione di un pennello a levante 66
8.3.5 Risultati del modello di evoluzione della linea di riva 67
8.3.6 Calcolo della risalita dell'onda sulla spiaggia 69
8.4 SCELTA FINALE DELLA CONFIGURAZIONE PROGETTUALE - DESCRIZIONE DELLE OPERE 71
8.5 MATERIALI, QUANTITATIVI PER LE OPERE A PROGETTO 74
9. INTERFERENZE CON I PRINCIPALI ELEMENTI TECNICI ED AMBIENTALI PRESENTI 75
9.1 INTERFERENZE STRUTTURALI E FUNZIONALI 75
9.2 INTERFERENZA DEGLI INTERVENTI CON IL REGOLARE DEFLUSSO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SUBSUPERFICIALI 77
9.3 INFLUENZA SULLA SENSIBILITÀ AMBIENTALE DEL SITO E CRITERI OPERATIVI 77
9.3.1 Aspetti ambientali generali 77
9.3.2 Fanerogame marine / SIC 78
10. DIMENSIONAMENTO DEI MASSI PER I PENNELLI 80
11. UTILIZZO DELLE RISORSE NATURALI 90
11.1 CRITERI DI SCELTA DEL MATERIALE DA UTILIZZARE – DISPONIBILITÀ DELLE RISORSE 90
11.1.1 Caratteristiche dei massi 90
11.1.2 Materiale per ripascimento 91
11.2 APPROVVIGIONAMENTO IDRICO 91
12. PRODUZIONE E SMALTIMENTO DI RIFIUTI 91
13. VOLUMI DI TRAFFICO INDOTTI E CAPACITÀ DEL SISTEMA INFRASTRUTTURALE 92
14. INQUINAMENTO E DISTURBI AMBIENTALI 95
14.1 VALUTAZIONE DEGLI INQUINAMENTI INDOTTI 95
14.2 INQUINAMENTO DEL TERRENO NELLA ZONA DI INTERVENTO 95
14.3 INQUINAMENTO ACUSTICO 95
14.4 INQUINAMENTO ATMOSFERICO E DA POLVERI 97
14.5 INQUINAMENTO DELL'ACQUA 98
15. GENERAZIONE DI CONFLITTI PER L'USO DELLE RISORSE CON ALTRI INTERVENTI LIMITROFI 98
16. IMPATTO SUL PATRIMONIO NATURALE E STORICO 99
16.1 ASPETTI RIGUARDANTI IL RISCHIO ARCHEOLOGICO 102
17. COMPATIBILITÀ CON IL QUADRO NORMATIVO PAESAGGISTICO - AMBIENTALE 103
18. MITIGAZIONE DELL'IMPATTO DEGLI INTERVENTI 103
19. STIMA DEI COSTI, TEMPI DI ATTUAZIONE 104

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

ALLEGATI:

All.1 : Inquadramento geologico e sedimentologico

All.2 : Stima preliminare dei lavori

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

1. PREMESSA

La presente relazione fa parte del progetto degli interventi di potenziamento delle opere di difesa costiera in Sori, riguardanti la spiaggia principale del paese.

Le opere sono finalizzate alla difesa della costa e dell'abitato e all'aumento della resilienza della spiaggia nei confronti degli eventi estremi: i lavori sono stati finanziati nel Piano degli interventi anno 2021 in relazione all'Ordinanza 558/2018 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile: per queste opere sono pertanto in vigore le norme di cui alla sopra citata OCDPC 558/18 in meito all'approvazione dei progetti.

Le opere di difesa costiera ricadono tra le opere di cui all'allegato IV al d.lgs. n. 152/2006 (Allegato IV alla parte seconda, comma 7 lettera n), ossia tra le opere da sottoporre alla procedura di verifica di assoggettabilità/ screening.

Tali opere interessano parzialmente un'area appartenente alla Rete Natura 2000, il ZSC-SIC IT1332575 – Fondali Nervi - Sori.

Con riferimento al Decreto del Commissario Delegato n. 33/2021 del 29.03.2021 "*Opere di cui all'allegato IV alla parte seconda di cu ial D. Lgs. 152/06 comma 7 lettera n) ricomprese nel piano degli interventi del Commissari oDelegato - anno 2021: Deroga all'art. 6 comma 7 lett. b del D. Lgs 152/06 e ss mm ii*", le opere di cui al D. Lgs 152/06 All. IV comma 7 lettera n) ricomprese nel Piano degli interventi del Commissario Delegato anno 2021 NON vengono sottoposte a VIA anche se ricadono anche parzialmente all'interno di aree naturali protette come definite dalla Legge 6 dicembre 1991 n. 394 ovvero all'interno di siti della rete Natura 2000, ferma restando per le stesse la necessaria valutazione di incidenza.

Il presente studio preliminare ambientale è corredato di tutti gli studi di approfondimento ambientali per la valutazione di incidenza e la valutazione della compatibilità ambientale dei lavori a progetto.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

2. INQUADRAMENTO GENERALE DEI LUOGHI

2.1 Inquadramento dei luoghi e descrizione dell'area

L'area in cui si inserisce l'intervento è il litorale di Sori, compreso tra il Promontorio del Cimitero Comunale e il Promontorio di Capo Pino, per una lunghezza complessiva di circa 400 m.

La cittadina di Sori è ubicata lungo un tratto di costa roccioso e fortemente scosceso e di difficile utilizzo. L'unico tratto di costa bassa accessibile è la spiaggia che si estende per 40-50 m verso mare, un'ampiezza tale da sopportare mareggiate ordinarie, ma al limite dell'equilibrio per mareggiate eccezionali. La spiaggia risulta di particolare interesse, sia per la fruizione balneare e turistica estiva, sia in quanto l'arenile costituisce l'unico elemento di difesa dell'abitato.



Figura 2.1: immagine aerea del litorale di Sori

La spiaggia emersa è suddivisa in due segmenti dal pennello esistente: quella a ovest che si estende per circa 70 m, regolarmente invasa dal mare anche in occasione di deboli mareggiate; quella a est ha un'estensione di circa 300 m ed è attrezzata con stabilimenti balneari.

In prossimità del pennello vi è la foce del Torrente Sori, la cui presenza condiziona la dinamica dei fondali e dell'arenile. Inoltre costituisce un apporto (seppur limitato) di materiale, utilizzato per render fruibile la spiaggia in occasione della stagione balneare estiva.

La spiaggia, nel tratto centrale, è costituita da ciottoli e ghiaia mista a sabbia grossa e medio grossa. Nella parte più orientale, nei pressi del promontorio di Capo Pino, è invece costituita da ghiaia e ciottoli con totale assenza di sedimento.

In occasione della mareggiata del 29 e 30 ottobre 2018 la spiaggia è stata devastata, il mare ha provocato gravi danni alle strutture sul litorale, alle imbarcazioni, alle infrastrutture e agli edifici immediatamente retrostanti la spiaggia stessa.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

2.2 Documentazione fotografica



Foto 2.1: ortofoto eseguita durante la rilevazione con drone - 2.3.2021

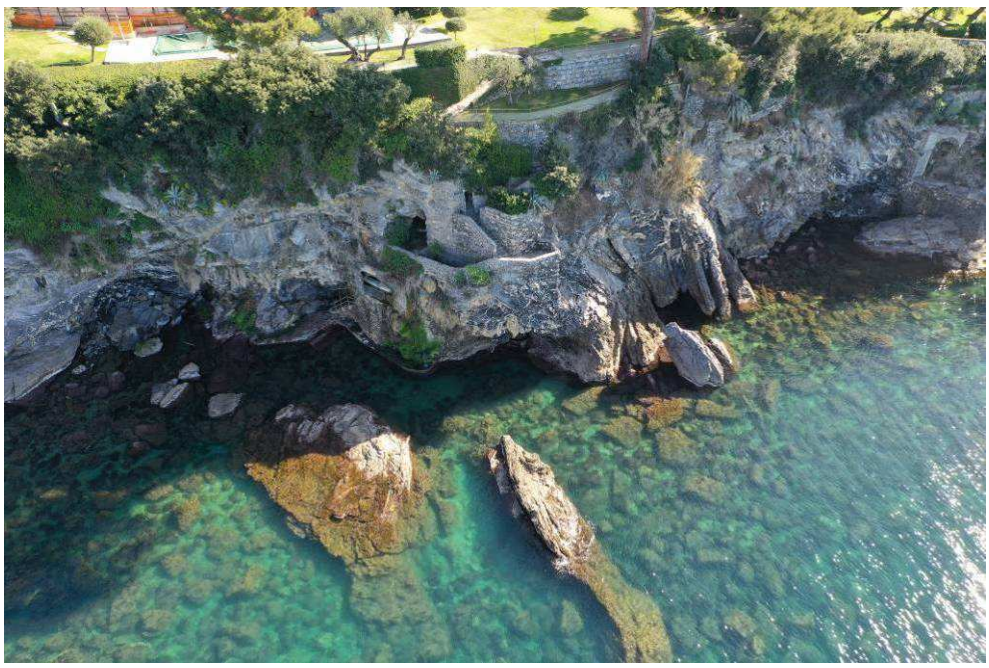


Foto 2.2: particolare della scogliera di ponete - foto da drone - 2.3.2021

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



Foto 2.3: vista del tratto di levante della spiaggia di Sori - 7.10.2019 - si nota chiaramente l'esigua orlatura sabbiosa e la presenza di massi a ridosso della battigia – ottobre 2019

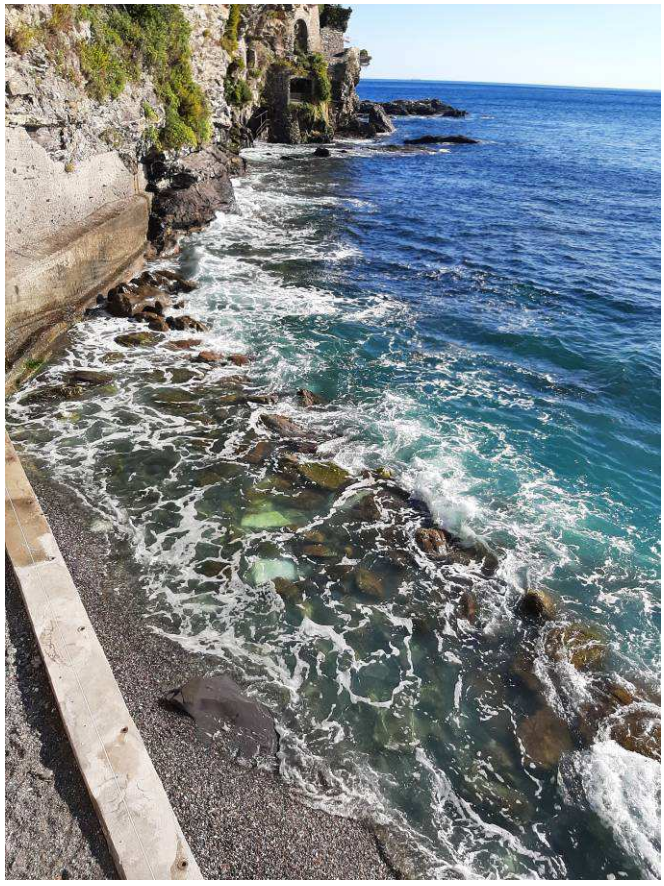


Foto 2.4: particolare del tratto di levante della spiaggia di Sori - 7.10.2019

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



Foto 2.5: particolare del tratto di levante della spiaggia di Sori - 7.10.2019

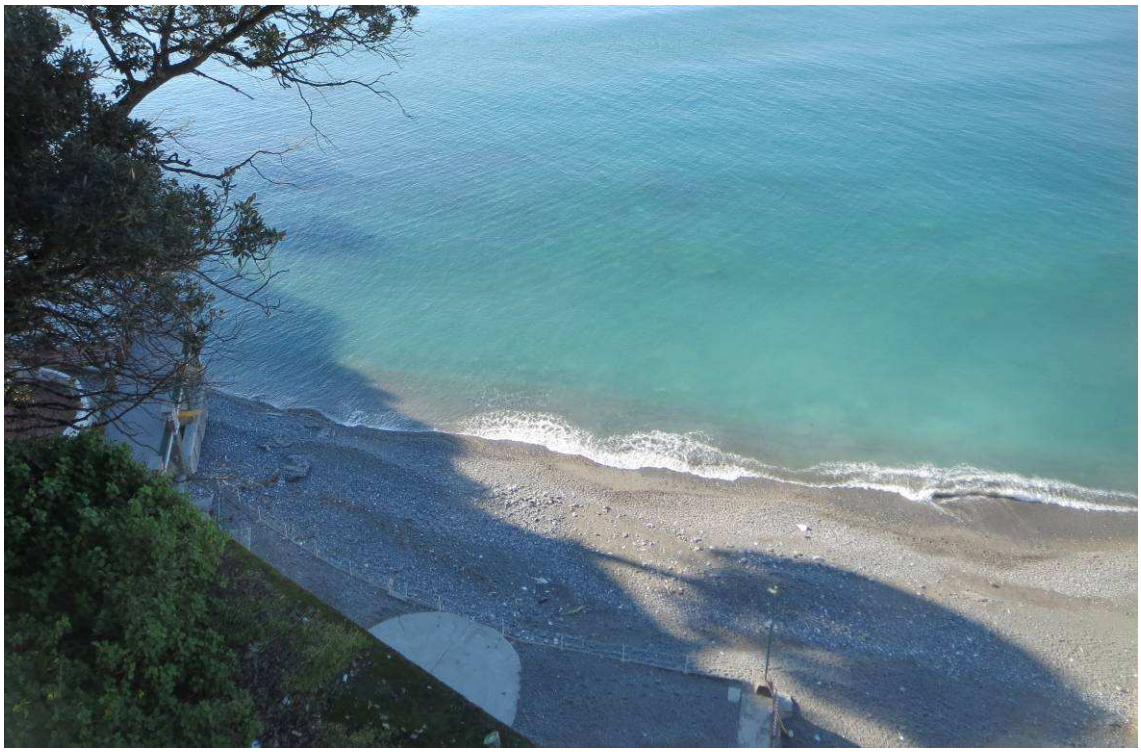


Foto 2.6: vista dalla SS1 Aurelia del tratto di levante della spiaggia - 14.02.2021

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



Foto 2.7: vista da levante della spiaggia di Sori - 7.10.2019



Foto 2.8: vista da levante della spiaggia di Sori - 11.02.2021

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

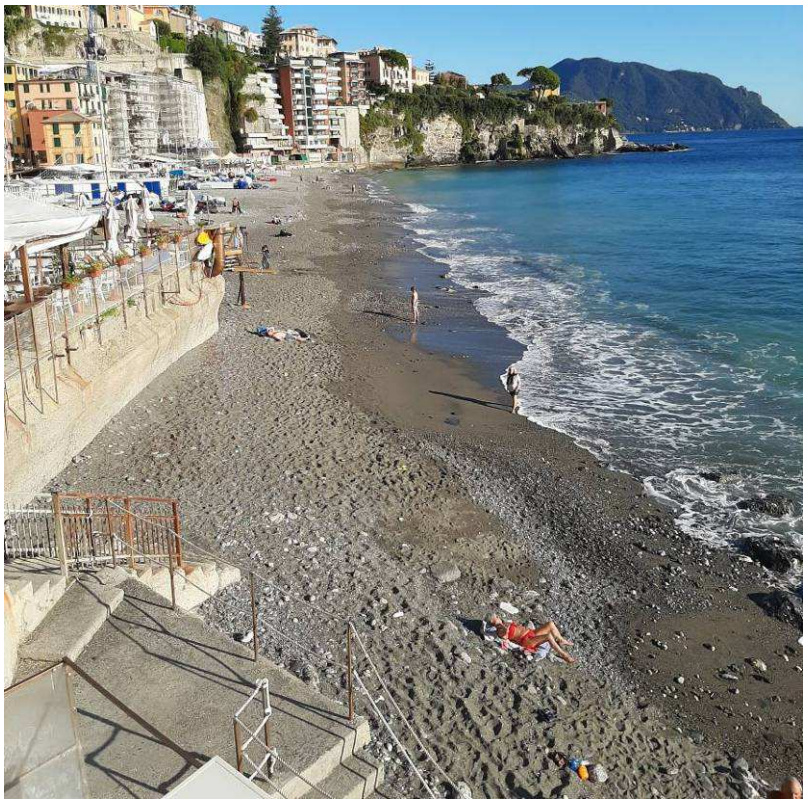


Foto 2.9: vista da ponente della spiaggia di Sori - 7.10.2019



Foto 2.10: vista da ponente della spiaggia di Sori - 11.02.2021

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



Foto 2.11: vista da ponente della spiaggia di Sori - 7.10.2019



Foto 2.12: le arcate a protezione della passeggiata e della chiesa di S. Erasmo , soggette alla violenta azione del moto ondoso in occasione delle mareggiate – 7.10.2019

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



Foto 2.13: vista generale dalla SS 1 Aurelia della spiaggia - 14.02.2021

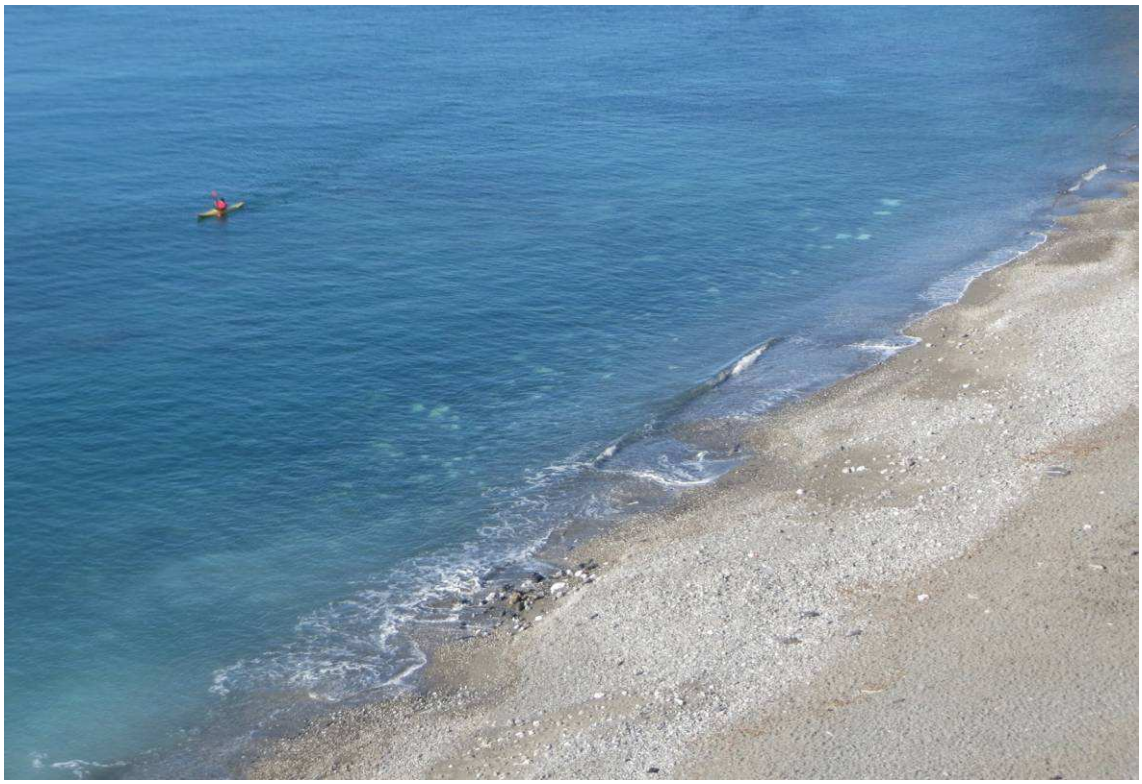


Foto 2.14: particolare dalla SS 1 Aurelia della spiaggia - si notano i massi della scogliera sommersa 14.02.2021

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



Foto 2.15: vista dall'Aurelia del tratto nei pressi della foce del T. Sori - 14.2.2021

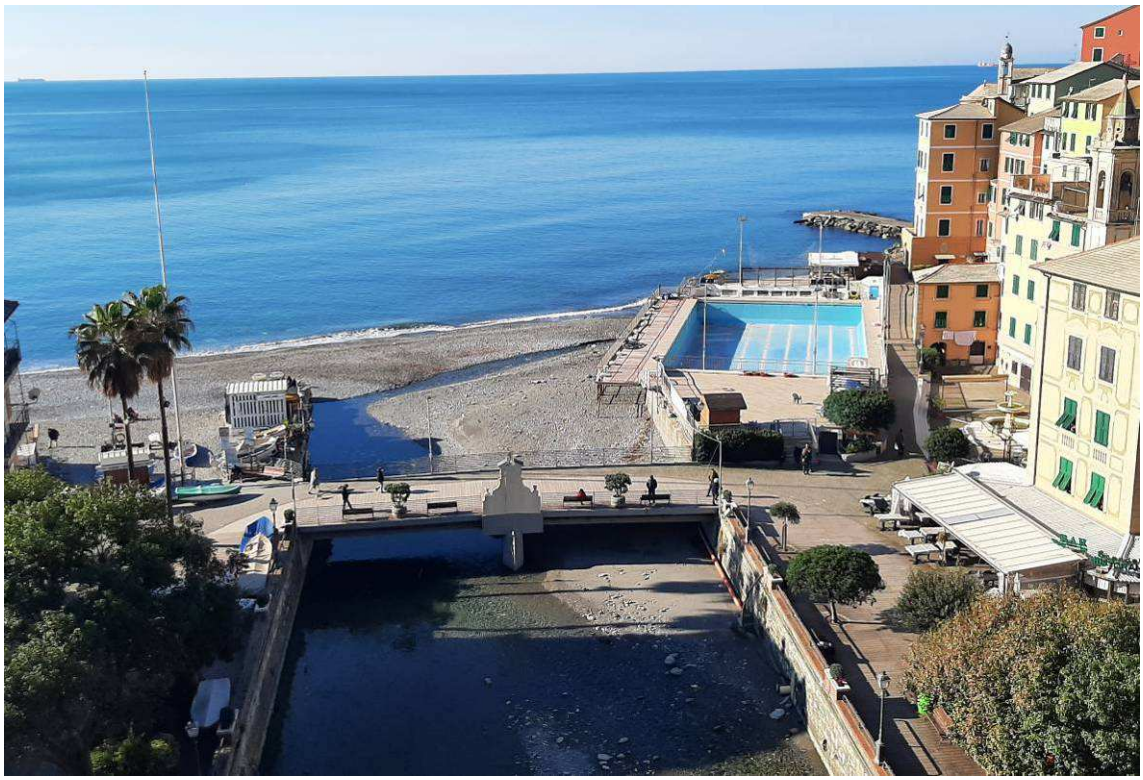


Foto 2.16: vista dall'Aurelia della foce del T. Sori - 14.2.2021

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



Foto 2.17: vista da ponente del molo che delimita la spiaggia centrale - 7.10.2019

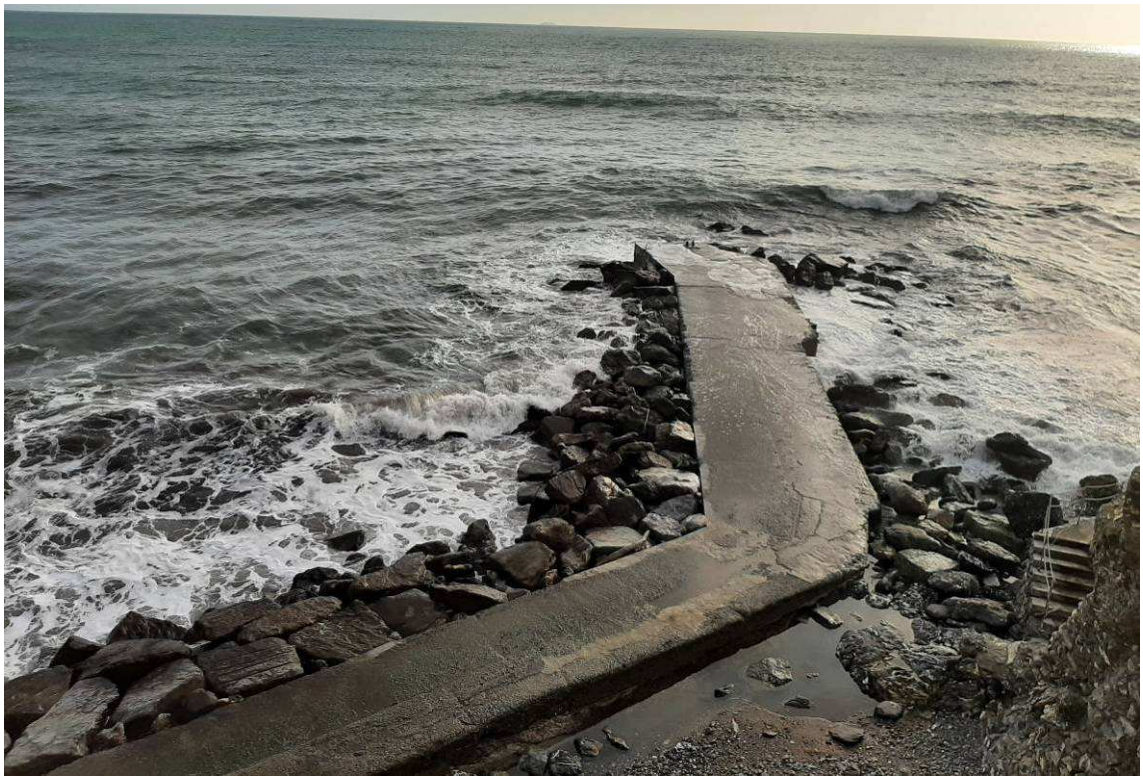


Foto 2.18: vista da ponente del molo che delimita la spiaggia centrale - 11.2.2021

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

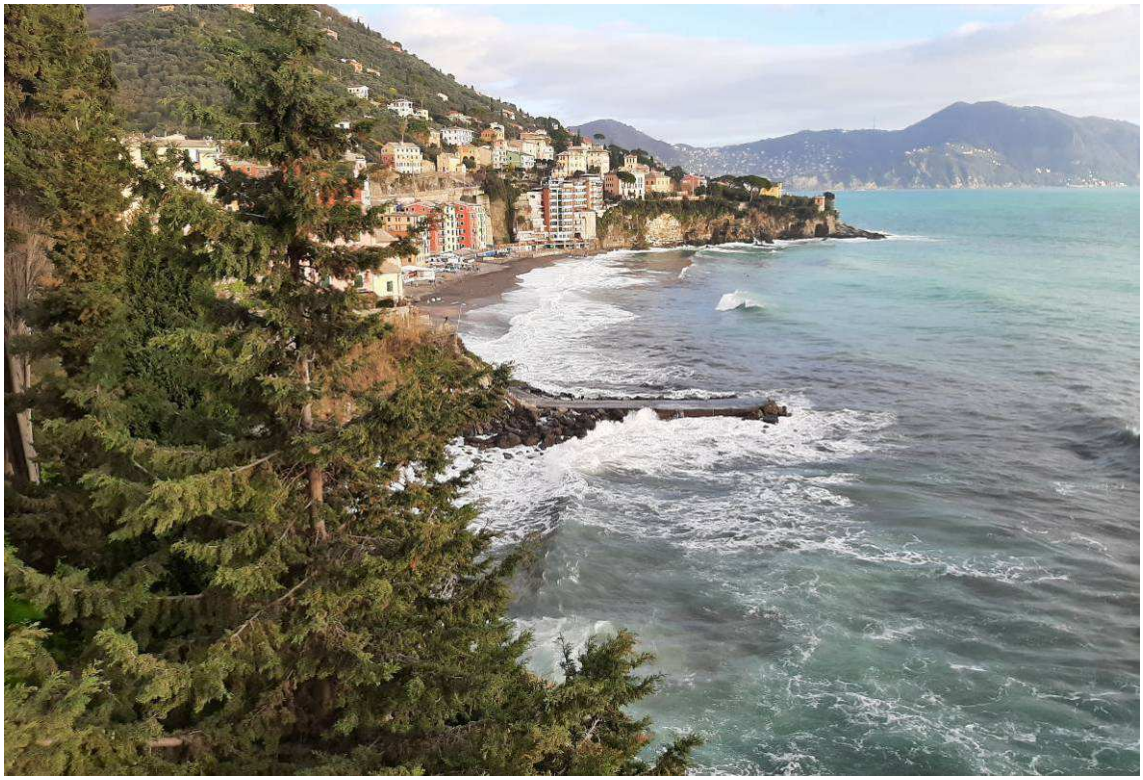


Foto 2.19: vista dal cimitero di Sori della spiaggia di Sori -11.2.2021

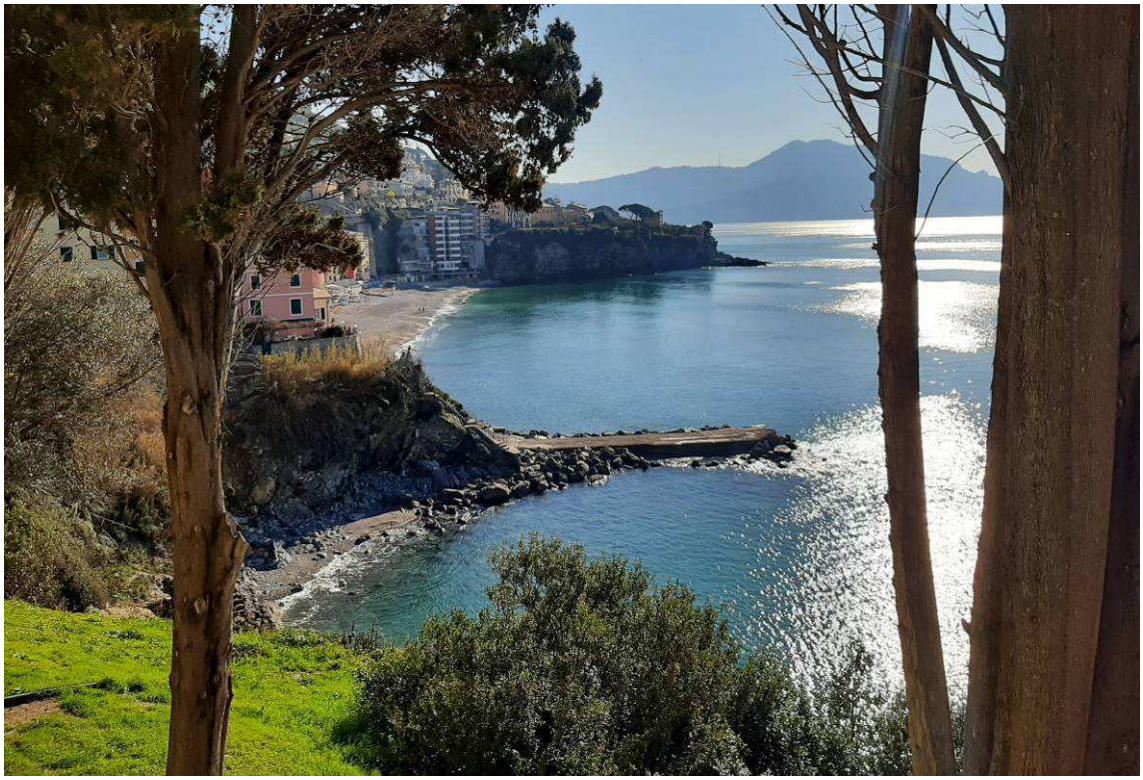


Foto 2.20: vista dal cimitero di Sori della spiaggia di Sori - 14.2.2021

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

2.3 Proprietà delle aree

Come mostrato nello stralcio della mappa del Sistema Informativo del demanio marittimo, l'area oggetto di intervento ricade in demanio marittimo.

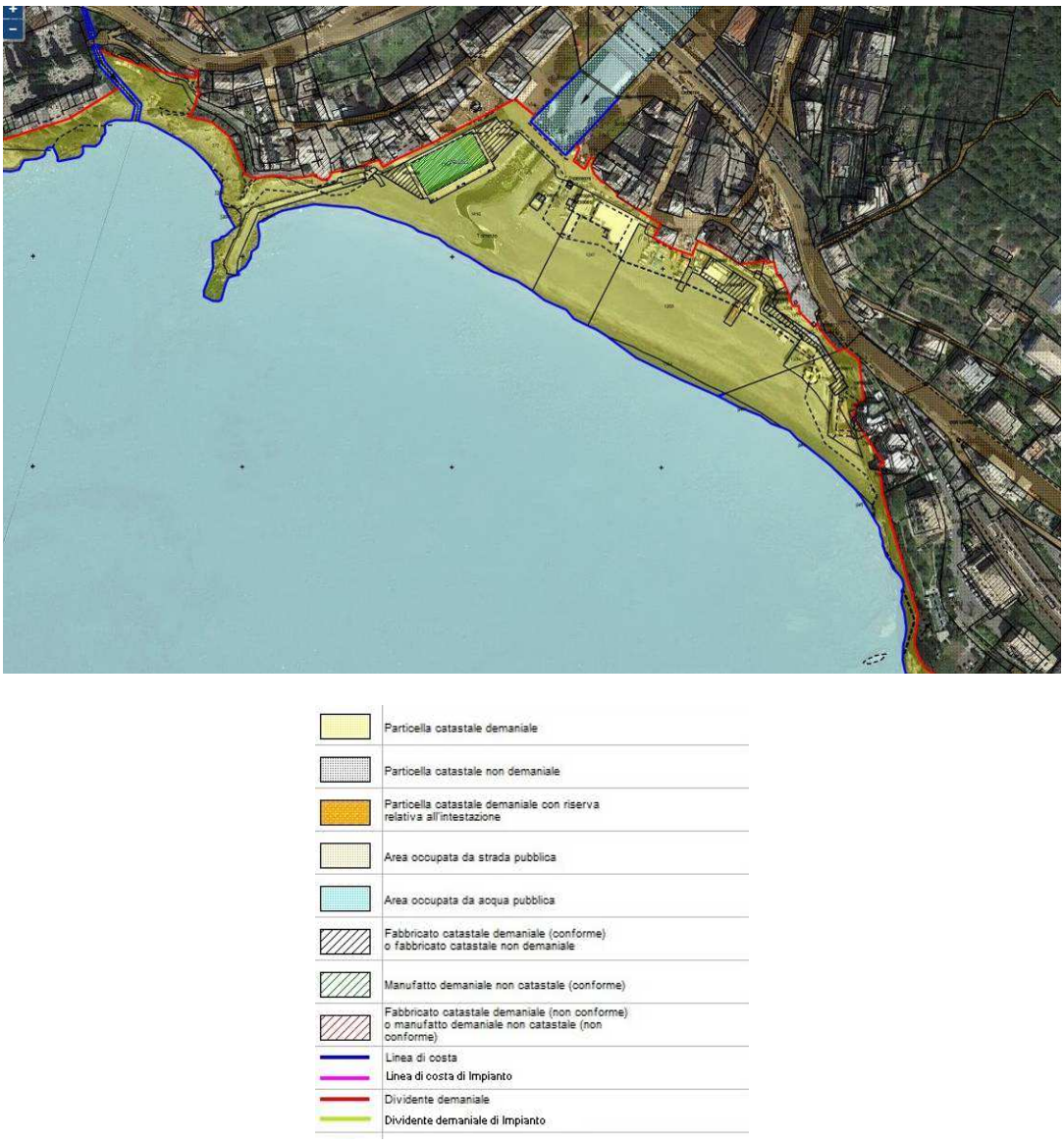


Figura 2.21: – Stralcio mappa SID (da www.mit.gov.it)

2.3.1 Concessioni demaniali

Il Comune di Sori nel Progetto di utilizzo comunale delle aree demaniali pubbliche (PUD) - variante 2017 ha definito le tipologie di utilizzo dei vari tratti dell'arenile e le sistemazioni nella stagione estiva e in quella invernale, come rappresentato nelle due seguenti figure.



Figura 2.22: – PUD 2017 - assetto invernale della spiaggia

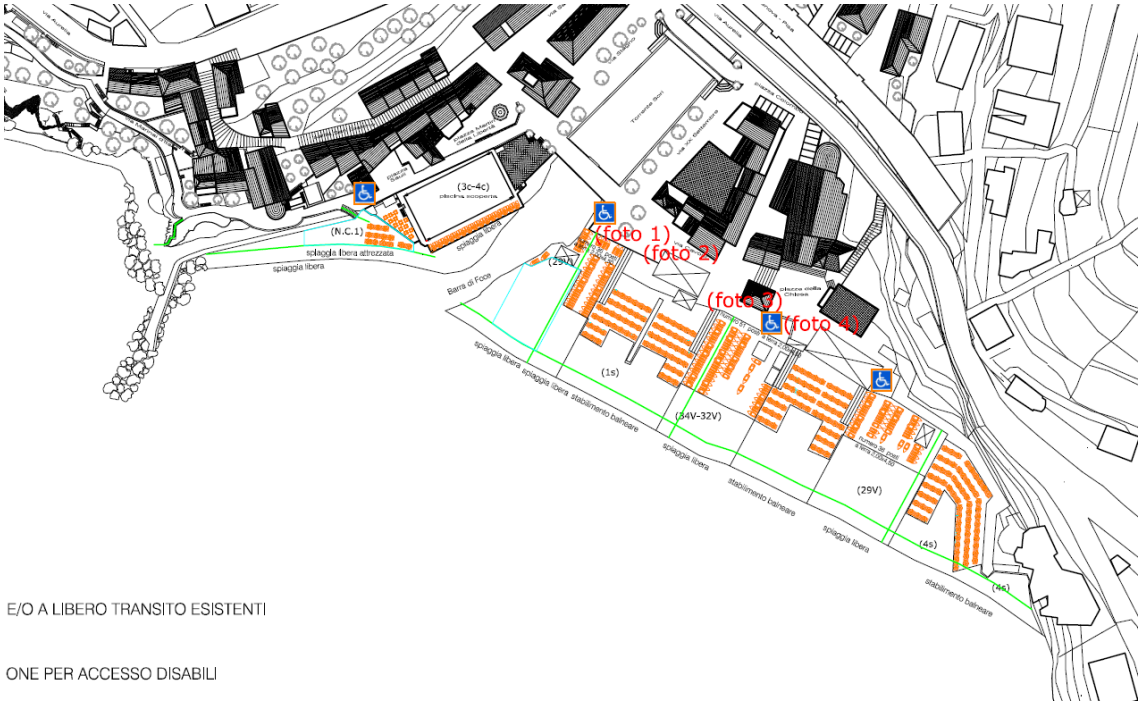


Figura 2.23: – PUD 2017 - assetto estivo della spiaggia

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

A levante della spiaggia centrale, un tratto del litorale è in concessione demaniale marittima al Condominio Villa Jesi (CDM n. 21V): la concessione consiste in un casotto per ricovero barche, una banchina, scala di accesso al demanio marittimo e scalo di alaggio (v. foto e stralci grafici di seguito riportati).

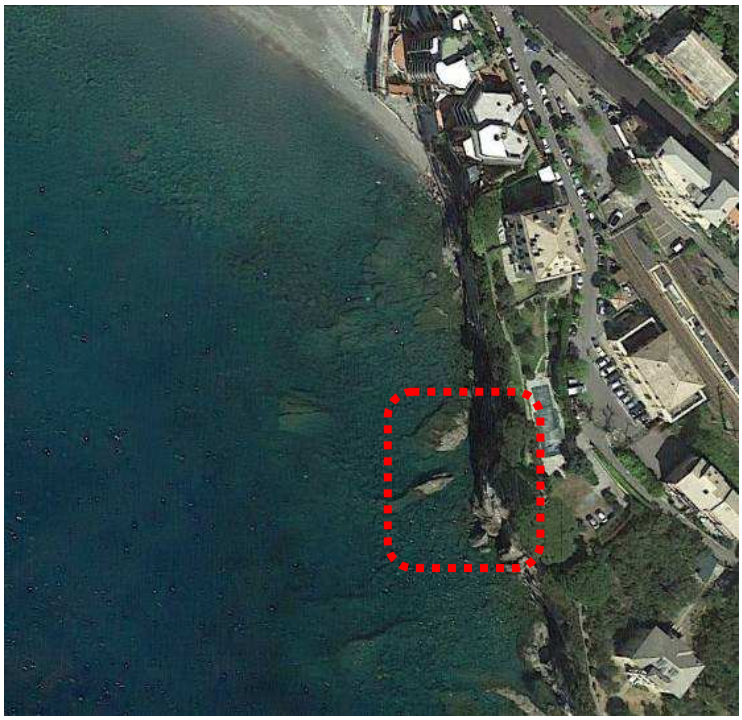


Figura 2.24: – inquadramento su foto aerea della CDM 21V

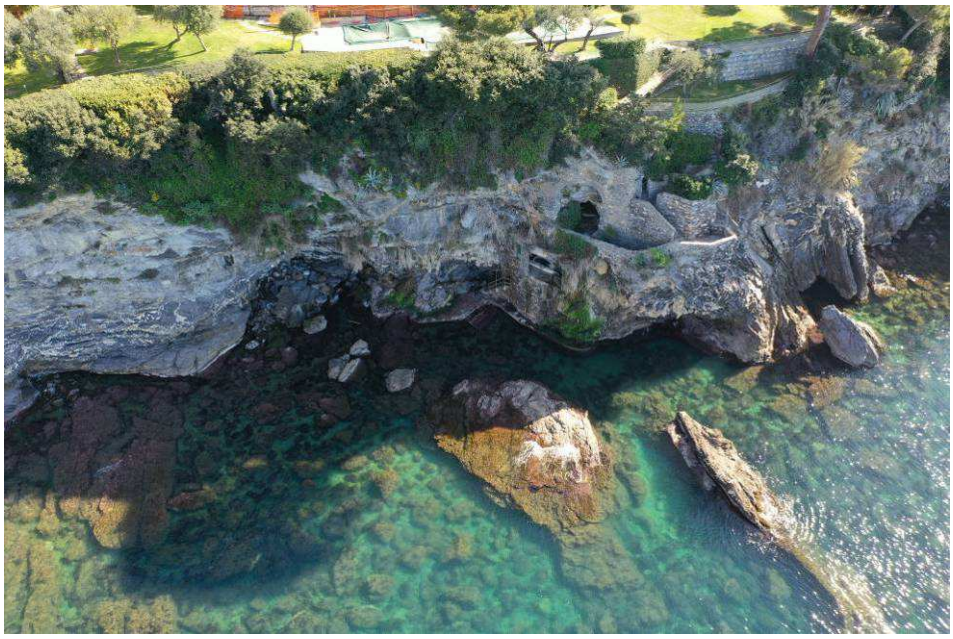


Figura 2.25: – vista da drone della CDM 21V

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



Figura 2.26: – vista da drone della CDM 21V

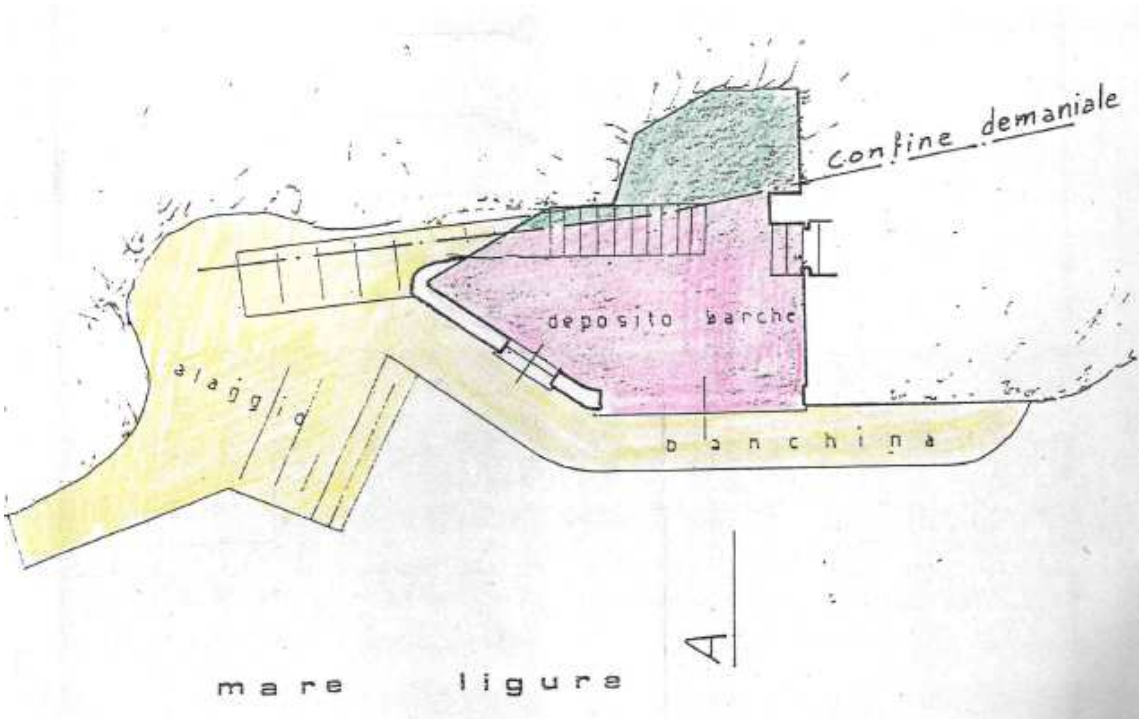


Figura 2.27: – inquadramento su foto aerea della CDM 21V

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO - AMBIENTALE

Si riporta di seguito il quadro normativo vigente sull'area.

3.1 Il Piano Territoriale di Coordinamento paesistico

L'area interessata dagli interventi in progetto fa parte dell'Ambito Territoriale N. 63 "Sori". Si riportano di seguito le indicazioni per il territorio.

3.1.1 Assetto insediativo

La spiaggia ricade per la maggior parte in ambito SU ovvero Strutture urbane qualificate assoggettate al regime normativo di *mantenimento*, in quanto trattasi di ambiti urbani di ampie dimensioni che si distinguono dal contesto per caratteristiche di particolare pregio paesistico-ambientale, tali da identificarli come componenti significative della morfologia urbana.

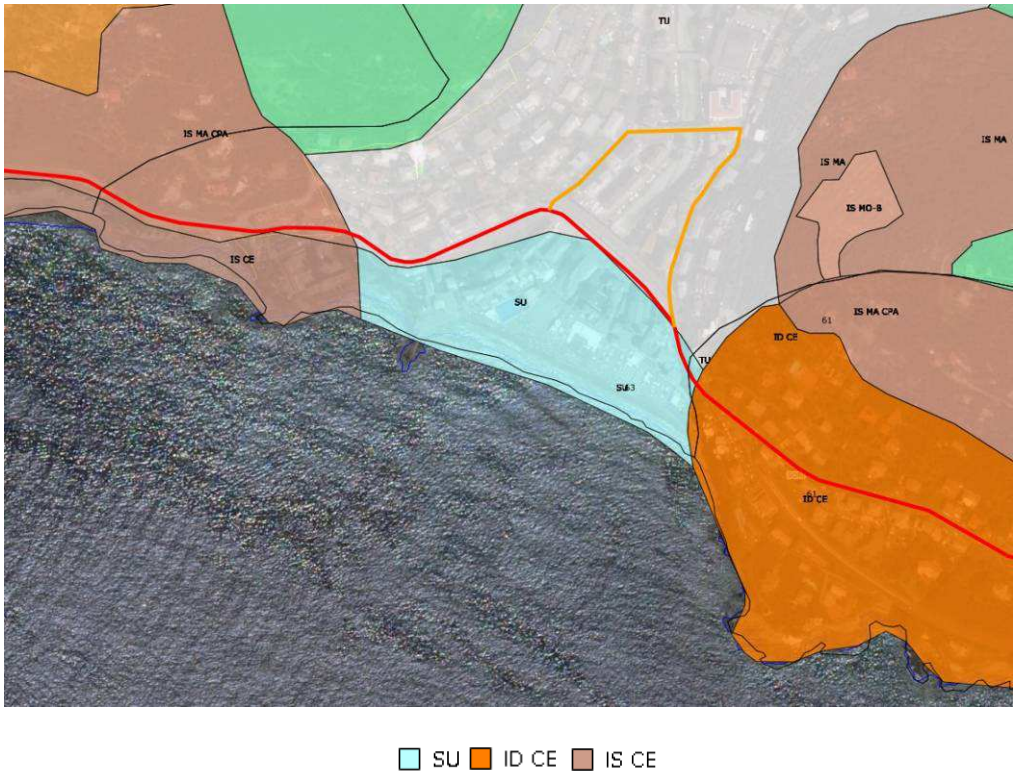


Figura 3.1: - P.T.C.P. della Regione Liguria: assetto insediativo

Una piccola parte della spiaggia situata nell'estremo levante è identificata come ID-CE insediamenti diffusi - regime normativo di *conservazione.* Mentre metà del lembo di spiaggia a ovest del pennello ricade in IS-CE insediamenti sparsi – regime normativo di *conservazione.*

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

3.2 Il PTC della costa

La Regione Liguria - Dipartimento Pianificazione Territoriale e Paesistica ha predisposto il PTC della costa ligure, approvato con D.C.C. n. 64 del 19.12.2000.

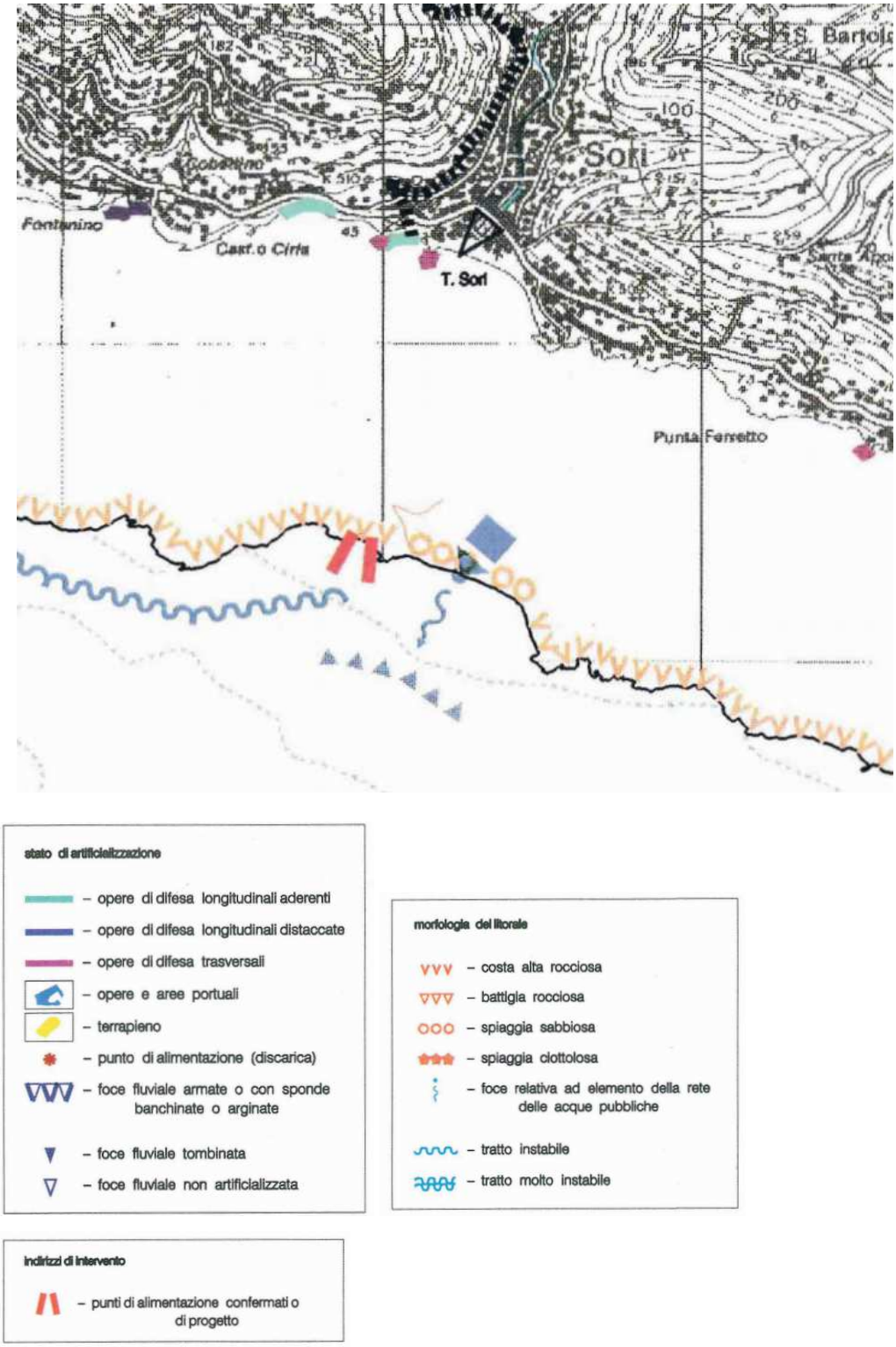


Figura 3.2: - Stralcio P.T.C. della costa

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Nel piano si propone, per la spiaggia di Sori, un piano di interventi di ripascimento periodico che mantengano ed amplino la spiaggia senza alterarne le caratteristiche di fruibilità e gradevolezza che la caratterizzano.

3.3 Piano di tutela ambiente marino e costiero (PTAMC) - studi eseguiti

Per l'area di Sori non è stato redatto il Piano di tutela ambiente marino e costiero.

La Regione Liguria ha eseguito nel 2010 analisi specifiche sugli aspetti idrografici e morfo-sedimentologici nell'area nel documento *Aspetti idrografici e morfo-sedimentologici nell'ambito del Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero della Regione Liguria* (Carlo Cavallo, Ilaria Fasce, Roberta Ivaldi, Ottavio Patulli - Atti 14a Conferenza Nazionale ASITA - Brescia 9-12 novembre 2010), del quale si riportano alcuni elementi significativi:

La porzione di spiaggia si estende tra il promontorio su cui sorge il cimitero di Sori a W e Capo Pino a E ed è caratterizzata da due celle distinte per la presenza di un pennello in massi e cemento, prolungamento del costone roccioso su cui è ubicato parte dell'abitato di Sori, in sponda destra del torrente omonimo. L'arenile è costituito essenzialmente da materiale grossolano (ghiaia e ciottoli) di composizione eterogenea per i diversi interventi di ripascimento; subito a E del pennello il sedimento è misto per la presenza di sabbia grossolana, essenzialmente calcarea e quarzitica che diminuisce da W verso E (assenza sedimento fine presso Capo Pino). Anche l'ampiezza della spiaggia nel settore più orientale si riduce da 40-50 m a 25-30 m.

L'evoluzione della linea di riva, estratta dalle foto aeree (volo R.A.F. 1944, voli bassi Regione Liguria anni 1973, 1983, 1993 e 2003) debitamente georiferite con un errore massimo stimato pari a circa 3 m e desunta dai dati storici, evidenzia come a fine '800 inizio '900 l'arretramento fosse prevalente e come sia gli apporti naturali che gli ingenti versamenti per la costruzione della linea ferroviaria fossero insufficienti a dissipare l'energia degli eventi di tempesta. Dal 1944 al 1973 (Fig. 2) si registra un marcato avanzamento della linea di riva (massimo 65 m settore emerso orientale) e conseguentemente di tutta la spiaggia, risultato questo soprattutto dei versamenti delle macerie belliche e dei materiali di risulta della ricostruzione e delle infrastrutture autostradali.

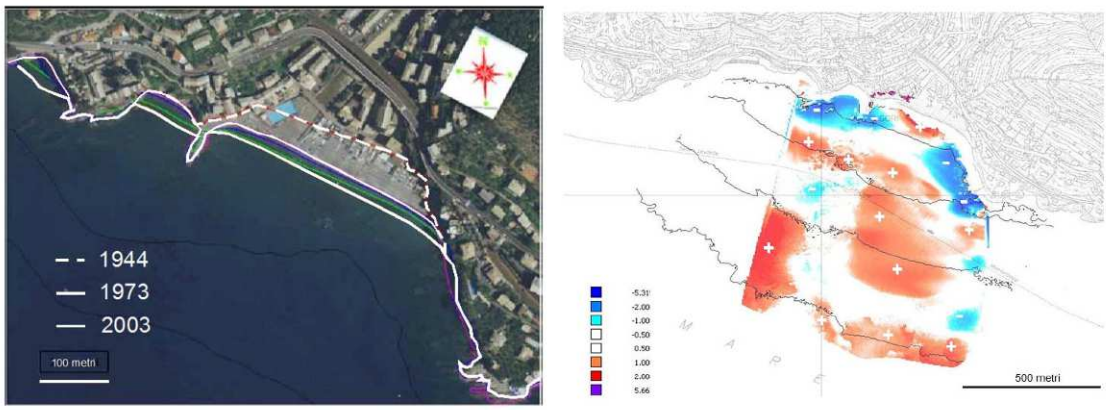


Figura 2 – A sinistra: tendenza evolutiva della linea di riva dal 1944 al 2003. A destra: variazione del fondale (in metri); + accumulo, - erosione, in bianco zona stabile. Isobate ogni 5 m.

Esauritasi la fonte di alimentazione, ***il periodo 1973-2003 è caratterizzato da un arretramento della linea di riva (massimo 10 m nel settore di levante e poco superiore a 3 m, alla foce del torrente Sori), malgrado i consistenti interventi a difesa del litorale con diversi ripascimenti (1994, 2001- 2002) e la***

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

***realizzazione di opere rigide (pennello prosecuzione del costone roccioso nel 1983 e barriera frangiflutti soffolta nel 2001) che hanno rallentato, ma non risolto il problema erosivo**. La tendenza secolare del fondale (Fig. 2) è stata ottenuta dall'elaborazione e confronto dei recenti dati multibeam (2008) con quelli del rilievo dell'Istituto Idrografico della Marina del 1885 (Grafico degli scandagli n. 33, 1:10.000); in fase di confronto sono stati considerati solo quei valori superiori a 0.5 metri, in modo da escludere quelle differenze che davano come risultato un valore inferiore alla massima incertezza verticale prevista dagli standard IHO (0.3 m per fondali fino a 20 m). Le variazioni più evidenti si riscontrano **nell'approfondimento dei settori più prossimi alla costa** (differenze anche superiori a 5 m), ad eccezione della foce del torrente Sori, ed una **generale stabilità o accrezione per il settore di spiaggia sottomarina con fondo superiore a circa 8 m, fatta eccezione per l'area di Capo Pino**. La tendenza evolutiva della spiaggia sottomarina confermerebbe l'evidente erosione registrata nella parte emersa con settori particolarmente critici nella porzione occidentale ed in quella orientale (fino a circa 8 m di profondità). La caratterizzazione del fondale dai dati di dettaglio multibeam e side scan sonar, calibrati direttamente da 20 campioni di sedimento (Fig. 3), mostra la presenza prevalente di sabbia fine e sabbia limosa ed, in subordine, sabbia grossolana e ghiaiosa, soprattutto al limite esterno e con prevalenza di ghiaia e roccia entro circa 5 m di profondità.*

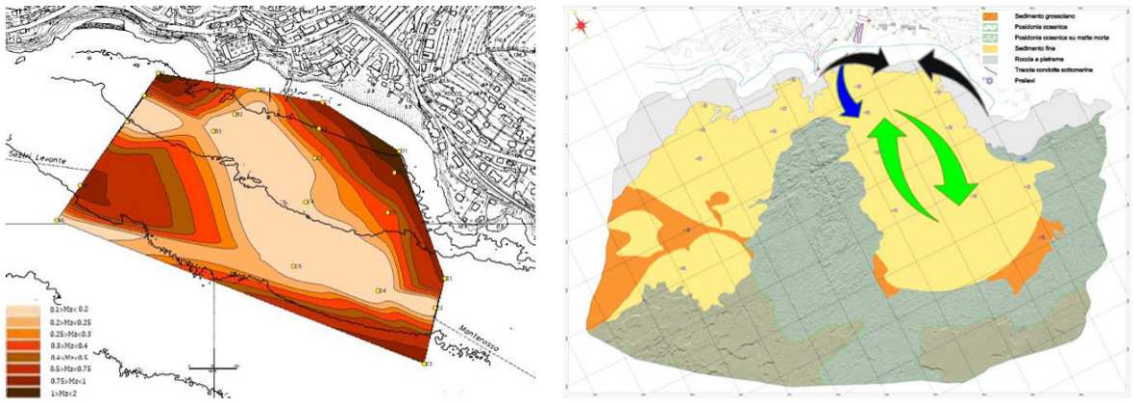


Figura 3 – A sinistra: distribuzione diametro medio (mm); siti di prelievo dei campioni di sedimento (cerchio pieno). A destra: caratterizzazione fondali e dinamica litorale spiaggia di Sori.

L'analisi dei parametri statistici (Patulli, 2010) evidenzia come la distribuzione dei sedimenti più fini e meno classati, che persiste fino a profondità di 18-20 m, si sovrapponga molto bene con le zone di accumulo circa parallele alla costa (Fig. 3). I settori adiacenti probabilmente sono quelli di maggior perdita di materiale con direzioni di rip current verso SE (Capo Pino) e verso SSW (porzione occidentale). Soprattutto a quest'ultimo flusso verso largo viene attribuita la sottrazione di sabbie medio grossolane all'arenile di ponente che presenta una marcata erosione. La dinamica litorale prevalente per intensità e frequenza è dominata dal moto ondoso da libeccio; infatti in occasione delle mareggiate da SW si generano due correnti litoranee convergenti da direzioni opposte: la prima proveniente da Capo Pino, molto intensa, asporterebbe i sedimenti fini, movimentando anche materiali grossolani e si incontrerebbe con la corrente proveniente da ovest lungo costa; in conseguenza si formerebbe una rip-current di centro baia con un flusso verso il largo che asporterebbe le frazioni fini, giustificando così la zona di accumulo di sedimento fine che ha origine alla testata del pennello e che prosegue verso il largo in direzione SE e la presenza di materiale per lo più medio grossolano nell'area di Capo Pino.

*Dal confronto della distribuzione dell'asimmetria con le variazioni batimetriche secolari, viene confermato come **soprattutto nei pressi del pennello e della falesia del cimitero sia in atto una forte erosione** (approfondimento fondale e asimmetria negativa). Interessante è anche notare come i campioni di sedimento più fine, la cui asimmetria risulta essere positiva, siano all'interno dell'area di accumulo seguendo la dinamica sedimentaria che trasporta e deposita il materiale più fine in un settore a partire dalla testata del pennello e che prosegue verso il largo in direzione SE. Uno studio su modello risalente a qualche anno fa aveva evidenziato che la tendenza evolutiva del litorale fosse caratterizzata da un progressivo arretramento della linea di riva dell'ordine di 1 m/anno. Il metodo proposto da Jongens et al. (2007) applicato ai dati geomorfologici e strutturali della costa rocciosa di Sori ha fornito*

invece un ***potenziale arretramento pari a 30-40 m dall'attuale limite superiore della falesia per i prossimi 100 anni.***

I processi geomorfologici nel paraggio di Sori sono essenzialmente riconducibili alle due principali cause di dissesto che caratterizzano il settore e che sono in genere intimamente connessi: movimenti franosi dovuti all'intrinseca instabilità della costa alta ed erosione di tutto il litorale esercitata dall'azione del moto ondoso. La tendenza evolutiva dei fondali e la dinamica sedimentaria, rapportata all'applicazione di modelli di propagazione del moto ondoso, seppure possa esserci una sovrastima del valore di energia riflessa che si distribuisce praticamente su tutto il litorale, evidenzia un trasporto effettivo lungo costa modesto a basse profondità, diretto verso SE. In particolare si presenta una situazione abbastanza critica con un incremento della riflettività, pendenza della spiaggia e asporto di sedimento pari a circa 30% del flusso totale, con assenza di deposito sedimentario in prossimità di Capo Pino ed un progressivo arretramento del litorale.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

3.4 Piano di Bacino – Ambito 14

L'area di intervento ricade nell'ambito del Piano di Bacino- Ambito 14, approvato con D.C.P. n.66 del 12.12.2002 e s.s.m.m.i.i. (Ultima variante approvata: D.d.D.G n. 2461 del 22/04/2020 entrata in vigore il 13/05/2020).

Come mostrato nella cartografia riportata di seguito, nella spiaggia a est del pennello vi è la foce del Torrente Sori, mentre a ovest del pennello vi è la foce del rio del Camposanto.

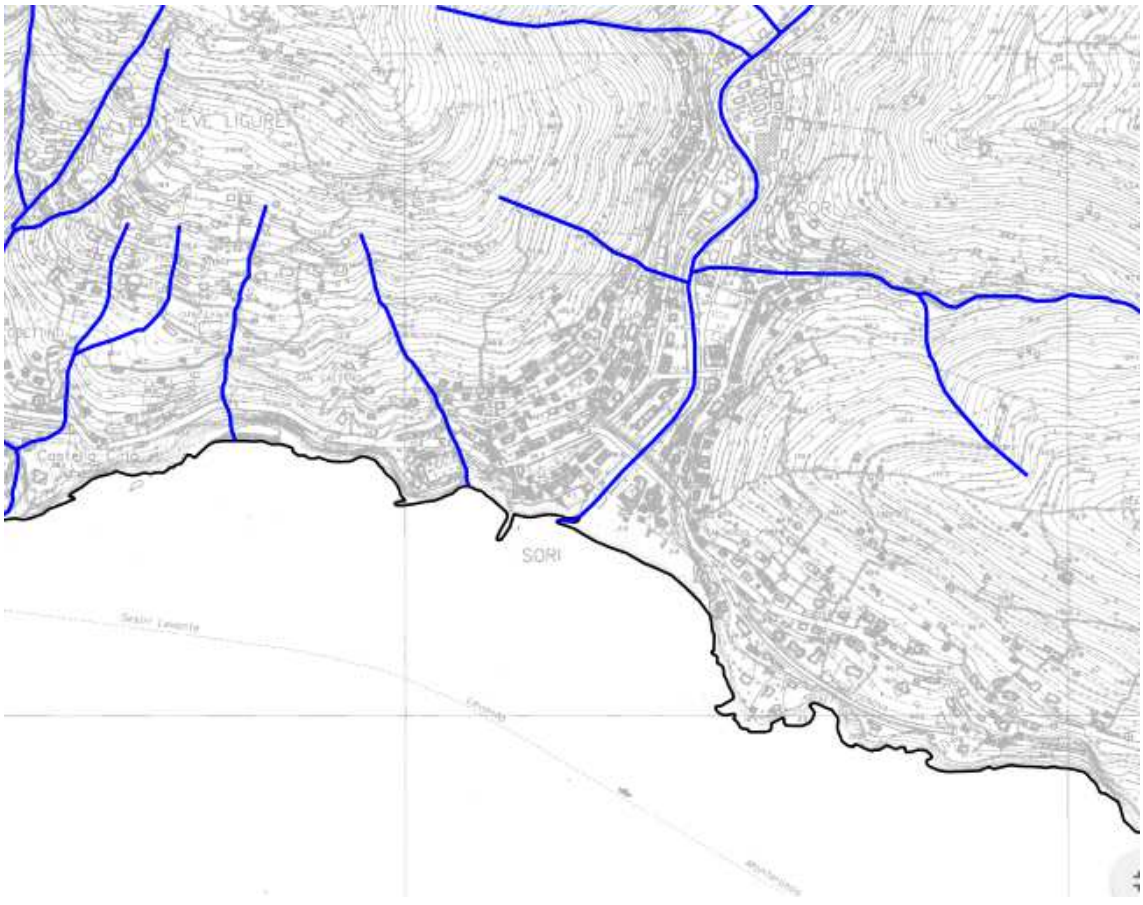


Figura 3.3: Piano di Bacino – Stralcio carta del reticolo idrografico – squadro 231020

Dallo stralcio della carta della suscettività al dissesto si riscontra che il tratto di spiaggia a est del pennello ricade quasi totalmente in classe di suscettività molto bassa eccetto per un breve tratto di estremo levante dove la spiaggia incontra la falesia. Ad ovest del pennello invece la spiaggia si divide in classe bassa e media.

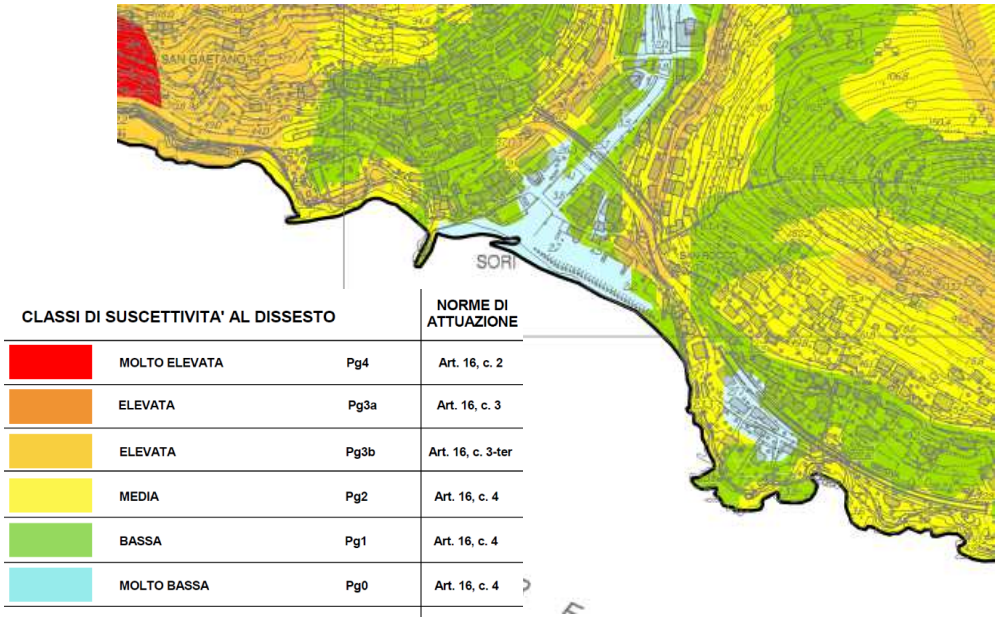


Figura 3.4: Piano di Bacino – Stralcio carta della suscettività al dissesto – squadro 231020

Per quanto riguarda il rischio geologico la spiaggia a est del pennello è interamente classificata come rischio lieve o trascurabile mentre nel tratto ad ovest è in parte rischio moderato e in parte rischio medio.

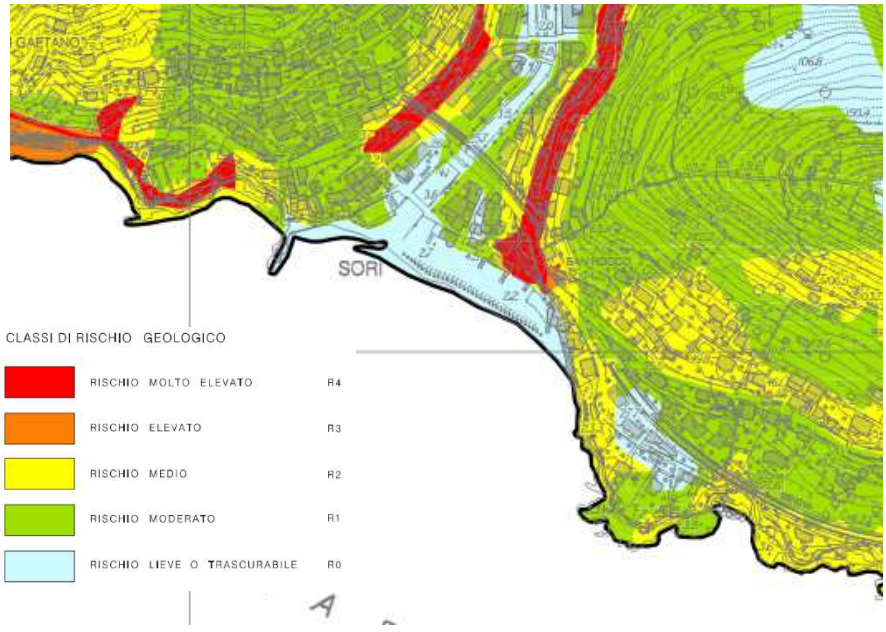


Figura 3.5: Piano di Bacino – Stralcio carta del rischio geologico – squadro 231020

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

3.5 Strumenti urbanistici locali: P.R.G. vigente

3.5.1 P.R.G. Piano Regolatore Generale, Strumento Urbanistico Generale comunale

L'area della spiaggia oggetto di intervento non ricade in nessuna area sottoposta alle Norme di attuazione del Piano Regolatore Generale.

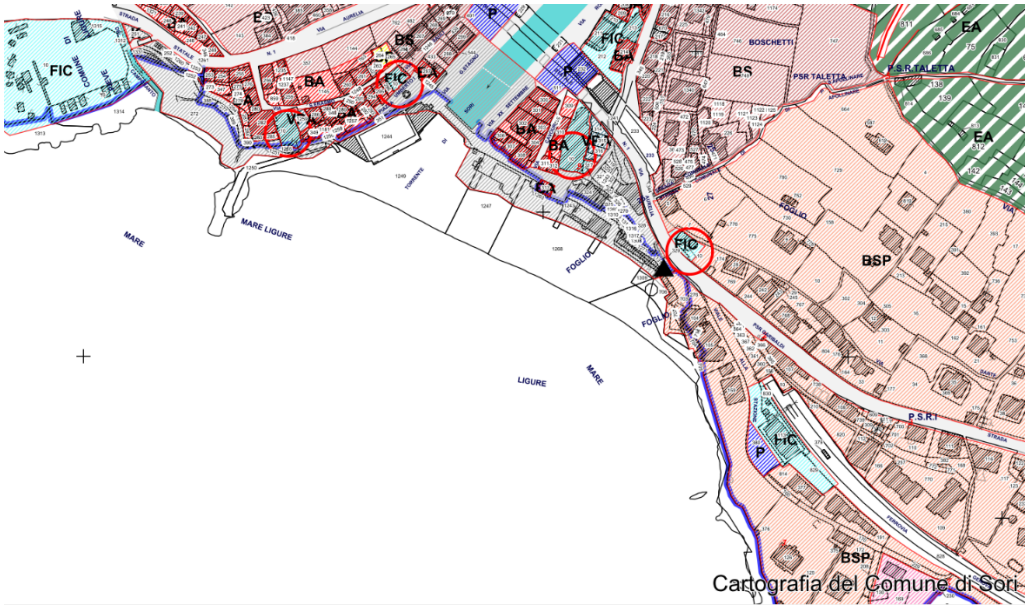


Figura 3.5 - Stralcio del P.R.G. del comune di Sori

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SEDIMENTOLOGICO

Si riporta di seguito (in corsivo) stralcio dell'inquadramento geologico e sedimentologico, riportato in **All. 1**:

Il profilo costiero tra Genova e Chiavari è prevalentemente rettilineo, se si esclude l'accentuata sporgenza del Monte di Portofino, e la struttura morfologica appartiene al tipo delle coste alte e rocciose, spesso strapiombanti sul mare; l'evoluzione che si riscontra è tipicamente giovanile e quindi l'abrasione marina ne costituisce il fattore modellante principale.

In conseguenza della propria configurazione, la costa non può accogliere che poche e strette spiagge ciottolose poste o in piccole insenature alla foce dei modesti rivi od alla base di falesie continuamente smantellate dal mare.

Come riporta la bibliografia, molte tipiche spiaggette del genovesato sono state create "ex novo" all'epoca della realizzazione della ferrovia utilizzando i materiali inerti risultanti dagli scavi; alcuni di questi greti ghiaiosi hanno potuto conservarsi nei punti più protetti dalle correnti e dalle mareggiate da Sud a Sud Ovest (Bogliasco, Sori, Recco), altri hanno avuto vita brevissima e sono scomparsi.

In assenza di dati stratigrafici puntuali non è possibile interpretare le interferenze e le eventuali intergiditazioni (eteropie) tra i depositi quaternari fluviali e quelli di origine marina: un aspetto tuttavia evidente, messo in luce dalle batimetrie e dai rilievi granulometrici nelle spiagge sommerse, è la presenza sotto lo specchio acque antistante il centro cittadino di una pronunciata conoide originata dal trasporto solido del torrente Sori.

Le osservazioni compiute lungo il tratto terminale del corso d'acqua denunciano prevalenti granulometrie grossolane (ghiaia e ciottoli) e omogeneità litologica coerente con la geologia del bacino a monte (Calcari di M.te Antola): tale condizione riflette non solo l'assetto geologico del comparto, ma conseguentemente anche quello geomorfologico che propone fenomeni di dissesto - e dunque di alimentazione al trasporto solido - prevalentemente originati (ora o in passato) da erosioni di fondo e crolli e, più in generale dislocazione di placche rocciose dai versanti piuttosto che cinematismi su materiali sciolti, questi ultimi limitati alla mobilitazione dei sottili manti eluvio-colluviali a declivio naturale o riprofilati a terrazzamenti nei secoli scorsi dall'uomo nell'ambito del recupero agricolo del territorio.

Lo stralcio cartografico testimonia la prevalenza del materiale grossolano - più stabile - sulla spiaggia e in prossimità della falesia mentre i fondali avanzati denunciano la quasi esclusiva presenza di sabbia: ciò può essere interpretato come instabilità globale della spiaggia tradotto in un fenomeno selettivo con trasporto della frazione fine (naturale o conseguente ai ripascimenti) verso le batimetrie più profonde e conservazione della frazione più grossolana originaria sulla spiaggia emersa.

Nell'ambito del progetto è stata predisposta un'accurata indagine sedimentologica del sito, che ha previsto il prelievo di 4 campioni in spiaggia emersa e di 10 campioni in spiaggia sommersa, tra la linea di riva e la profondità di 10 m.

L'analisi dei risultati granulometrici di questi campioni ha permesso di ricavare, in ogni punto, i diametri percentili caratteristici d_n, ossia i diametri associati ad una certa percentuale di passante, dove il numero n indica la percentuale considerata (d_{16}, d_{50}, d_{84}).

In sintesi, si può osservare la preponderante presenza di materiale grossolano (ghiaia e ciottoli) di composizione eterogenea, anche in virtù dei diversi interventi di ripascimento effettuati nel corso degli anni; in prossimità del pennello il sedimento è misto per la presenza di sabbia grossolana, essenzialmente calcarea e quarzitica, che diventa via via più rara procedendo da ponente verso levante sino a una pressoché totale assenza di sedimento a matrice sabbiosa al limite orientale dell'arenile, verso Capo Pino.

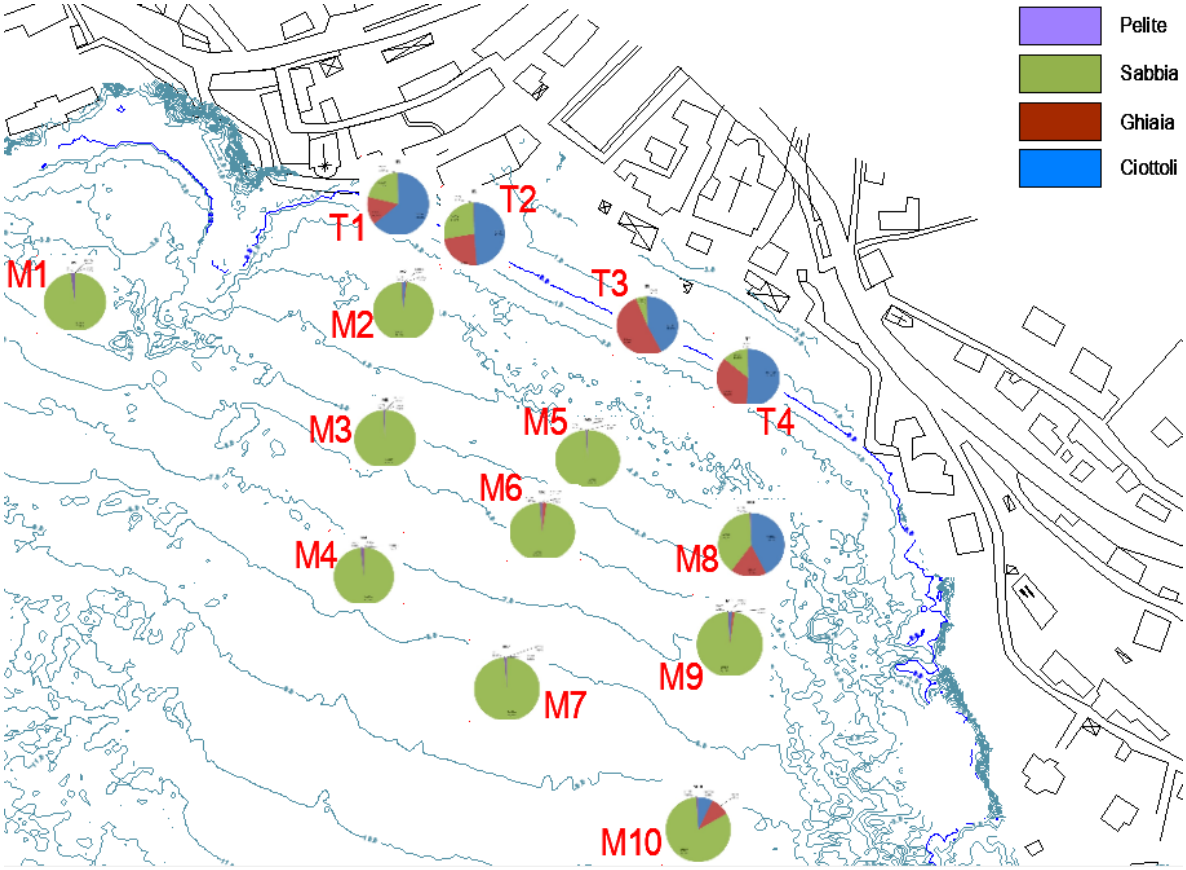
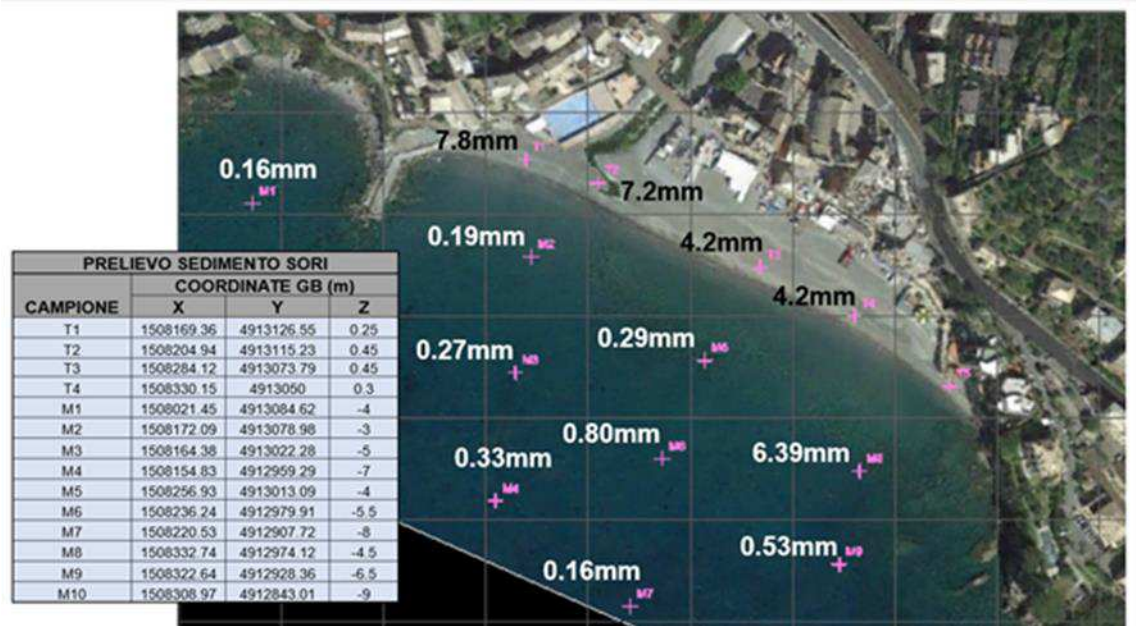


Figura 3.5: punti di prelievo e caratteristiche dei sedimenti

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



PRELIEVO SEDIMENTO SORI			
	COORDINATE GB (m)		
CAMPIONE	X	Y	Z
T1	1508169.36	4913126.55	0.25
T2	1508204.94	4913115.23	0.45
T3	1508284.12	4913073.79	0.45
T4	1508330.15	4913050	0.3
M1	1508021.45	4913084.62	-4
M2	1508172.09	4913078.98	-3
M3	1508164.38	4913022.28	-5
M4	1508154.83	4912959.29	-7
M5	1508256.93	4913013.09	-4
M6	1508236.24	4912979.91	-5.5
M7	1508220.53	4912907.72	-8
M8	1508332.74	4912974.12	-4.5
M9	1508322.64	4912928.36	-6.5
M10	1508308.97	4912843.01	-9

Figura 3.5: punti di prelievo e D50 dei sedimenti

La spiaggia emersa, per l'intero sviluppo indagato, è caratterizzata da una composizione granulometrica eterometrica, come già anticipato, con ***componente grossolana predominante****.*

I ciottoli sono la classe più rappresentata con percentuali comprese tra 42.50 e 64.09 %., a seguire la ghiaia con percentuali comprese tra 14.56 e 51.38%.

La sabbia risulta subordinata con percentuali variabili tra 5.85 e 27.27%,.

La frazione pelitica può essere considerata assente in quanto la percentuale massima riscontrata è pari 0.40%.

Complessivamente si può affermare che la spiaggia emersa, sotto il profilo granulometrico, presenta caratteristiche omogenee, unica scostamento si riscontra in T3 che è caratterizzato da una maggior componente ghiaiosa a discapito di quella sabbiosa.

Il diametro medio presenta valori compresi tra 4.16 e 7.82mm (ciottoli) e d50 compreso tra 4 e 8mm (ciottoli).

Anche per la spiaggia sommersa si può ragionevolmente affermare che i sedimenti presentano caratteristiche omogenee sotto il profilo granulometrico, ad eccezione del campione M8 (in prossimità del piede della falesia).

La frazione più rappresentata è quella sabbiosa con percentuale variabili tra 82.24 e 98.95%.

I ciottoli sono quasi sempre assenti, con percentuali sempre intorno o inferiori a 1% tranne che in M10 dove è pari a 7.22%. Anche la ghiaia risulta poco rappresentata con percentuali variabili da 0 a 9,55% mentre la pelite è quasi assente con percentuali comprese tra 0.91 e 2.22%.

Unica eccezione a tale andamento si riscontra nel campione M8, costituito da ciottoli (42.68%) e sabbia (39.17%) con ghiaia (17.42%.): come detto tali caratteristiche sono probabilmente da imputare alla prossimità con la falesia e quindi all'aumento di elementi grossolani derivanti dalla detrizione della stessa.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Sulla spiaggia sommersa il diametro medio è inferiore a 1mm con valori compresi tra 0.16 e 0.97mm (sabbia) e d50 compreso tra 0.2 e 0.9mm (sabbia).

Per la spiaggia emersa i valori di classazione sono compresi tra 0.90 e 1.97 a testimonianza di una mal classazione dei sedimenti.

Sempre in merito a tale parametro, la spiaggia sommersa presenta due classi di valori: la prima tra 0.71 e 0.91 che determinano un grado di classazione moderato, la seconda (campioni M4 – M6 – M8 – M10) presenta valori compresi tra 1.15 e 2.01 caratteristici di un sedimento mal classato.

Per quanto concerne la Skewness si specifica che questo parametro è correlabile con le oscillazioni dell'energia del mezzo di trasporto che alterano la teorica log-normalità della distribuzione granulometrica del sedimento; se le variazioni hanno come tendenza un aumento dell'energia si ha una troncatura nelle classi più fini (quanto dovrebbe essere depositato viene invece asportato), il contrario se la tendenza è in diminuzione (si deposita quanto dovrebbe essere allontanato).

Questo parametro fornisce dunque notizie sulla natura di un accumulo, in genere hanno la coda più grossolana (Sk1<0) i sedimenti residuali mentre una asimmetria negativa e una medio- elevata sono indice di tendenza all'erosione.

I campioni rappresentativi della spiaggia emersa presentano valori di Sk molto eterogenei: si passa da sedimenti con asimmetrie negative a positive a simmetrici.

I sedimenti sommersi tendenzialmente mostrano una classificazione di tipo simmetrico.

In subordine troviamo asimmetrie di tipo negativo, M2-M8-M10 (spostamento della curva verso le classi a granulometria maggiore).

I campioni M1 e M6 sono gli unici caratterizzati da asimmetrie positive.

Si può in conclusione affermare che la tendenza erosiva si manifesta maggiormente nel settore orientale della baia.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

5. VALUTAZIONE GENERALE DELLA SENSIBILITÀ AMBIENTALE DEL SITO

5.1 Vincoli architettonici, archeologici e paesaggistici

Il "Patrimonio culturale" nazionale, costituito sia dai "beni culturali" che dai "beni paesaggistici" è riconosciuto e tutelato dal Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, Codice dei beni Culturali e del Paesaggio come modificato e integrato dal D. Lgs. 24.03.2006, n. 157.

Il Codice individua e regolamenta i vincoli paesaggistici sia all'art. 136 sia all'art. 142.

L'art. 136 individua gli immobili e le aree di notevole interesse pubblico da assoggettare a vincolo paesaggistico con apposito provvedimento amministrativo (lett. a) e b) "cose immobili", "ville e giardini", "parchi"..., c) e d.) "bellezze individue", nonché lett. c) e d) "complessi di cose immobili", "bellezze panoramiche"... c e d.) "bellezze d'insieme").

L'art. 142 individua, invece, le aree tutelate per legge ed aventi interesse paesaggistico di per sé, quali "territori costieri" marini e lacustri, "fiumi e corsi d'acqua", "parchi e riserve naturali", "territori coperti da boschi e foreste", "rilievi alpini e appeninici"...

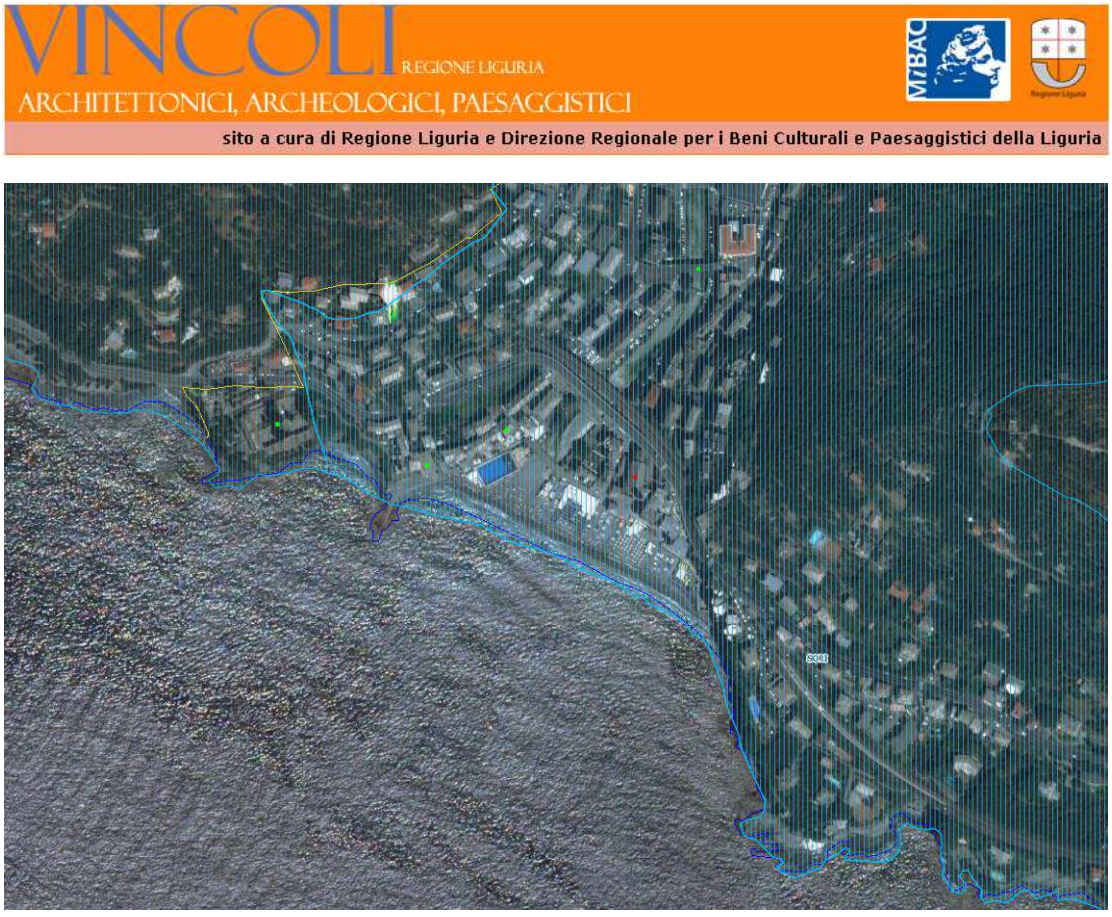


Figura 4.1 - Stralcio carta dei vincoli architettonici archeologici e paesaggistici della Liguria tratta dal sito www.liguriavincoli.it

L'area ricade nei vincoli paesistici di bellezza d'insieme "Zona costiera e dell'entroterra nei Comuni di Pieve Ligure, Sori e Recco ricca di vegetazione mediterranea" (Codice 070594) istituito con D.M. del 14/12/1959 e "Fascia costiera sita nel Comune di Sori compresa tra il confine del Comune di Recco e quello del Comune di Bogliasco Pieve" (Codice 075012) istituito con D.M. del 28/01/1949.

Vincolo Paesistico Bellezza d'insieme

Codice vincolo	070594
Numero Progressivo per Comune	2
Oggetto del Vincolo	ZONA COSTIERA E DELLO ENTROTERRA NEI COMUNI DI PIEVE LIGURE SORI E RECCO RICCA DI VEGETAZIONE MEDITERRANEA E NUCLEI EDILIZI CARATTERISTICI LIGURI
Tipo Decreto	Decreto Ministeriale
Data del decreto	14/12/1959
Tipo di Pubblicazione	Gazzetta Ufficiale
Numero di pubblicazione	61
Data pubblicazione	11/03/1960
Grado identificazione	identificabile con precisione
Limiti amministrativi storici	SI
Decreto	**070594**
Stralcio cartografico	**070594_sc**

Vincolo Paesistico Bellezza d'insieme

Codice vincolo	075012
Numero Progressivo per Comune	1
Oggetto del Vincolo	FASCIA COSTIERA SITA NEL COMUNE DI SORI COMPRESA TRA IL CONFINE DEL COMUNE DI RECCO E QUELLO DEL COMUNE DI BOGLIASCO PIEVE
Tipo Decreto	Decreto Ministeriale
Data del decreto	28/01/1949
Tipo di Pubblicazione	Gazzetta Ufficiale
Numero di pubblicazione	29
Data pubblicazione	05/02/1949
Grado identificazione	identificabile con precisione
Limiti amministrativi storici	SI
Decreto	**075012**
Stralcio cartografico	**075012_sc**

L'area in oggetto affacciando direttamente sul mare, ricade, inoltre, anche in area soggetta a vincolo paesistico secondo l'art. 142 del Codice.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

5.2 Vincolo idrogeologico

Come mostrato nella figura sotto riportata l'area oggetto dell'intervento non è sottoposta a vincolo idrogeologico.



Figura 4.2 - Piano di Bacino – Stralcio Carta delle aree sottoposte al vincolo idrogeologico – squadro 231020

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

5.3 Aspetti ambientali e naturalistici

5.3.1 Siti di Importanza comunitaria (SIC)

L'intervento interessa la ZSC-SIC IT1332575 – Fondali Nervi - Sori: questo SIC si estende per l'intero arco litorale da Genova a Sori ed è caratterizzato dalla presenza di Posidonia oceanica in varie condizioni di estensione e conservazione.



Figura 5.1: vista generale del S.I.C/ZPS Fondali Nervi Sori

Nell'area, il SIC ha la sua estensione più vicina a costa in prossimità del molo/pennello a ovest della spiaggia centrale: nei paragrafi seguenti vengono descritte le indagini di dettaglio eseguite per valutare le caratteristiche dei fondali.



Figura 5.2: stralcio Carta S.I.C. Terrestri tratto dal sito cartografico della Regione Liguria

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

5.3.2 Habitat Marini

Come risulta dalla figura seguente tratta dall'"Atlante degli Habitat Marini della Liguria" (G. Diviacco - S. Coppo) sui fondali antistanti l'attuale pennello posto nella zona a ponente della spiaggia, è evidenziata la presenza di alghe fotofile su substrato prevalentemente artificiale e in prossimità della testa del pennello, da costa verso il largo, la presenza prima di alghe fotofile poi di posidonia su roccia e un piccolo posidonieto.

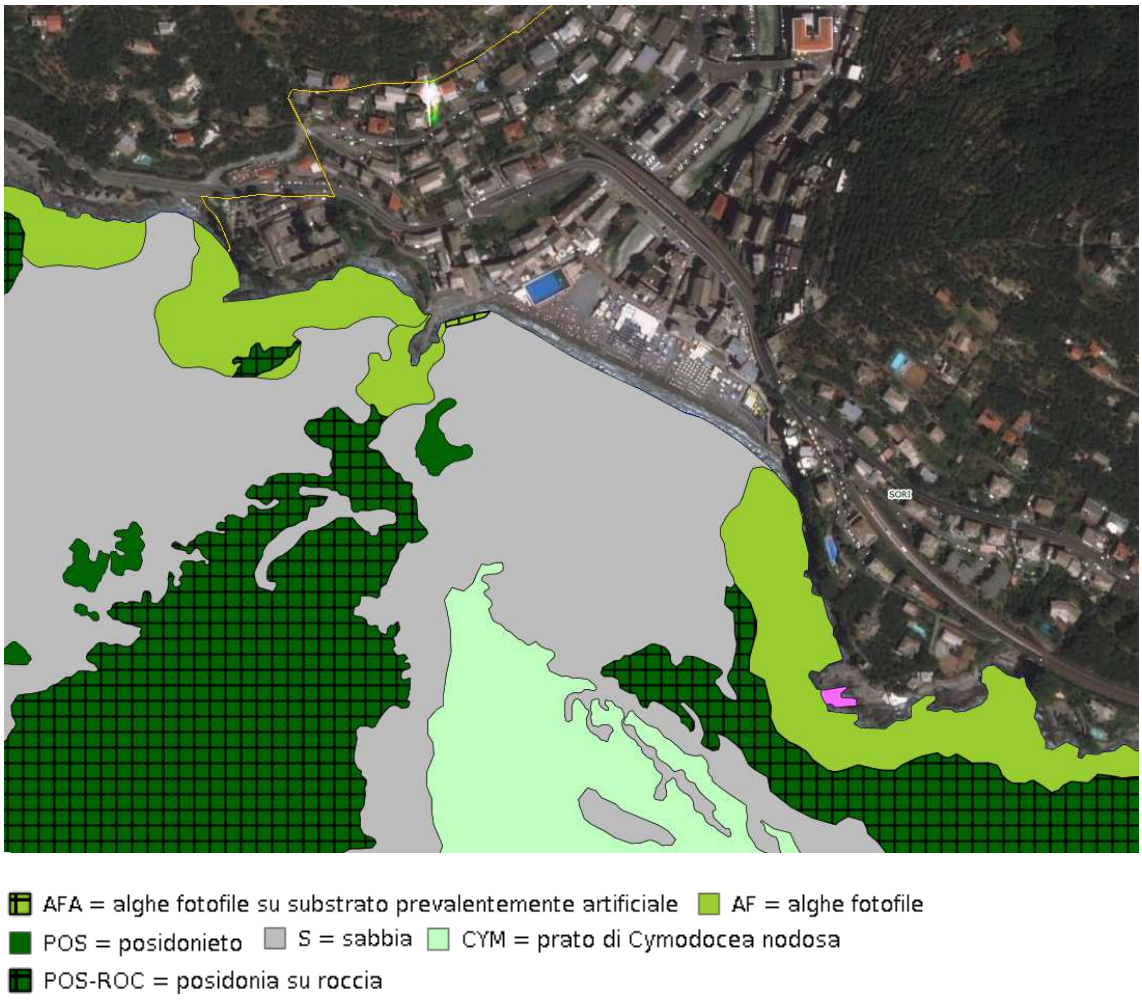


Figura 5.3: stralcio carta degli Habitat Marini della Liguria -2020

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

5.3.3 Relazione bionaturalistica

Vista la presenza nell'area di un SIC e di praterie di fanerogame, è stata eseguita una caratterizzazione bionaturalistica di dettaglio, descritta nel documento R03, del quale si riportano di seguito alcuni stralci.

A marzo 2021 è stata svolta un'indagine tecnico-naturalistica sui bassi fondali nel Comune di Sori a cura di RSTA. Lo scopo dell'indagine è di fornire un inquadramento naturalistico di dettaglio dei popolamenti bentonici ed in particolare della prateria di *Posidonia oceanica* presso il litorale di Sori ed in particolare nell'area oggetto dell'intervento.

La Posidonia presente lungo il litorale di Sori fa parte della prateria presente tra Genova Quarto e Sori che si estende per circa 11 km di lunghezza e larghezza media di circa 1000 m. Il limite superiore è situato intorno ai 5 m di profondità, mentre quello inferiore è compreso tra 25 m e 30 m. La distribuzione spaziale è disomogenea, con il limite superiore che arretra in prossimità dei centri abitati, come nel caso di Sori.

Nel 2011 erano stati svolti rilievi sulle praterie di posidonia antistante l'abitato di Sori che confermano l'assenza di tale habitat nelle zone prossime all'insenatura di Sori, evidenziando un basso grado di copertura verso il limite est della prateria.

Nello studio del 2021 sono state svolte puntuali indagini subacquee per indagare i fondali mediante 4 transetti nei pressi delle zone interessate dagli habitat. La posizione dei transetti è stata scelta in funzione delle carte di progettazione. Nei tratti di fondale interessati da posidonia non sono stati condotti dei conteggi di densità, in quanto la prateria non presentava una superficie estesa e con buona copertura.

Le osservazioni effettuate lungo i transetti, relativamente alla prateria di posidonia, hanno consentito di definire il ricoprimento percentuale, come stima visiva della percentuale di superficie di fondale coperta da *Posidonia oceanica*, e le principali caratteristiche biocenotiche lungo i transetti. Sono state inoltre eseguite delle riprese subacquee che consentono di verificare l'esatta posizione e la profondità di insediamenti di posidonia o altre associazioni vegetali o popolamenti animali di pregio naturalistico.

L'indagine, condotta mediante l'esecuzione di transetti e mediante riprese video, ha permesso di rilevare la presenza di diverse piccole aree di insediamento della posidonia ad una distanza di circa 40 m dalla testa del moletto di ponente della spiaggia di Sori verso il largo. La posidonia lungo questo tratto di fondale è insediata su rocce disposte lungo una piccola

dorsale orientata per 230°N a circa 5 m di profondità. Vi è inoltre una più vasta area interessata dalla fanerogama marina in buone condizioni vitali nella parte di levante ma con coperture percentuali inferiori al 40% e densità che ne determinano uno stato "non soddisfacente".

Le verifiche svolte con i due sistemi di indagine consentono di delimitare 4 aree caratterizzate da posidonia con ricoprimenti modesti e per lo più a chiazze. Tali aree sono rappresentate nell'immagine di seguito in cui i poligoni verdi identificano aree interessate dalla presenza della fanerogama marina.

Nell'area B, la più prossima all'area di intervento, non è presente una prateria vera e propria ma piccoli affioramenti rocciosi con pochi ciuffi sparsi, aventi pertanto uno stato di conservazione non sufficiente.

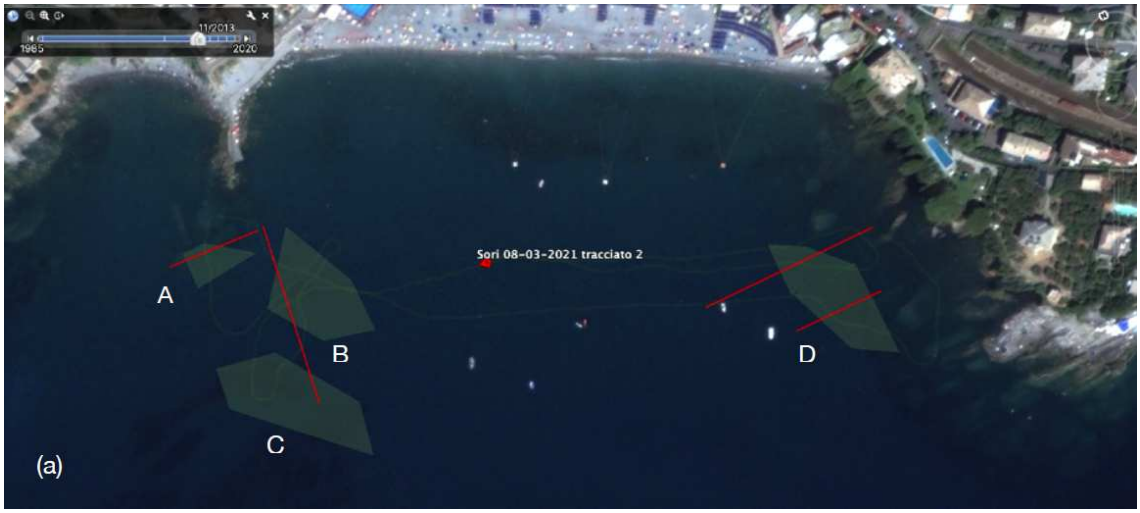


Figura 5.4: immagine satellitare con evidenziati i transetti OSS svolti, il percorso Tritone e le aree in cui la presenza della posidonia è stata confermata dalle indagini

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

6. ASPETTI METEOMARINI

6.1 Inquadramento generale

Come mostrato nelle figure seguenti, il litorale oggetto di intervento ricade nell'Unità Fisiografica compresa tra Marina Fiera di Genova ad Ovest e da Punta Chiappa ad Este nel paraggio costiero compreso tra castello Cirla e Capo Pino

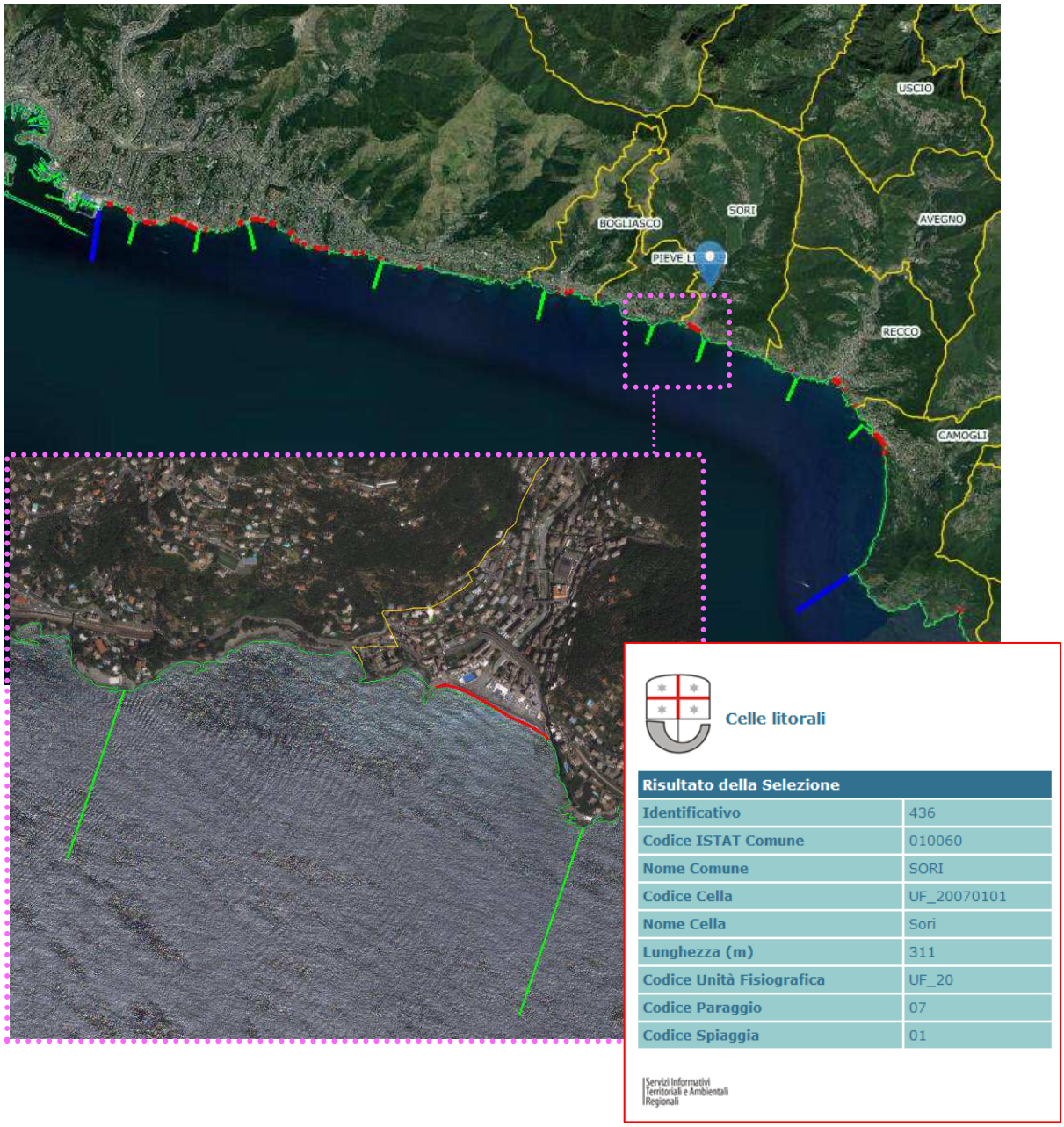


Figura 6.1: individuazione dell'unità fisiografica e del paraggio costiero tratta dalla carta dei "Ripascimenti - Criteri di progettazione" della Regione Liguria

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Il paraggio è costituito da circa 1 km di costa alta rocciosa e 0.4 km di spiaggia. Il litorale è esposto totalmente ai mari di Libeccio e Ostro e, per effetto del processo di rifrazione che subiscono le onde nell'avvicinarsi a costa, parzialmente ai mari da Scirocco e da Ponente, in concomitanza dei quali tendono a svilupparsi fenomeni idrodinamici complessi.

La spiaggia si estende tra il promontorio su cui sorge il cimitero di Sori ad ovest e Capo Pino a est ed è suddivisa in due porzioni distinte per la presenza di un pennello in massi e cemento, prolungamento del costone roccioso su cui è ubicato parte dell'abitato di Sori, in sponda destra del torrente omonimo.

Nell'area a ponente del pennello è stata realizzata nel 2020 una scogliera sommersa in massi, finalizzata alla protezione dalle ondazioni della retrostante falesia: la spiaggia è molto limitata e costituita da un'esile orlatura in materiale grossolano, sommersa in caso di ondazioni anche modeste.

Il presente progetto riguarda la cella di levante, la più estesa e la principale del comune, che costituisce la cella litorale UF_20070101- Sori come individuata nella cartografia regionale.

6.2 Analisi moto ondoso

Come riportato più estesamente nella relazione tecnica DHI, per rappresentare il clima al largo di Sori è stato individuato un punto a circa 7.5 km dalla costa (v. figura sotto riportata), dove sono stati ricavati tramite specifico modello i dati rappresentativi.



Figura 6.2: ubicazione del punto a largo di estrazione dei dati dal modello

L'evento maggiormente gravoso nei 41 anni di dati orari a disposizione è stato registrato il 30 ottobre 2008, con una altezza d'onda al largo pari a 7.20 m. Nei mesi di dicembre del 2011, del 1999 e del 2017, si sono verificate le mareggiate rispettivamente identificate come la seconda, la terza e la quarta per valore di altezza d'onda significativa.

Il più recente evento del 30 ottobre 2018 risulta la quinta mareggiata per gravosità di Hs rispetto alla serie di dati a disposizione.

Le mareggiate più frequenti e più intense provengono dal settore di Libeccio, con particolare riferimento alle direzioni comprese tra 210°N e 230°N. Complessivamente, tale settore racchiude circa il 25% delle onde, corrispondente in media a circa 3 mesi/anno. In questo settore direzionale l'onda raggiunge valori di altezza significativa anche superiori a 7 m.

La condizione di calma, qui associata ad una altezza d'onda significativa inferiore a 0.25 m, si verifica per circa il 18% del tempo, corrispondente in media a circa 2 mesi/anno.

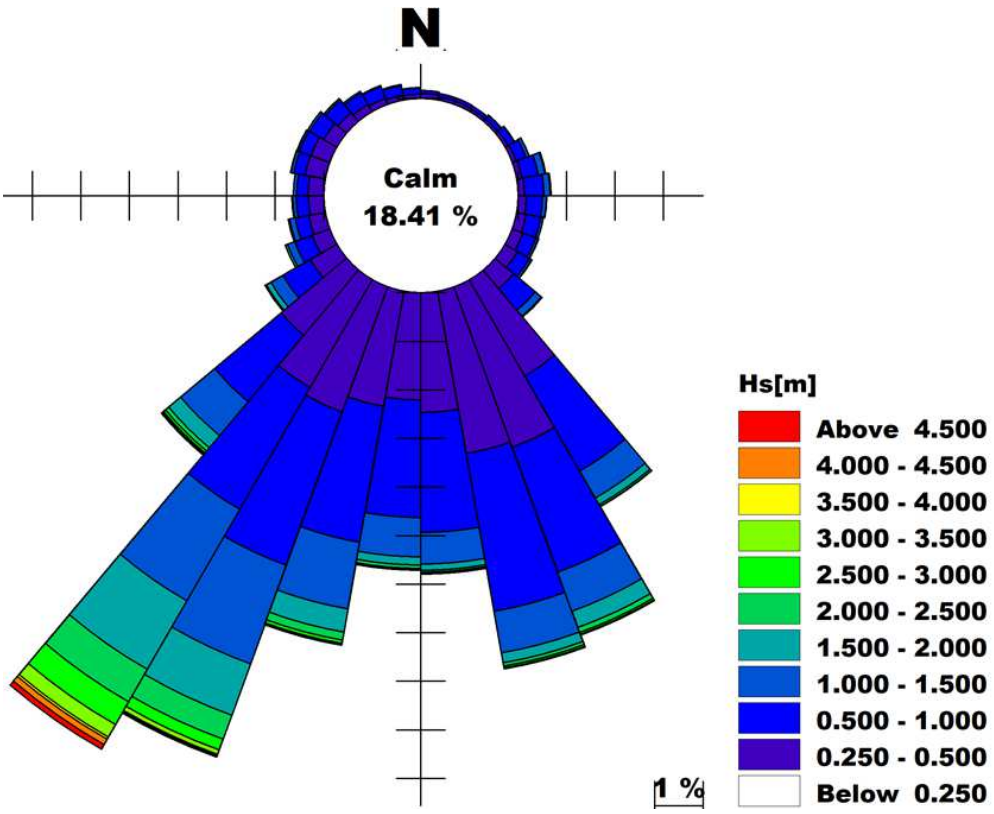


Figura 6.3: rosa del clima ondoso a largo

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Nella modellazione della propagazione largo-costa appare in evidenza l'effetto schermante che il promontorio di Capo Pino offre al litorale per le onde da Scirocco, e la variabilità dei fondali nella zona limitrofa la falesia, dove gli affioramenti rocciosi influenzano la propagazione dell'onda: la baia di Sori è particolarmente esposta ai mari di Libeccio e Mezzogiorno, le cui onde giungono sul litorale con limitata dissipazione; le onde da Sud Est, parzialmente schermate dal promontorio di Capo Pino, giungono in prossimità del litorale ulteriormente dissipate in virtù del fenomeno della rifrazione, processo di rotazione del fronte d'onda per disporsi parallelo alle isobate.

I risultati del modello d'onda mostrano per la sola zona centrale della spiaggia una distribuzione delle altezze d'onda piuttosto regolare con l'andamento dei fondali: le pendenze determinano infatti ben poche dissipazioni dell'energia ondosa con l'avvicinarsi alla costa.

Per supportare la progettazione degli interventi si è proceduto con l'estrazione della serie di altezza d'onda significativa in un punto sottocosta, denominato punto D, a circa 1 km a Sud rispetto al litorale di Sori, e a seguire con la relativa analisi statistica direzionale degli eventi estremi. La caratterizzazione del moto ondoso sottocosta nel punto D ha permesso l'identificazione di condizioni d'onda rappresentative per l'analisi di dettaglio delle dinamiche costiere.



Figura 6.4: ubicazione del punto per la caratterizzazione del clima ondoso sottocosta

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

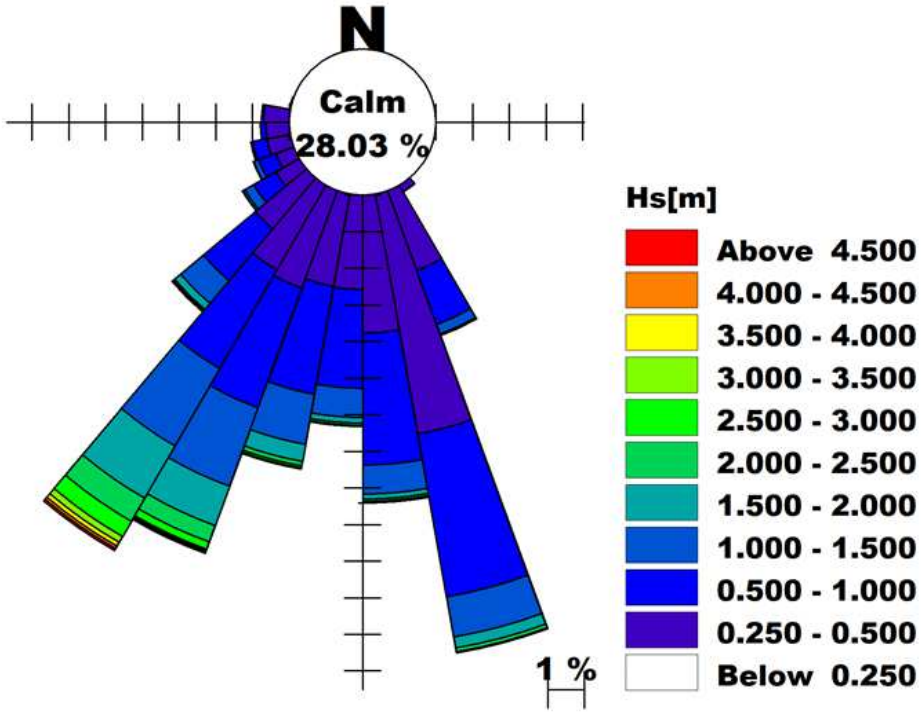


Figura 6.5: rosa del clima ondoso per il punto D

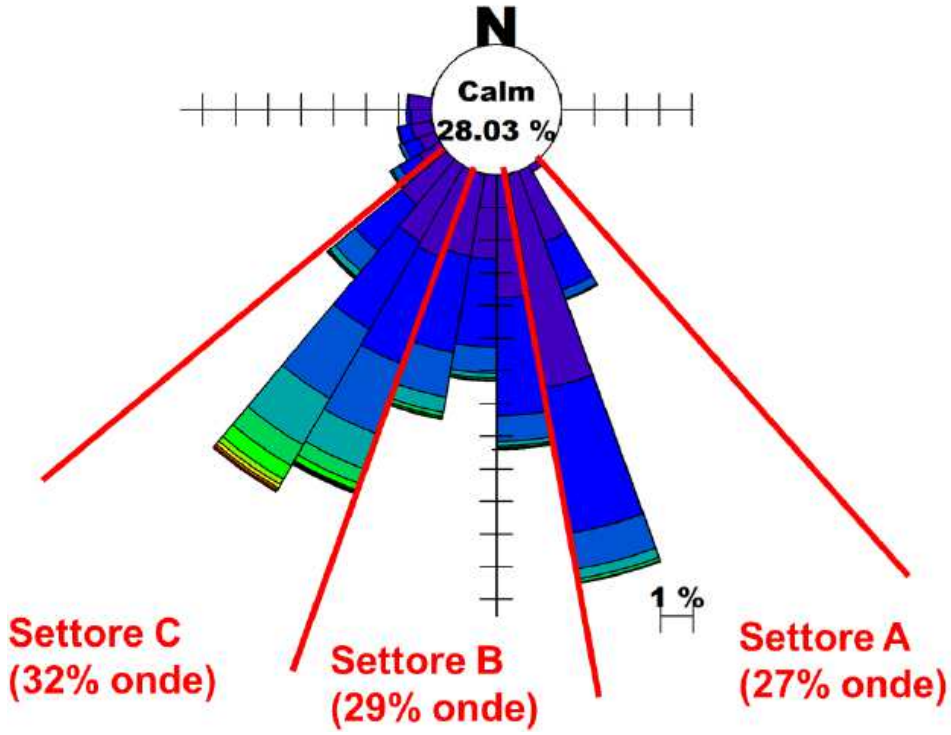


Figura 6.6: suddivisione del clima ondoso per il punto D in tre settori

Hs[m]			
Tempo di ritorno [anni]	Settore A (MWD 155°N)	Settore B (MWD 185°N)	Settore C (MWD 215°N)
1	2.3	2.9	4.5
5	2.8	4.0	5.5
10	2.9	4.4	5.9
50	3.2	5.5	6.7

Tabella 6.1: valori estremi di Hs per i 3 settori considerati

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Le mappe di distribuzione dell'altezza d'onda significativa evidenziano quanto segue:

- le condizioni d'onda con direzione media di propagazione MWD pari a 155°N (Scirocco), raggiungono la spiaggia avendo subito i fenomeni di rifrazione, shoaling e frangimento, sia per l'orientazione della costa che per l'interazione con i fondali. I vettori evidenziano la rotazione che il moto ondoso compie nell'avvicinamento a riva mentre la rapida variazione cromatica nelle mappe di distribuzione dell'altezza d'onda, in prossimità della linea di riva, individua la linea dei frangenti; il litorale beneficia dell'effetto schermante offerto dal promontorio di Capo Pino;

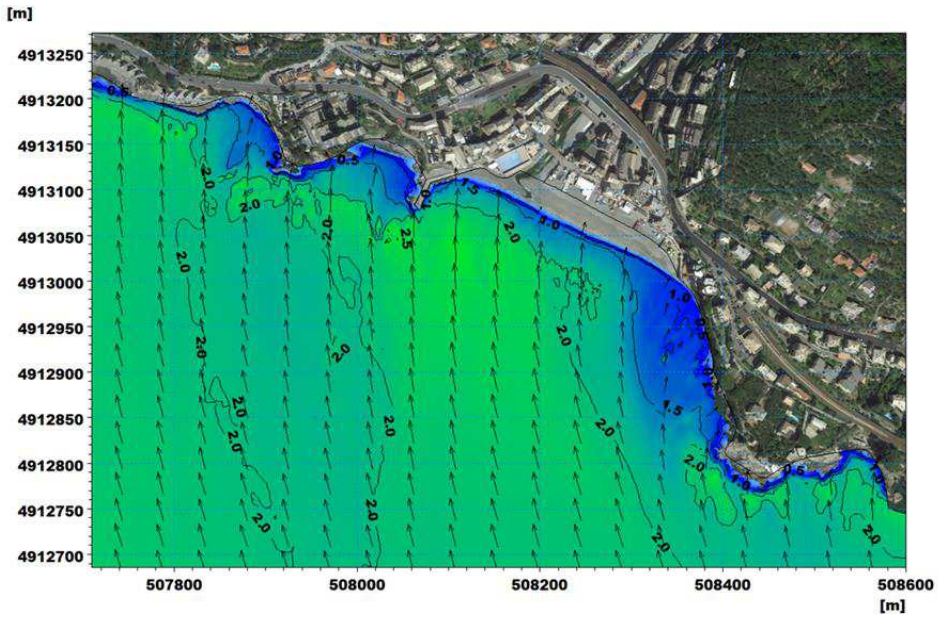


Figura 6.7: distribuzione altezza d'onda per la condizione A1 (Scirocco)

- per le condizioni d'onda provenienti da Mezzogiorno si riscontrano riduzioni più limitate nei valori di altezza d'onda, eccetto per la zona ai piedi della falesia, dove gli affioramenti rocciosi e le basse profondità riducono in modo irregolare l'altezza d'onda;

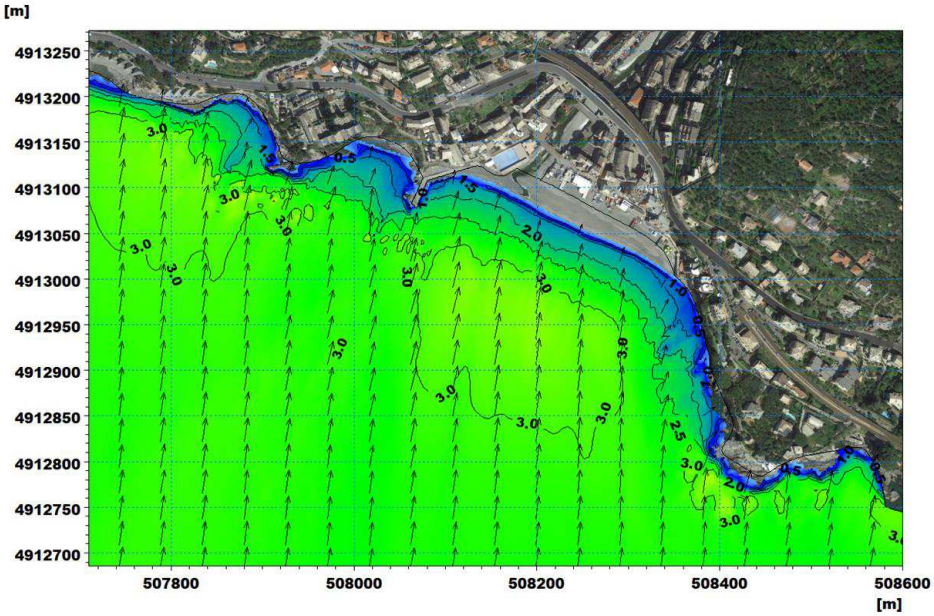


Figura 6.8: distribuzione altezza d'onda per la condizione B1 (Mezzogiorno)

-

- per eventi caratterizzati da MWD pari a 215°N (Libeccio), la direzione di incidenza, praticamente perpendicolare alla linea di riva, inibisce la rifrazione e si osserva una riduzione nei valori di altezza d'onda significativa solo per effetto della quota del fondale (shoaling e frangimento). Le condizioni di onda da Libeccio, che dall'analisi statistica risultano le più severe, si propagano quasi indisturbate dal largo sino a 180 m dalla linea di riva, ove il fondale presenta profondità comprese tra gli 8 m e i 10 m.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

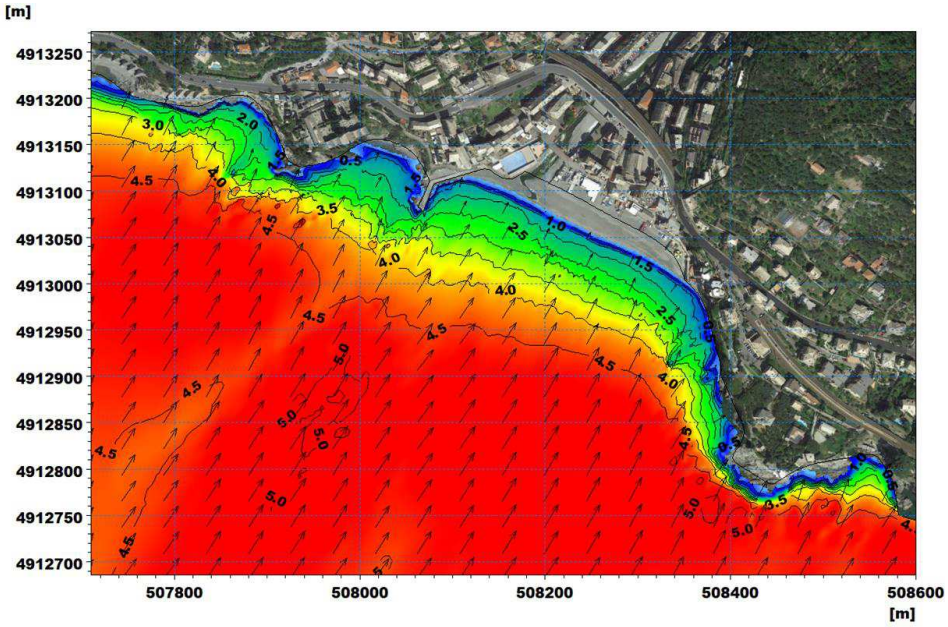


Figura 6.9: distribuzione altezza d'onda per la condizione C1 (Libeccio)

La modellazione idrodinamica ha evidenziato quanto segue:

- per onda proveniente da Scirocco (condizione A1) si registra la formazione di un flusso di corrente con direzione da levante verso ponente, che scorre a circa 50 m dalla linea di riva e lambisce la porzione di spiaggia emersa. Da evidenziare l'incremento di gradiente di velocità in corrispondenza della parte centrale della spiaggia, in grado di favorire l'innescarsi di fenomeni erosivi.
- nel caso di eventi da Mezzogiorno, condizione B1, si osserva ancora la generazione di una corrente litoranea da levante verso ponente, attiva su una porzione di spiaggia sommersa di circa 50 m; il flusso di corrente principale scorre a circa 60 m dalla riva;
- per le condizioni d'onda caratterizzate da MWD=215°N, decisamente più frequenti ed intense, la corrente litoranea ha una direzione prevalente da ponente a levante, anche se, in corrispondenza del litorale di Sori, proprio per la peculiare conformazione del sito, si genera un vortice antiorario: nella spiaggia centrale la fascia attiva ha una larghezza di oltre 80 m, distaccata 20-30 m dalla linea di riva, e la corrente (da levante verso ponente) raggiunge intensità massime fino a 2 m/s. La corrente, nelle zone caratterizzate da fondali con batimetriche irregolari, tende a separarsi in più rami.

La maggior parte del trasporto sedimentario longitudinale (facendo riferimento al 95% del trasporto potenziale complessivo) avviene entro i primi 3.5 m di profondità nell'area di

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

ponente della spiaggia e 4.5 m nell'area centrale: la profondità di 4.5 metri può essere assunta come profondità di chiusura per il litorale in studio.

Il picco del trasporto lungo il profilo trasversale si colloca per entrambi i profili ad una profondità pari a circa 1 m, a conferma che la maggior parte della movimentazione del materiale avviene in una stretta fascia costiera; la direzione principale della movimentazione dei sedimenti è da levante a ponente.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

7. INTERVENTI ESEGUITI E CONDIZIONI DELL'AREA

7.1 Condizioni della spiaggia nel recente passato

Dopo aver beneficiato per molti anni di apporti naturali e di ingenti sversamenti, prima provenienti dalla costruzione della linea ferroviaria ed in seguito dalle macerie belliche e dei materiali di risulta collegati alla realizzazione delle infrastrutture autostradali, apporti che hanno garantito per alcuni decenni il mantenimento di un ampio arenile, dagli anni '70 si osserva un lento ma progressivo arretramento della linea di riva.

Con l'intento di limitare la tendenza erosiva, sono stati effettuati in passato consistenti ripascimenti, supportati dalla realizzazione di due opere "rigide": il pennello in massi e cemento presente al limite ovest del litorale oggetto di studio (1983) e una barriera frangiflutti soffolta (2001).

Di seguito si presentano gli elementi più rilevanti di questo ultimo progetto.

7.2 Progetto di protezione del litorale - 1998

Nel 1998 il Comune di Sori ha commissionato un progetto di protezione del litorale, che prevedeva una serie di opere, a partire dalla foce del T. Sori verso levante, composte da una barriera sommersa in massi naturali, allineata a breve distanza da costa su una batimetria di 3÷4 m, composta da massi di peso 2.5÷4 t, estesa dalla foce del T. Sori fino alla scogliera di Capo Pino, per una lunghezza complessiva di circa 300 m, e dal ripascimento dell'arenile esistente, mediante formazione di una "spiaggia sospesa" appoggiata alla scogliera sommersa, formata con materiale proveniente dall'alveo del T. Sori.

I quantitativi di materiale previsti erano pari a circa 7.000 t di massi per la scogliera e 4.600 t tra massi di I categoria e tout venant per l'unghia al piede della barriera, gli strati filtro e di riempimento.

Di seguito si presentano alcuni stralci grafici dell'intervento a progetto:

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

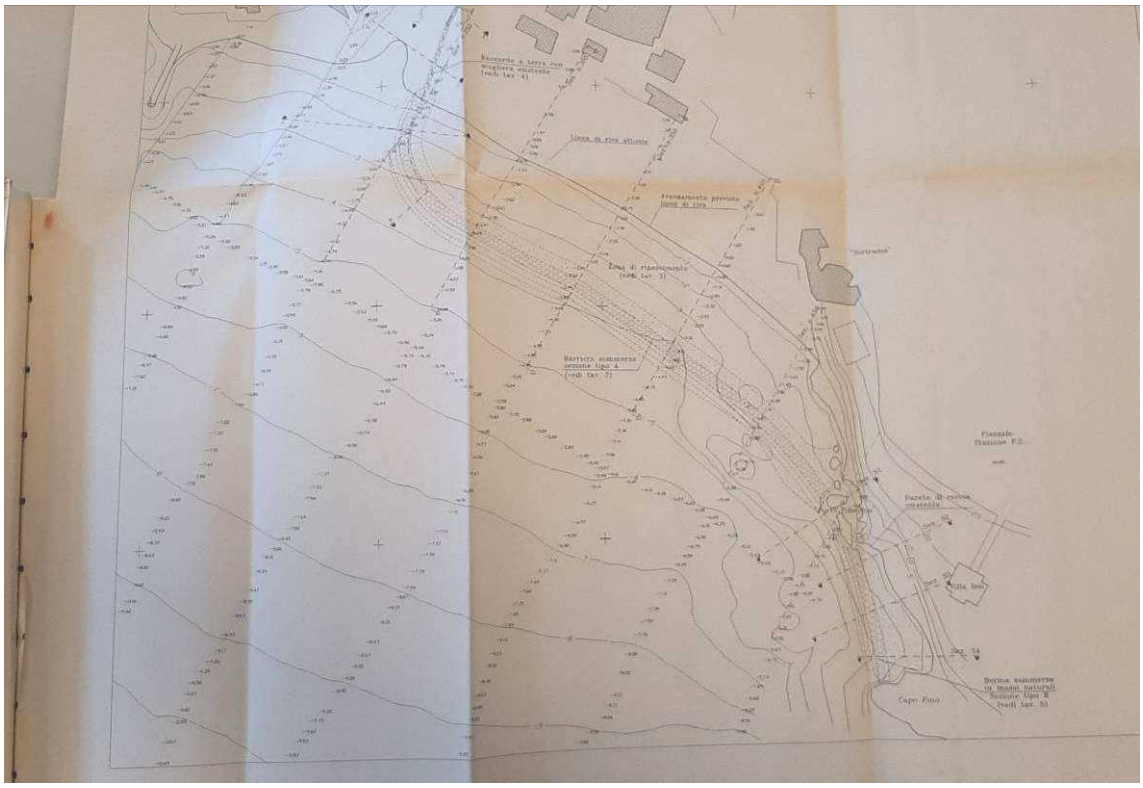


Figura 5.2: stralcio planimetria di progetto 1998

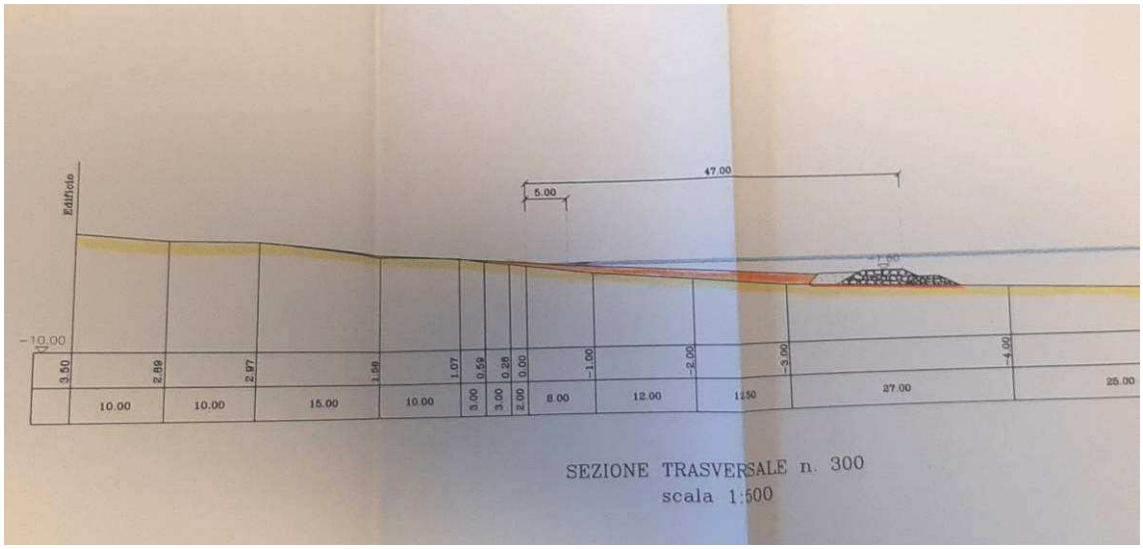


Figura 5.2 : sezione tipologica - progetto 1998

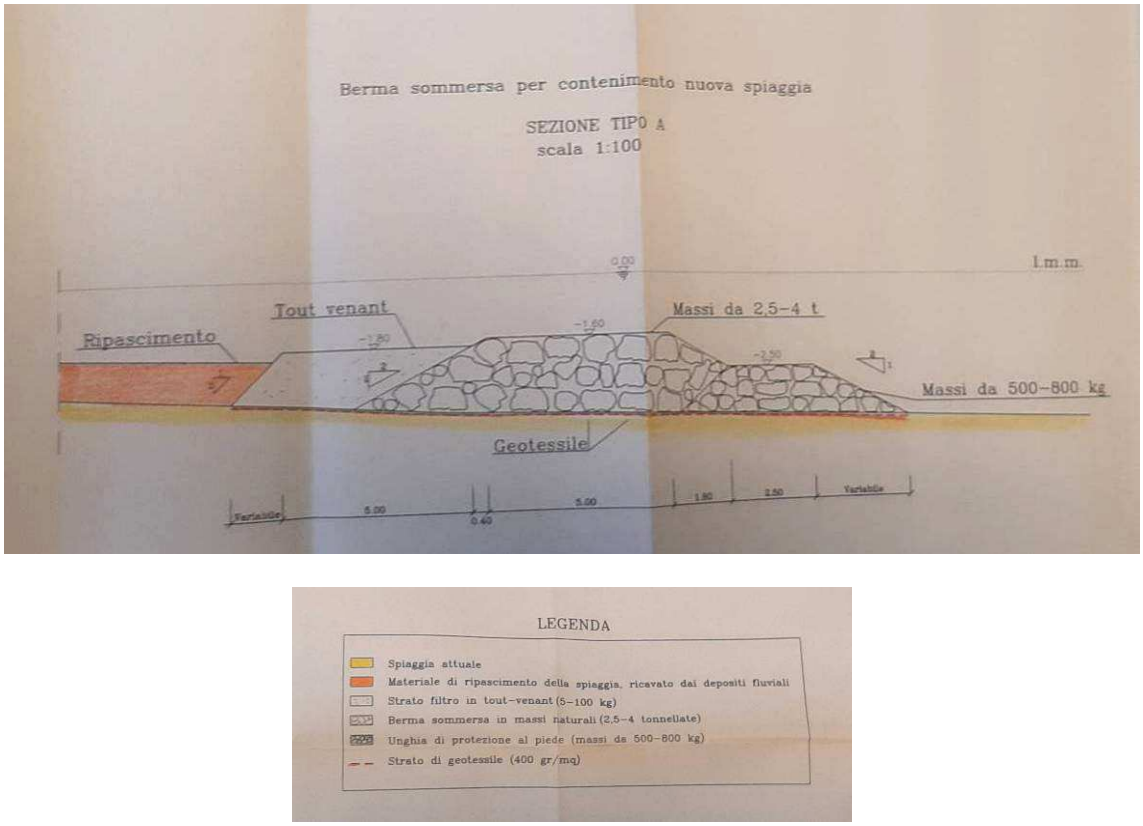


Figura 5.2 : dettagli della sezione tipologica

Il progetto definitivo/esecutivo è stato approvato dal Comune di Sori il 15/09/1998, i lavori sono stati eseguiti su appalto del Genio Civile Opere Marittime negli anni successivi.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

7.3 Rilievo 2009

Nel 2009 il Comune di Sori ha commissionato un rilievo topobatimetrico per la verifica delle condizioni del litorale: in tale rilievo è stata individuata la posizione e le condizioni della scogliera sommersa, come risulta dagli stralci sotto riportati:

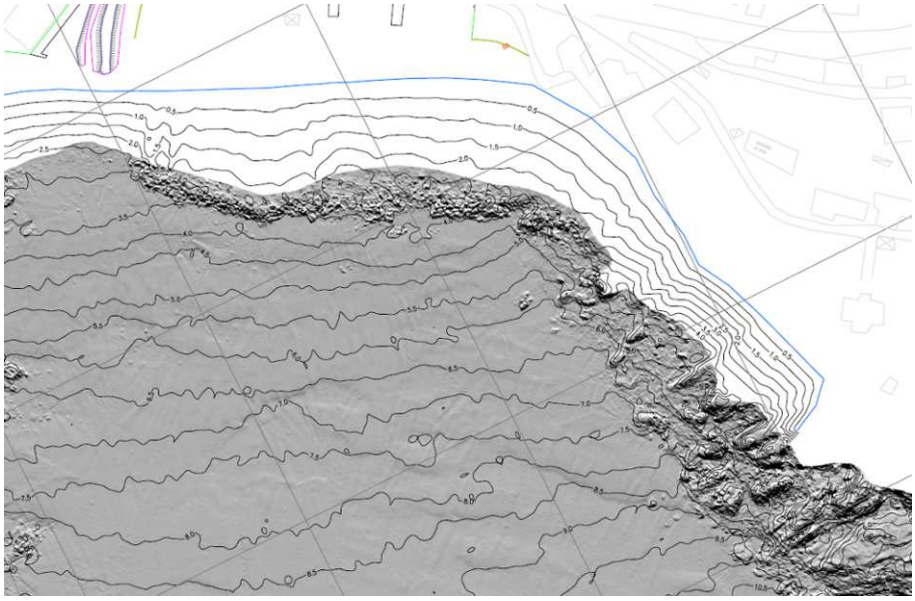


Figura 5.2 rilievo morfobatimetrico della spiaggia e fondali di Sori - anno 2009 - formato shaded

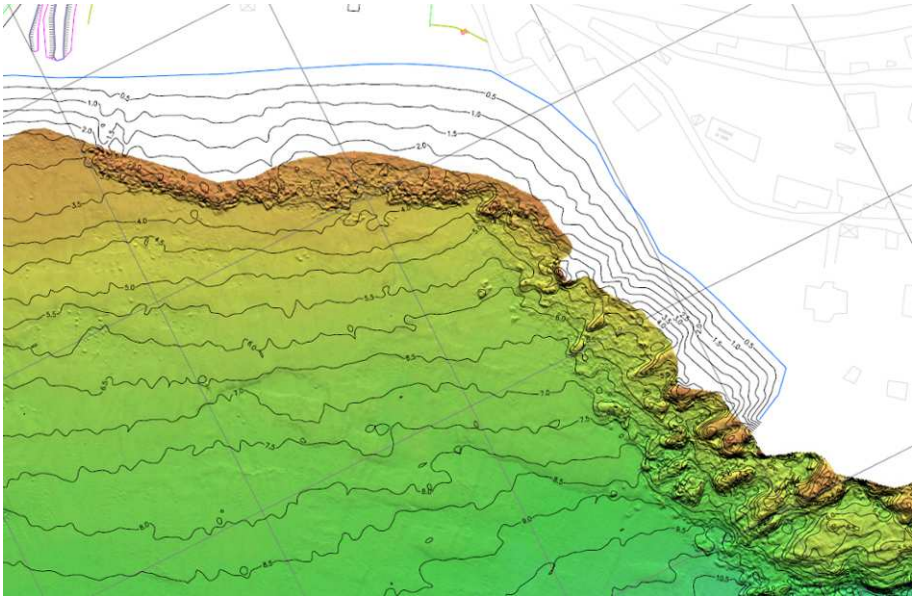


Figura 5.2 rilievo morfobatimetrico della spiaggia e fondali di Sori - anno 2009 - formato DTM

Già dal rilievo del 2009 sono chiare le non buone condizioni dell'opera di difesa, con i massi formanti la stessa in buona parte disarticolati e distribuiti su un'ampia area, con conseguente riduzione dell'efficacia degli stessi ai fini della difesa del litorale.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

7.4 Evoluzione recente della linea di riva

La linea di battigia ha subito negli anni una rotazione in senso antiorario e progressivi arretramenti, specie nella parte di levante, con picchi in corrispondenza delle mareggiate più rilevanti: alcuni tratti della spiaggia hanno ampiezza molto limitata e non sono in grado di fronteggiare nemmeno le mareggiate ordinarie, che raggiungono le strutture rigide retrostanti, amplificando i fenomeni erosivi e di scalzamento.

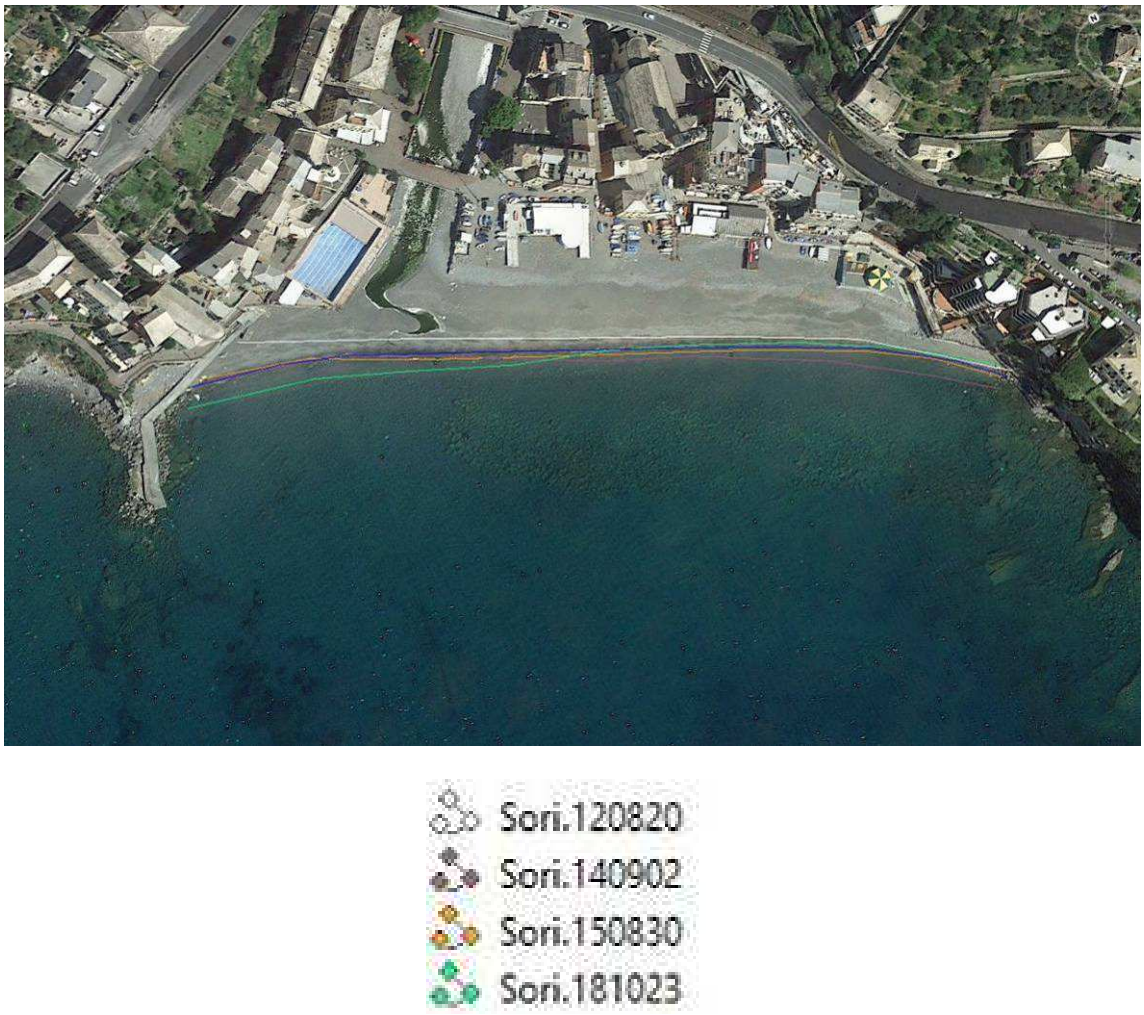


Figura 5.2: foto aerea del 10.4.2020 con sovrapposizione delle linee di riva del 2012, 2014, 2015 e 2018

7.5 Condizioni attuali - ripascimenti

Le criticità emerse dal rilievo del 2009 (massi formanti la scogliera in buona parte disarticolati e distribuiti su un'ampia area) sono state aggravate dalla mareggiata del 29 e 30 ottobre 2018: l'opera di difesa è attualmente inefficace e in cattive condizioni, risultando poco compatta e non in grado di contrastare adeguatamente l'azione del moto ondoso; i massi sono distribuiti su un'ampia area, specie sul margine di levante della spiaggia (v. foto allegate nel paragrafo 2.2), con pregiudizio per la fruibilità della spiaggia e dei fondali.

Negli ultimi anni gli interventi sul litorale da parte del Comune di Sori sono stati limitati a interventi di ripascimento stagionale di limitata entità, dell'ordine di circa 400 mc/anno.

7.6 Rilievi 2020

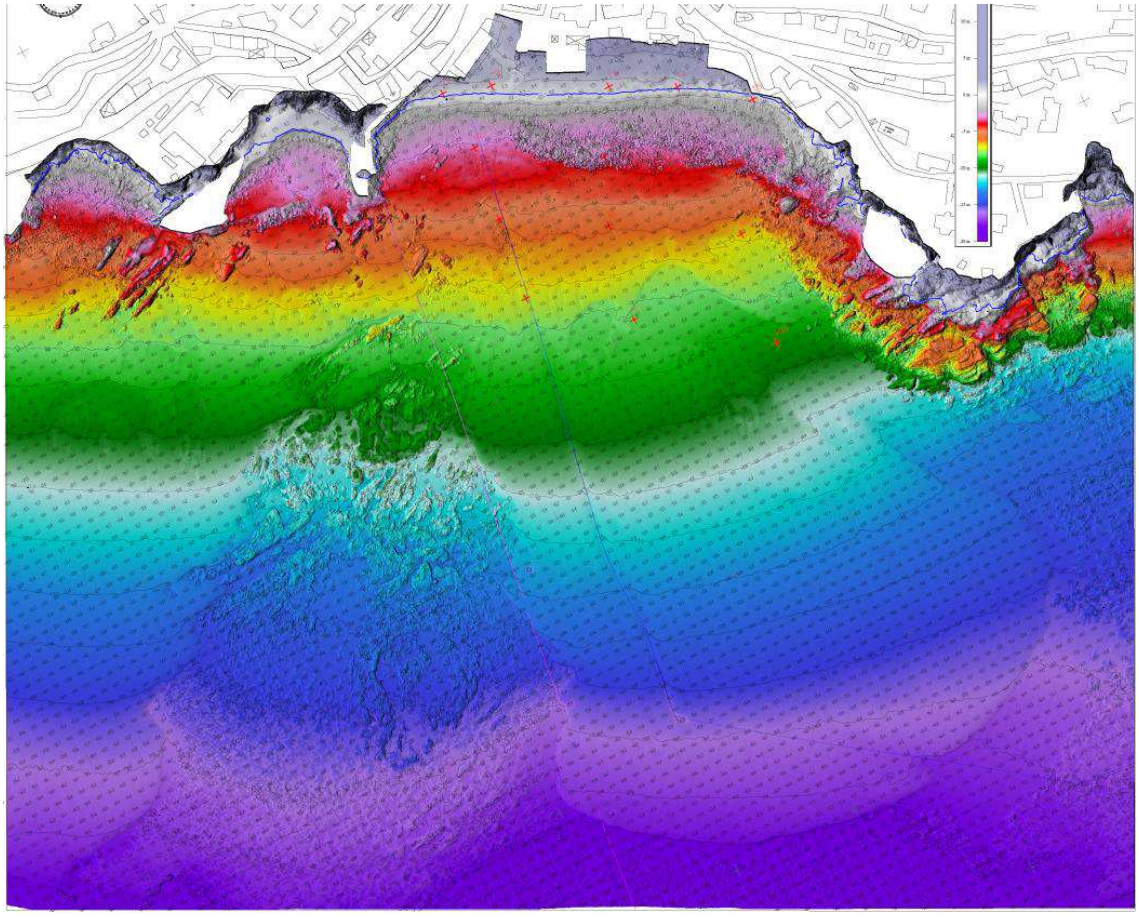
Nel novembre 2020 la Drafinsub Survey Srl ha eseguito il rilievo batimetrico e topografico delle aree a terra e a mare, per complessivi 500.000 mq circa.

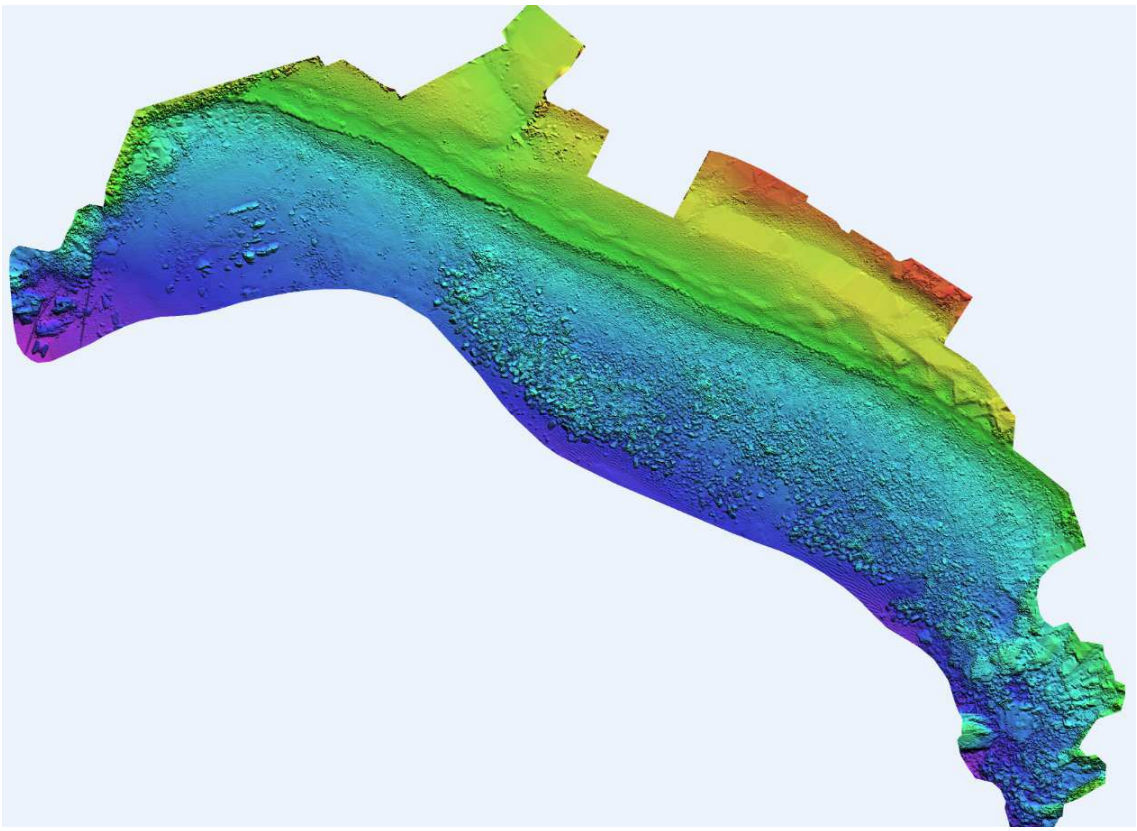
E' stato eseguito anche il prelievo di n. 14 campioni, dei quali 4 a terra e 10 a mare

Di seguito si riportano alcuni stralci grafici dei rilievi e della relazione tecnica a supporto degli stessi.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza





Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

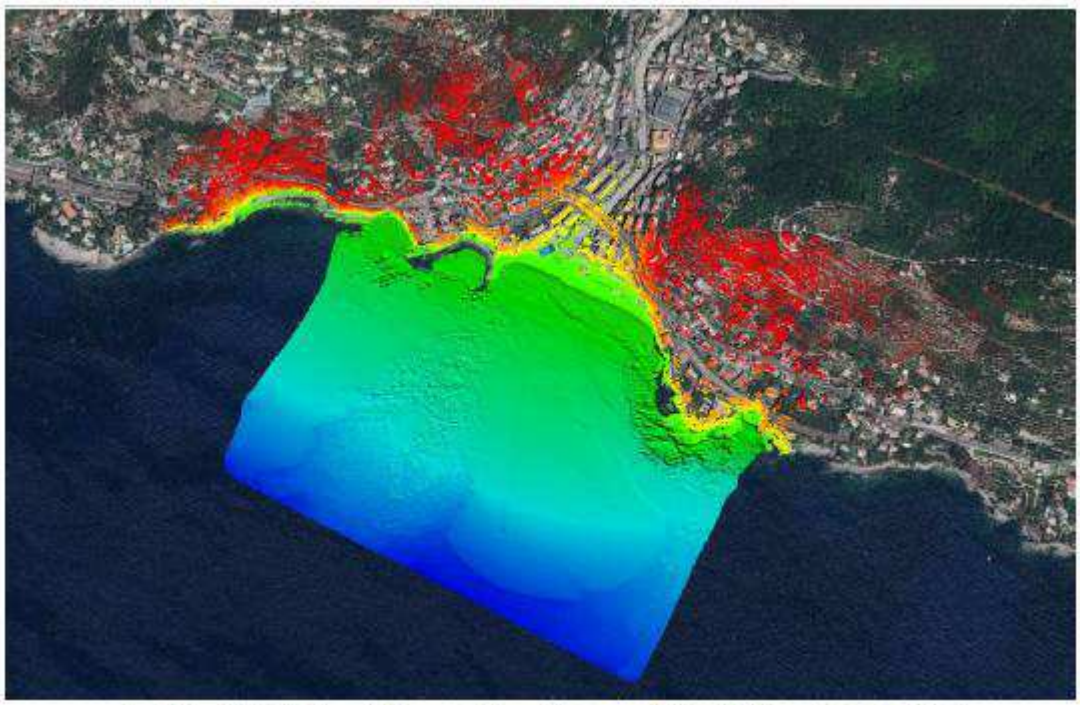


Fig. 4.3 – DTM del rilievo + free point Laser Scanner su foto satellitare: Spiaggia di Sori

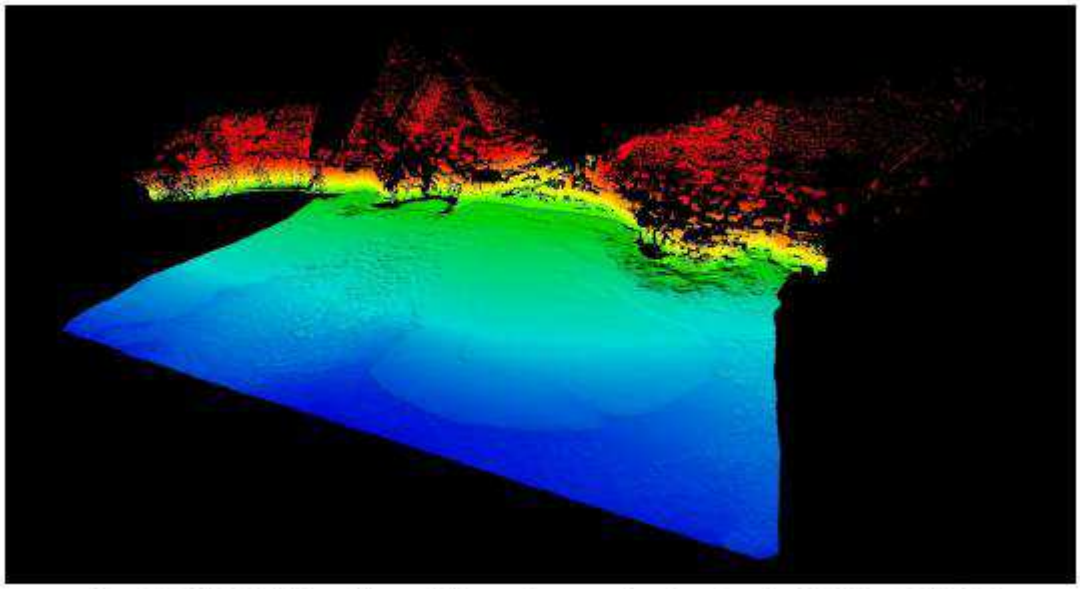


Fig. 4.4 – DTM del rilievo + free point Laser Scanner, visualizzazione in 3D: Spiaggia di Sori

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

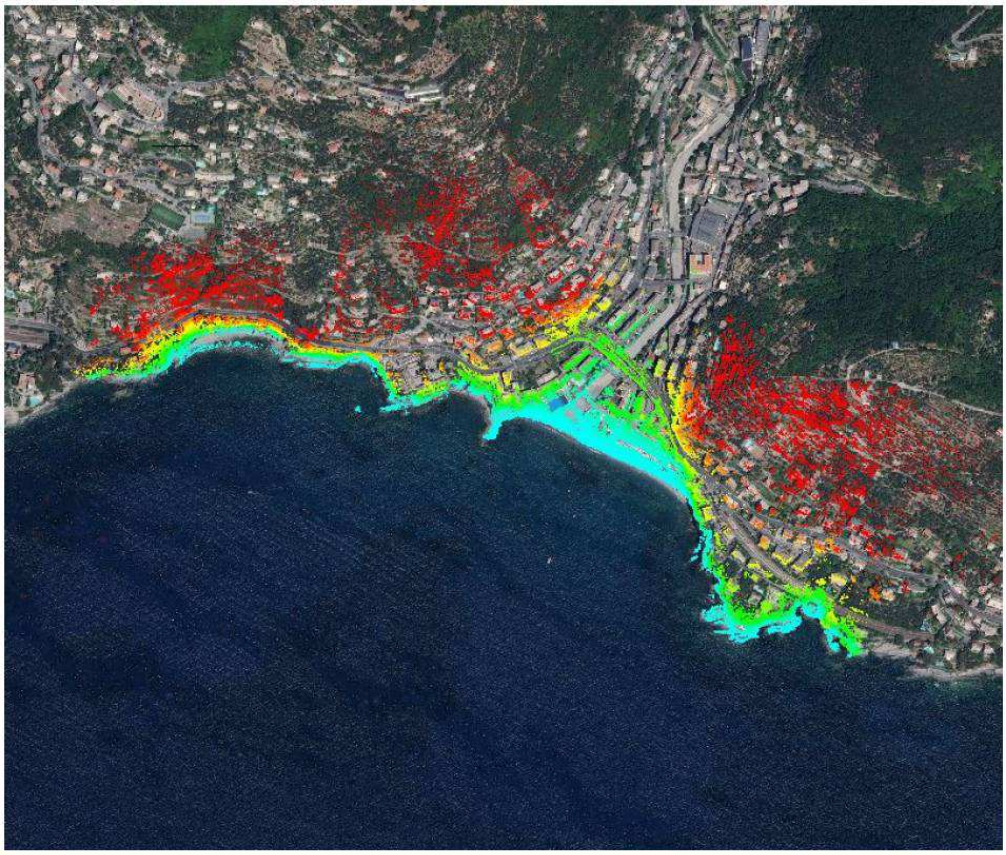


Fig 4.9 – Area di rilievo: copertura dati Laser Scanner mobile



Fig 4.10 - Rilievo laser scanner: freepoint totale visualizzato in pianta su software Global Mapper

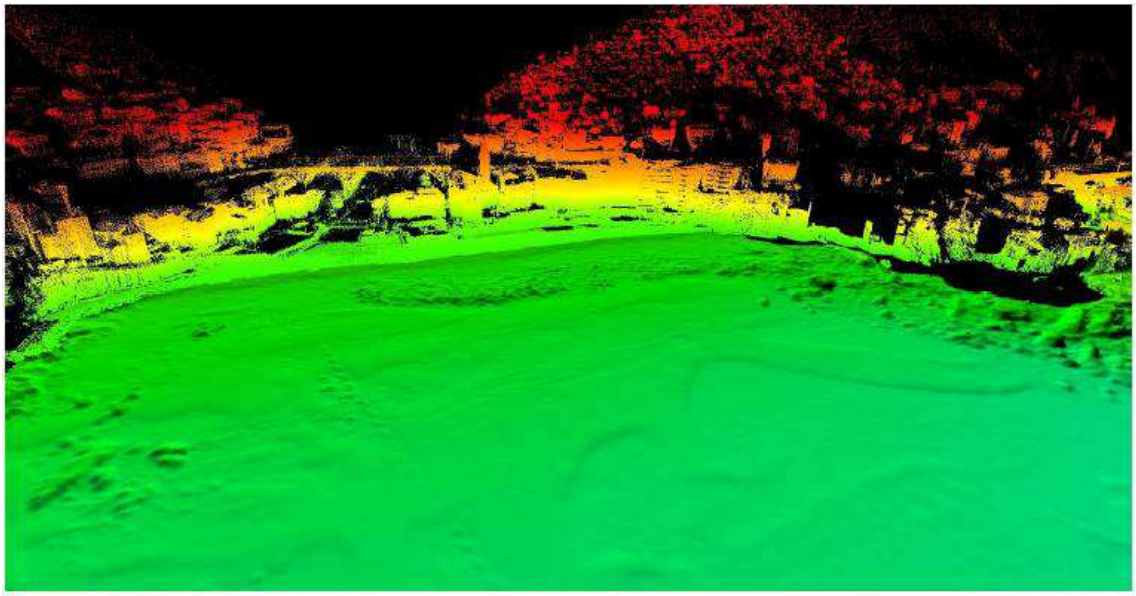


Fig 4.11 – Software Global Mapper: Spiaggia di Sori, DTM Multibeam + freepoint Laser Scanner

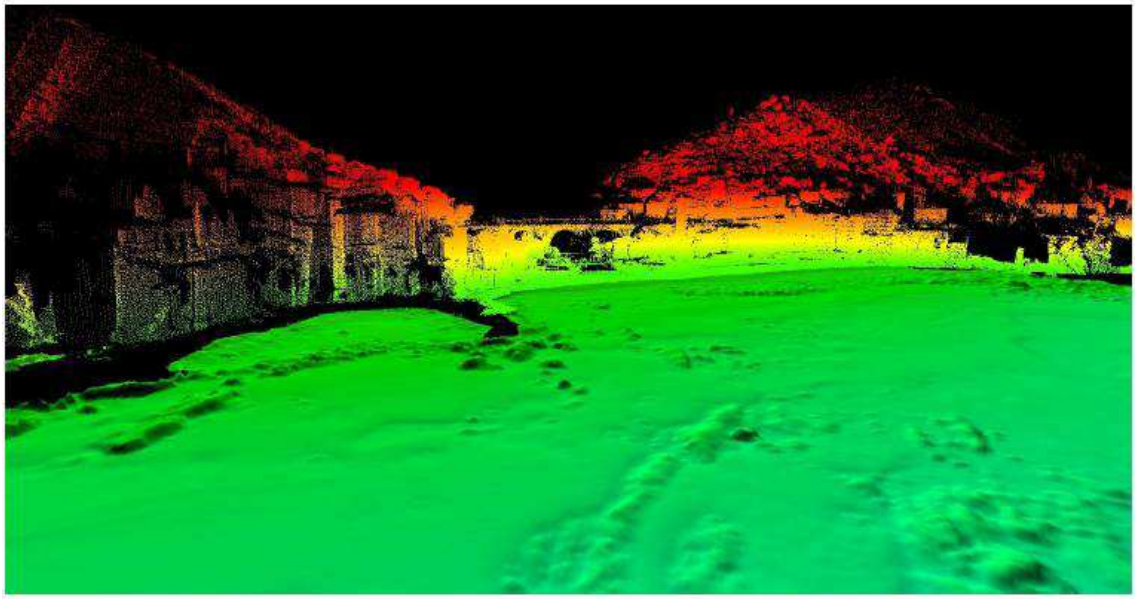


Fig 4.12 –Software Global Mapper, freepoint MBES + LS: Spiaggia di Sori

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

PRELIEVO SEDIMENTO SORI			
CAMPIONE	COORDINATE GB (m)		
	X	Y	Z
T1	1508169,36	4913126,55	0,25
T2	1508204,94	4913115,23	0,45
T3	1508284,12	4913073,79	0,45
T4	1508330,15	4913050	0,3
M1	1508021,45	4913084,62	-4
M2	1508172,09	4913078,98	-3
M3	1508164,38	4913022,28	-5
M4	1508154,83	4912959,29	-7
M5	1508256,93	4913013,09	-4
M6	1508236,24	4912979,91	-5,5
M7	1508220,53	4912907,72	-8
M8	1508332,74	4912974,12	-4,5
M9	1508322,64	4912928,36	-6,5
M10	1508308,97	4912843,01	-9

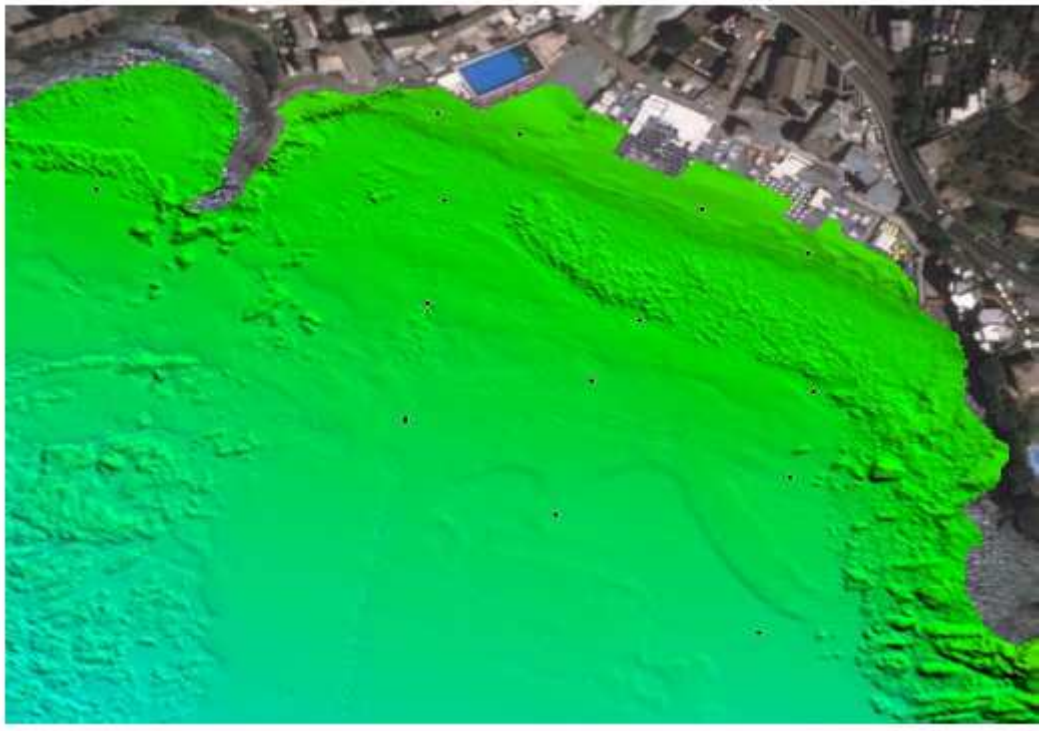


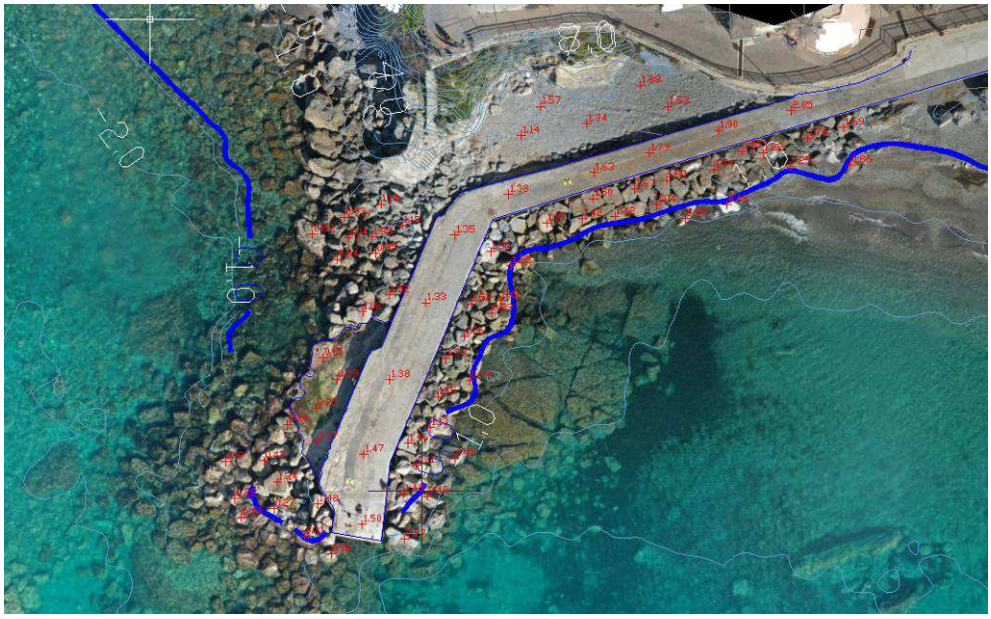
Fig 4.14 – MBES + Locazione punti campioni spiaggia di Sori

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

7.7 Approfondimenti puntuali marzo 2021

Ad approfondimento dei rilievi del novembre 2020, nel marzo 2021 è stato eseguito un rilievo aerofotogrammetrico da drone, che è stato integrato nel rilievo già eseguito e ha consentito la definizione puntuale, anche grafica, delle opere a terra e della spiaggia.

Di seguito si presentano alcuni stralci grafici del rilievo eseguito.





8. SCELTA DELLA CONFIGURAZIONE PROGETTUALE

8.1 Caratteristiche e criticità dell'area

Nello stato attuale la spiaggia, confinata da due promontori, subisce il fenomeno della riflessione delle onde da parte della costa alta: l'energia associata al moto ondoso viene amplificata dalla combinazione di onda riflessa con onda incidente. Nel tempo tale dinamica ha comportato e continua a favorire l'asportazione di materiale sedimentario e un progressivo incremento della profondità dei fondali, soprattutto nei pressi delle pareti rocciose, con potenziali rischi di crolli e/o distacchi dalle falesie.

Anche la spiaggia, senza alimentazioni antropiche e/o naturali, eccetto un limitato apporto dal torrente Sori, risulta soggetta a progressiva erosione.

8.2 Obiettivi del progetto

Obiettivo del presente progetto è il potenziamento delle opere di difesa costiera, al fine di contenere la tendenza erosiva della spiaggia e per aumentare la resilienza del sito agli eventi più critici.

Alla luce delle condizioni sopra indicate, è evidente la necessità ed urgenza di dotare la spiaggia di opere tali da migliorarne l'equilibrio, per ripristinare le condizioni, comunque precarie, presenti prima della mareggiata dell'ottobre 2018, e garantire opportune condizioni di resilienza del sistema spiaggia/litorale/infrastrutture costiere.

Le ipotesi di realizzazione di tali opere sono state puntualmente vagliate, valutando l'opportunità e l'efficacia di ripristinare la barriera in massi sommersa oppure di modificarne forma e posizione, affiancando eventualmente alla stessa ulteriori opere in massi (emerse o sommerse) e il ripascimento strutturale della spiaggia, con definizione dei quantitativi, del fuso granulometrico e della provenienza (cava, corso d'acqua o fondale marino) dei materiali necessari.

8.3 Identificazione e simulazione ipotesi di intervento

A partire da differenti schemi alternativi di intervento, si è proceduto alla successiva identificazione dello schema migliore dal punto di vista tecnico e che al contempo rispondesse alle esigenze del territorio. La configurazione prescelta è stata poi oggetto di successivi affinamenti e di verifica finale.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

A seguire si illustrano le principali ipotesi di intervento prese in considerazione.

8.3.1 Ipotesi di ripascimento non protetto

Prima di stimare l'efficacia di soluzioni che prevedano l'introduzione di opere di difesa a protezione del ripascimento finalizzate ad allungarne la durata, è stata preventivamente valutata anche l'ipotesi di procedere con il solo ripascimento libero del litorale, con un avanzamento della linea di riva compreso tra i 10 e i 15 m.

La tendenza evolutiva recente della spiaggia, soprattutto in corrispondenza dei tratti terminali lato ponente, in prossimità della piscina e del molo di attracco dei battelli, e lato levante, all'attacco della falesia di Capo Pino, ha tuttavia ben evidenziato l'opportunità di garantire una maggiore protezione proprio a questi tratti di arenile, che dovrebbero confrontarsi con una velocità di arretramento (e conseguente perdita del materiale di ripascimento) assai più rapida rispetto al resto della spiaggia, in virtù degli effetti della riflessione che l'onda subisce in corrispondenza della falesia di Capo Pino (a est) e degli effetti erosivi "sottoflutto" tipici dei pennelli trasversali (a ovest).

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

8.3.2 Ipotesi 1 – Ripascimento strutturale e soffolta in massi

La prima ipotesi di intervento presa in considerazione prevede:

- realizzazione di una scogliera sommersa in massi, parallela alla linea di riva a circa 70 m dalla spiaggia, in corrispondenza della batimetrica dei 5 m. La struttura, di forma ovale allungata, è caratterizzata da una quota di sommità pari a -1 m s.l.m.m. da una lunghezza pari a 220 m e larghezza pari a 15 m in sommità e 30 m alla base;
- ripascimento dell'intero litorale con un avanzamento medio della linea di riva di circa 10 m.

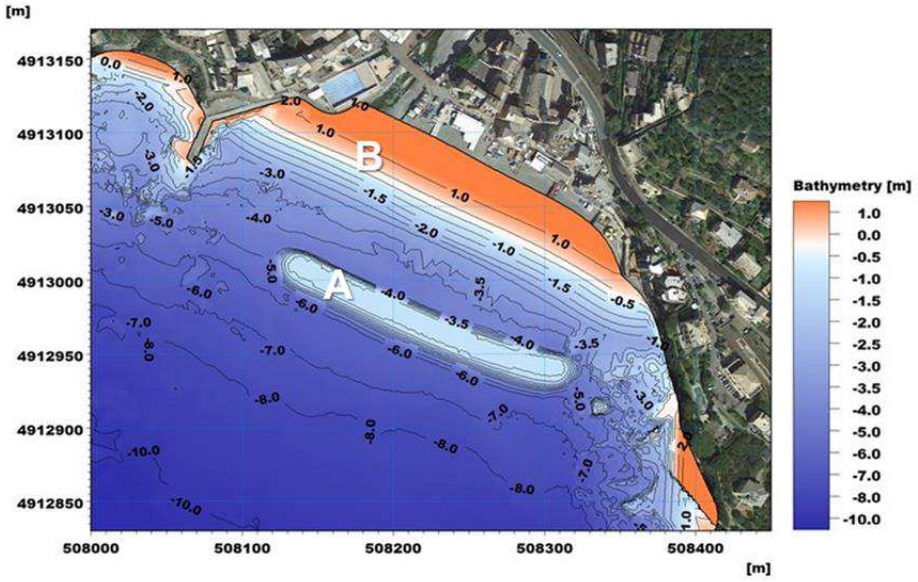


Figura 5.2: schema grafico dell'ipotesi di progetto 1

Per tutte le condizioni di onda in esame emerge evidente dai risultati del modello numerico l'effetto schermante della soffolta per la porzione di litorale compresa tra la foce del torrente Sori e la falesia del promontorio di Capo Pino, con una significativa riduzione dell'altezza d'onda incidente sulla battigia. L'energia che nello stato attuale arriva in modo diretto sulla spiaggia viene fortemente ridotta dal nuovo elemento di difesa.

La porzione di litorale maggiormente protetta varia al variare della direzione di provenienza della specifica condizione di mareggiata considerata, ma si può affermare in generale che il tratto di arenile più protetto risulterebbe quello centrale e a levante, mentre il tratto più a ponente, in corrispondenza della foce del torrente Sori e oltre, rimarrebbe soggetto all'attacco diretto delle più frequenti ed elevate onde da Libeccio. La barriera sommersa, infatti, non

potrebbe essere prolungata fino all'asse del torrente, per potenziali criticità legate al deflusso idraulico in piena.

Gli effetti della prima ipotesi progettuale sulla dinamica locale per le onde da scirocco e mezzogiorno sono sintetizzabili in un innalzamento del livello marino a tergo della scogliera, che genera un intensificarsi della velocità di corrente proveniente da levante, in particolare in corrispondenza dell'opera sommersa e nella porzione di mare compresa tra la soffolta stessa e la testata del pennello in massi e cemento esistente.

Da evidenziare anche la formazione di un flusso che si sviluppa a levante tra la soffolta e la falesia di Capo Pino, flusso che tende ad invorticarsi raggiungendo intensità di corrente significative: considerata anche le caratteristiche rocciose del fondale in quest'area, tali intensità di corrente costituiscono un potenziale elemento di rischio per la balneazione e la sicurezza della navigazione.

Le maggiori intensità di corrente si osservano in prossimità del promontorio, della testata del pennello a ponente e in corrispondenza della stessa scogliera soffolta in massi.

Per le onde da libeccio di determina una convergenza di flussi tra la scogliera ed il pennello in massi, tale da generare una corrente di ritorno (*rip*) orientata decisamente verso il largo e gli alti fondali. La direzione e l'intensità di tale flusso costituisce nuovamente un potenziale elemento di rischio per la balneazione e la sicurezza della navigazione.

Anche per questa condizione d'onda, le zone ove si osservano le intensità di corrente maggiori sono in corrispondenza dei limiti della scogliera, laddove il flusso tende ad invorticarsi (a levante) o a creare la corrente di *rip* sopra descritta.

Il tratto di spiaggia caratterizzato dai gradienti più marcati di velocità di corrente e conseguentemente più esposto a dinamiche erosive è quello centrale.

Complessivamente, l'ipotesi 1 presenta il vantaggio di abbattere significativamente l'energia ondosa direttamente incidente sul litorale, anche se non per tutta la spiaggia; tale vantaggio è tuttavia vanificato dalla circolazione che si genera a tergo e soprattutto ai lati della struttura, che presenta velocità assai più intense rispetto allo stato attuale, con insorgenza di correnti di *rip*, dannose per la stabilità della spiaggia, nonché di locali vortici nella zona compresa tra la soffolta e la falesia di Capo Pino.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

8.3.3 Ipotesi 2 – Ripascimento strutturale con protezione al piede, prolungamento del pennello di ponente e realizzazione di un pennello a levante

La seconda ipotesi di intervento presa in considerazione prevede:

- allungamento di circa 40 m del pennello esistente ubicato a ponente della spiaggia, con una rotazione di circa 30° in senso antiorario rispetto all'attuale orientazione della struttura;
- realizzazione di un nuovo pennello, di lunghezza complessiva (emersa e sommersa) pari a 50 m, con larghezza sommitale pari a 10 m e quota di 2 m s.l.m.m, ubicato circa a metà della falesia di Capo Pino;
- ripascimento dell'intero litorale con realizzazione di un'opera di protezione al piede, con un avanzamento medio della linea di riva di circa 15 m, regolarizzazione dei fondali con rimozione dei massi residui della soffolta esistente.

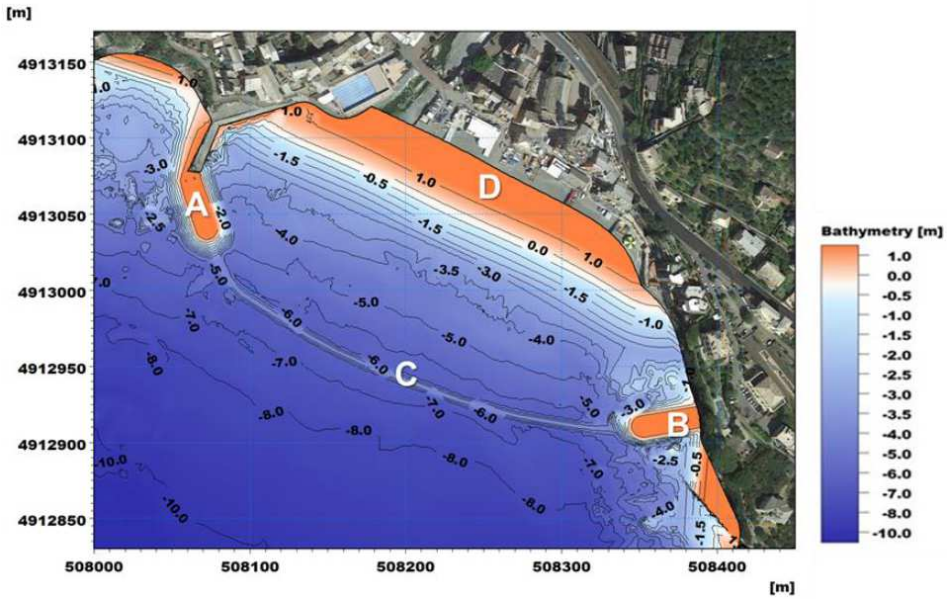


Figura 5.2: schema grafico dell'ipotesi di progetto 2

Per tutte le condizioni d'onda si osserva una distribuzione delle altezze d'onda piuttosto regolare con l'andamento dei fondali, qui oggetto di intervento di regolarizzazione nelle batimetriche rispetto allo stato attuale.

A seconda della direzione di propagazione degli eventi risulta più o meno evidente l'effetto schermante esercitato dalle nuove opere, il pennello a levante, radicato nella falesia, ed il prolungamento del pennello / molo a ponente.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Dai risultati relativi alla distribuzione della corrente si evince che le nuove opere di difesa tendono a confinare maggiormente la circolazione che si sviluppa in corrispondenza della spiaggia di Sori rispetto alla configurazione attuale.

La nuova configurazione, grazie alla presenza del nuovo pennello di levante, comporta il distacco della corrente che oggi lambisce la falesia di Capo Pino. Le nuove opere di difesa favoriscono anche la generazione di vortici di piccole dimensioni che, caratterizzati da intensità di corrente limitate, facilitano il contenimento ed il successivo deposito del sedimento nella zona centrale dei vortici stessi a seguito delle mareggiate.

Complessivamente gli interventi previsti nella soluzione 2 sembrano mitigare gli attuali gradienti di intensità di corrente lungo la spiaggia di Sori, che hanno responsabilità nei fenomeni erosivi in atto, offrendo un'ottima protezione all'arenile compreso tra i due pennelli. In particolare, la presenza del nuovo pennello di levante mitiga gli effetti sulla spiaggia della riflessione dell'onda sulla falesia di capo Pino ed interrompe la propagazione dell'onda lungo la falesia stessa.

A seguito di una serie di confronti con il Comune e la Regione Liguria sono emerse alcune osservazioni sotto il profilo ambientale e paesaggistico, oltre alla volontà da parte del Comune di mantenere per il molo di ponente la funzione di attracco battelli, funzione che in questa ipotesi verrebbe compromessa.

Tali osservazioni hanno portato ad una revisione dell'ipotesi progettuale n. 2, che ha portato alla definizione della terza ipotesi di progetto, descritta nel paragrafo succesivo.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

8.3.4 Ipotesi 3 – Ripascimento strutturale con protezione al piede, prolungamento del pennello di ponente e realizzazione di un pennello a levante

I principali elementi identificativi dello schema di intervento sono i seguenti:

- allungamento di circa 30 m (dei quali 15 m in struttura in calcestruzzo) del pennello esistente ubicato a ponente della spiaggia, con una rotazione di circa 20° in senso antiorario rispetto all'attuale orientazione della struttura, con mantenimento dell'attuale funzione di attracco battelli ;
- realizzazione di un nuovo pennello, di lunghezza complessiva (emersa e sommersa) pari a 40 m, con larghezza sommitale pari a 10 m e quota di 2 m s.l.m.m., radicato alla falesia di Capo Pino, 60 m più vicino alla riva rispetto all'alternativa progettuale n°2;
- ripascimento dell'intero litorale con un avanzamento medio della linea di riva di circa 15 m, con protezione al piede, arretrata di circa 30 m verso la spiaggia rispetto all'alternativa progettuale n°2, e regolarizzazione dei fondali con rimozione dei massi residui della soffolta esistente.

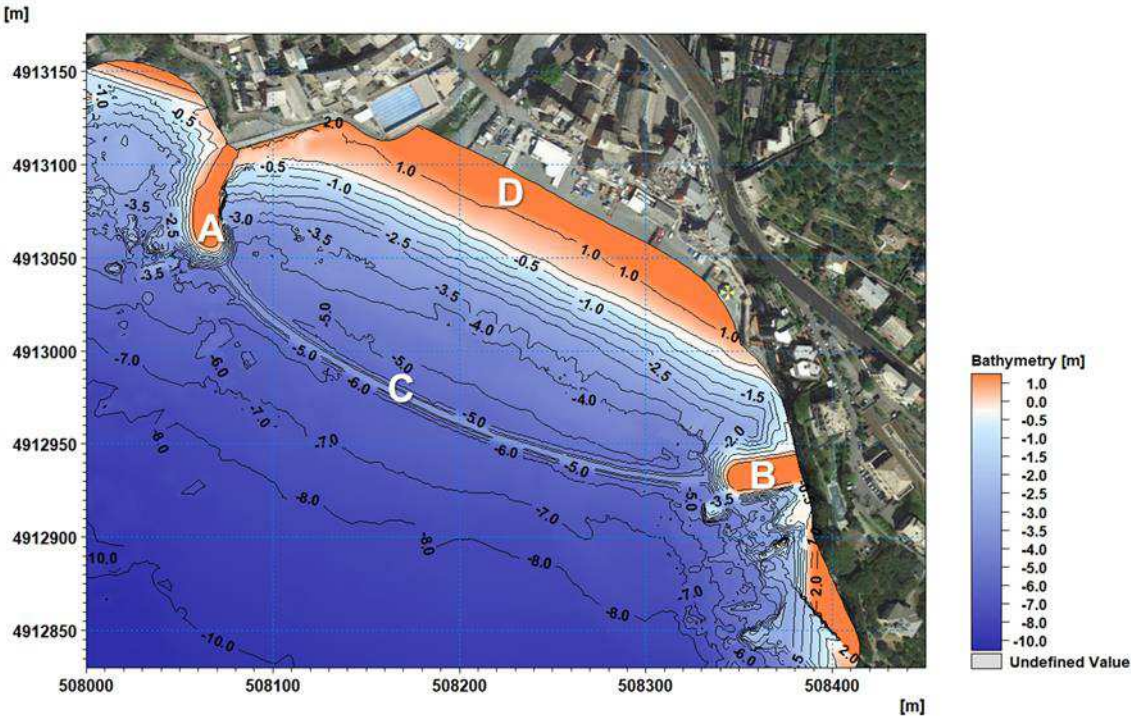


Figura 5.2: schema grafico dell'ipotesi di progetto 3

Per quanto concerne la propagazione del moto ondoso le simulazioni modellistiche riportano

condizioni molto simili alla configurazione precedentemente descritta, con una distribuzione delle altezze d'onda piuttosto regolare con l'andamento dei fondali, oggetto di intervento di regolarizzazione nelle batimetriche rispetto allo stato attuale.

Pur con dimensioni un poco ridotte rispetto all'ipotesi 2, anche in questo caso, le due nuove strutture di difesa trasversali, a seconda della direzione di propagazione degli eventi producono un locale effetto schermante sulla porzione di spiaggia retrostante, rispetto all'energia associata all'onda incidente.

A seguire si riportano le mappe di circolazione risultanti per le condizioni d'onda A1, B1 e C1 in riferimento alla configurazione di progetto n°3.

Come già evidenziato per le altre alternative progettuali, per la peculiare orientazione della costa, per le onde da libeccio in corrispondenza della spiaggia di Sori si genera un grande vortice antiorario. Il flusso di corrente più prossimo all'arenile riduce la propria intensità in corrispondenza della porzione centrale della spiaggia, favorendo l'eventuale deposito di materiale messo in sospensione durante la mareggiata e trasportato dalla corrente stessa.

I risultati delle simulazioni dell'ipotesi progettuale 3 evidenziano il mantenimento dei benefici già osservati per l'ipotesi progettuale 2 (maggior confinamento della circolazione, distacco della corrente che attualmente corre lungo la falesia di Capo Pino, mitigazione degli effetti sulla spiaggia della riflessione dell'onda sulla falesia di capo Pino, interruzione della propagazione dell'onda lungo la falesia stessa. Anche in questo caso, le nuove opere previste favoriscono la generazione di vortici di piccole dimensioni che, caratterizzati da intensità di corrente limitate, facilitano il contenimento ed il successivo deposito del sedimento nella zona centrale dei vortici stessi al termine della mareggiata.

8.3.5 Risultati del modello di evoluzione della linea di riva

A partire dalle caratteristiche di moto ondoso, corrente e trasporto sedimentario bidimensionali, è stato simulato l'andamento della linea di riva nel tempo, in riferimento ad una durata complessiva di 5 anni.

Per lo stato attuale si evidenzia un trend erosivo lungo l'intero litorale, con un arretramento medio di circa 6 m nella zona di ponente, mentre pari a circa 10÷12 m nella porzione di spiaggia limitrofo alla falesia.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



Figura 5.2: risultati del modello di evoluzione di riva - stato attuale

Nella configurazione progettuale i risultati evidenziano come l'evoluzione della linea di riva, successivamente alla realizzazione delle opere e del ripascimento, risulti stabile seppur con una tendenza all'arretramento (a lungo termine) nella zona più centrale. In questo scenario, l'arretramento massimo (rispetto alla "nuova" linea di riva successiva al ripascimento) risulta di circa 5 - 7 m in 5 anni, di cui approssimativamente la metà nel primo anno.

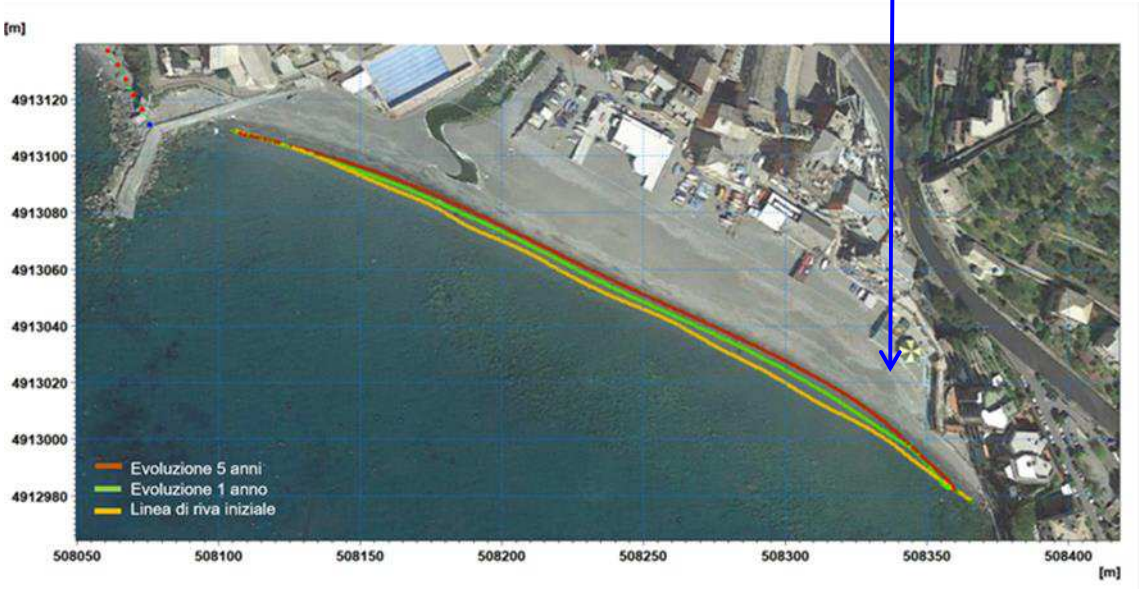


Figura 5.2: risultati del modello di evoluzione di riva - STATO DI PROGETTO

E' evidente il netto miglioramento nella porzione di levante della spiaggia, come evidenziato dal confronto tra le due posizioni indicate con la freccia.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Le zone agli estremi della linea di riva risultano complessivamente stabili, con il mantenimento nel tempo dell'avanzamento conseguente al ripascimento programmato e con un locale accrescimento del litorale rispetto allo stato attuale ben confinato dalle opere di difesa.

La zona compresa tra la foce del torrente Sori e il primo stabilimento balneare limitrofo al promontorio di Capo Pino evidenzia una tendenza all'arretramento, più evidente nel primo anno, e poi pari a circa 1 m/anno.

Nella presente analisi non è stato cautelativamente messo in conto l'eventuale contributo di materiale sedimentario proveniente dal torrente Sori, che in studi pregressi, è stato valutato pari a 2500 mc/annui, e non sono stati considerati ripascimenti *di mantenimento*.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

8.3.6 Calcolo della risalita dell'onda sulla spiaggia

A completamento dell'analisi meteomarina è stata stimata la risalita del moto ondoso (wave run-up) sulla spiaggia di Sori in concomitanza di stati di mare estremi (caratterizzati indicativamente da un tempo di ritorno TR pari a 5 e 50 anni, per il profilo di spiaggia attuale e per quello di progetto (a ripascimento strutturale ed opere di difesa completate), come segue:

- scenario A5: configurazione attuale e onda TR=5 anni: + 0.50 m MSL;
- scenario A50: configurazione attuale e onda TR=50 anni: + 1.00 m MSL;
- scenario P5: configurazione di progetto e onda TR=5 anni: + 0.50 m MSL.
- scenario P50: configurazione di progetto e onda TR=50 anni: + 1.00 m MSL.

E' stato implementato un modello di onda e idrodinamico utilizzato per simulare le onde infra-gravitazionali, la cui soluzione è indispensabile per rappresentare correttamente il processo di risalita dell'onda sull'arenile; sono stati identificati due profili di riferimento, come da figura seguente.



Figura 5.2: i profili di riferimento per il calcolo del run-up

I valori della risalita non variano in misura significativa a seconda del transetto considerato, effetto di una batimetria abbastanza regolare nel tratto considerato e da una ugual esposizione al moto ondoso:

- per lo scenario cinquantennale i valori di run-up massimo risultano di poco superiori ai 3 m;
- per la configurazione di progetto si osserva una riduzione media nella risalita massima dell'onda di circa 50 cm per la condizione d'onda associata al tempo di ritorno di 5 anni, e di circa 30 cm per l'evento cinquantennale.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

8.4 Scelta finale della configurazione progettuale - descrizione delle opere

Alla luce delle analisi sopra riportate, l'ipotesi progettuale n. 3 è stata scelta come configurazione di progetto, con i seguenti elementi di dettaglio:

- la porzione in allungamento del pennello esistente ubicato a ponente della spiaggia avrà quota pari al molo esistente (+1.50 m slm) e sarà protetta sul lato sud e ovest da una mantellata in massi, anch'essa alla stessa quota; sul lato di levante il molo avrà una banchina di circa 15 m di lunghezza (larghezza 4.70 m, analoga alla larghezza in testa della struttura esistente), dei quali circa 10÷12 m senza protezione in massi, che potrà consentire il mantenimento dell'attracco dei battelli turistici, con ormeggio di prua (v. dettagli nella figura seguente); nella realizzazione dell'opera verrà tenuto in debito conto della presenza della condotta di scarico a mare delle acque, ora con funzione di scarico di emergenza, che verrà adeguatamente protetta in modo da evitare danneggiamenti della stessa e non aggravare i carichi sulla struttura;

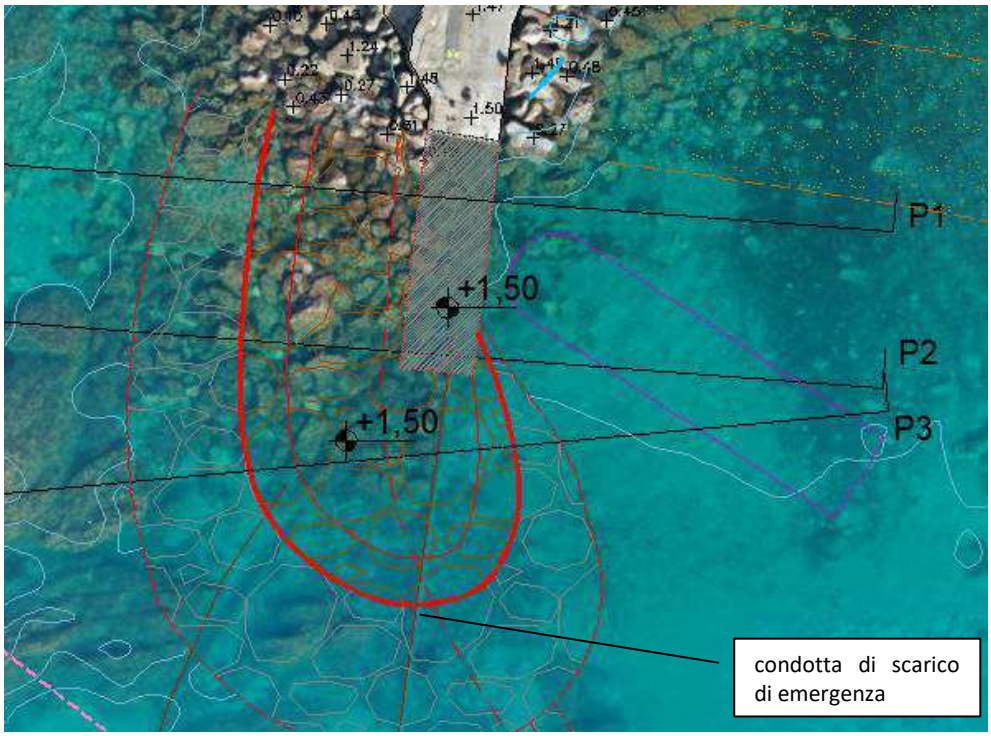


Figura 5.2: stralcio della configurazione di progetto relativa al pennello di ponente, con rappresentazione in viola dell'ingombro di un battello turistico di lunghezza 27 m

- il ripascimento interesserà l'intero litorale e sarà realizzato con materiale di cava di dimensioni par a 2÷50 mm, per garantire una buona stabilità, anche alla luce dei risultati delle simulazioni sull'evoluzione della linea di riva nel medio e lungo periodo;

l'avanzamento medio immediato della linea di riva sarà pari a circa 15 m, per poi evolvere come descritto nella relazione dello studio meteomarino;

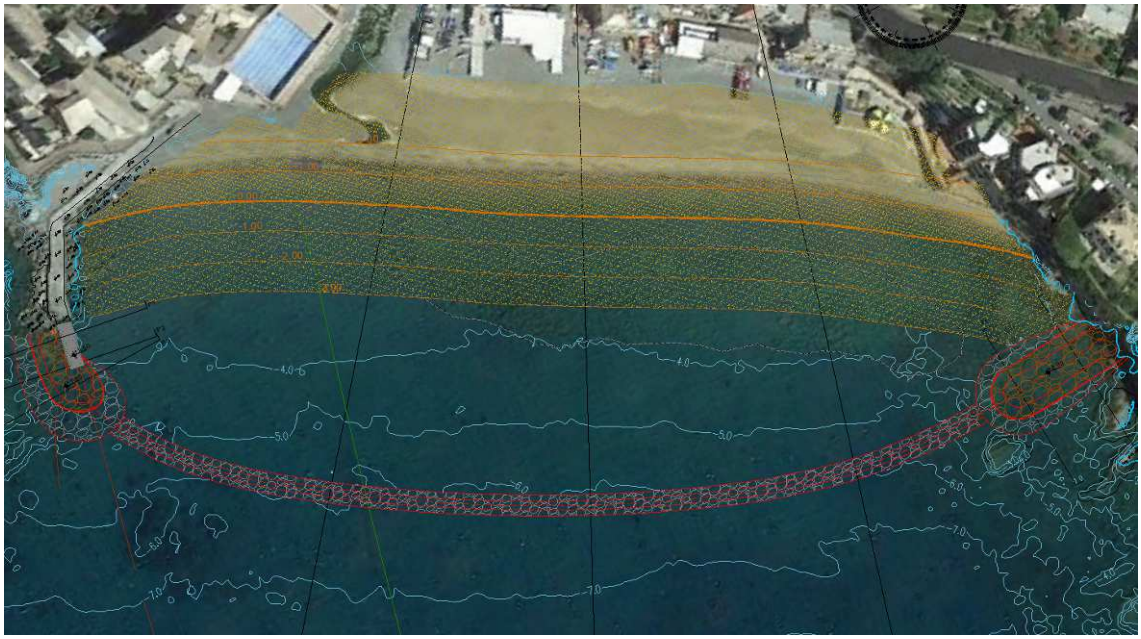


Figura 5.2: ripascimento a progetto sovrapposto alla ortofoto attuale: in tratto più spesso la linea di battigia di progetto

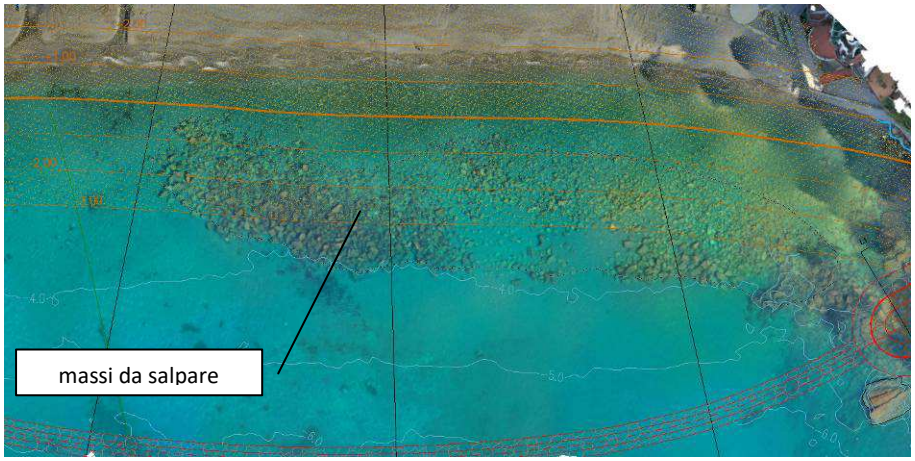


Figura 5.2: dettaglio della planimetria di progetto con individuazione della scogliera sommersa esistente, i cui massi verranno salpati e riposizionati al piede del ripascimento

- la protezione al piede verrà realizzata mediante una scogliera, posizionata alla batimetrica -6 m, di altezza pari a 2 m e larghezza in testa pari a 3 m, i cui massi verranno in parte forniti ex novo e in parte prelevanti dalla scogliera sommersa esistente, che verrà rimossa per una quantità sufficiente a regolarizzare il fondale, in parte interessato dal ripascimento, e non generare turbolenze e correnti litoranee locali, evidenziate nello studio meteomarino;

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

- il nuovo pennello di levante a progetto ha la funzione fondamentale di limitare le onde che per riflessione generano le correnti litoranee principali responsabili dell'asportazione dei sedimenti: esso avrà lunghezza complessiva (emersa e sommersa) pari a circa 40 m, con larghezza sommitale pari a 10 m e quota di +2 m s.l.m.m., radicato alla falesia di Capo Pino (v. figure sotto riportate); la quota di +2 m è necessaria per garantire un'adeguata consistenza della struttura, visti i fondali molto limitati presenti nell'area. La posizione è stata scelta anche in modo che possa inserirsi in maniera adeguata nel complesso di rocce e massi esistenti nell'area (v. foto aerea sotto riportata).

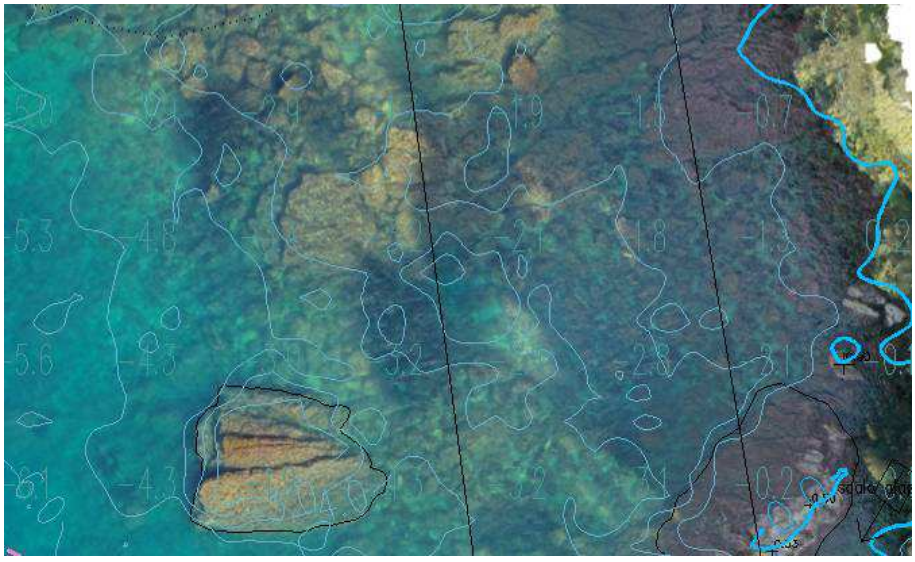


Figura 5.2: stralcio dello stato attuale con visione delle misure dei fondali

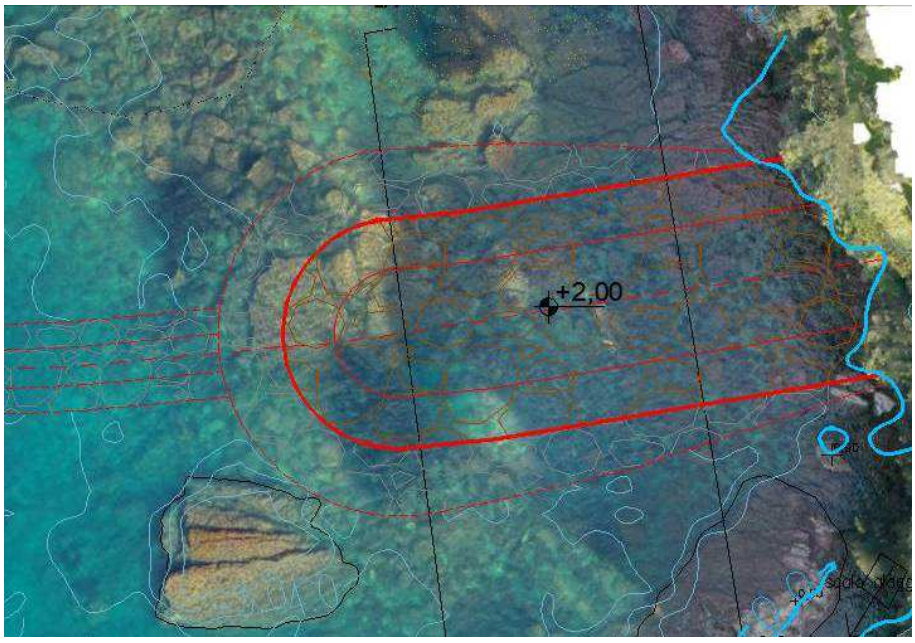


Figura 5.2: stralcio della configurazione di progetto con rappresentazione del pennello di levante

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

8.5 Materiali, quantitativi per le opere a progetto

La stima dei quantitativi di materiale necessari per le opere a progetto è la seguente:

- pennello di ponente: circa 5.000 t, delle quali 70% massi IV categoria e 30% massi III categoria;
- molo in calcestruzzo: circa 350 mc di calcestruzzo armato;
- pennello di levante: circa 7.300 t, delle quali 70% massi IV categoria e 30% massi III categoria;
- scogliera al piede del ripascimento: circa 6.000 t, delle quali circa 4.300 t provenienti dal salpamento della scogliera sommersa esistente;
- ripascimento: circa 30.000 mc di materiale di cava D 2÷50 mm.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

9. INTERFERENZE CON I PRINCIPALI ELEMENTI TECNICI ED AMBIENTALI PRESENTI

9.1 Interferenze strutturali e funzionali

L'intervento nel molo e pennello di ponente interferisce con la condotta di scarico a mare delle acque, ora con funzione di scarico di emergenza: la condotta verrà adeguatamente protetta in modo da evitare danneggiamenti della stessa e non aggravare i carichi sulla struttura.

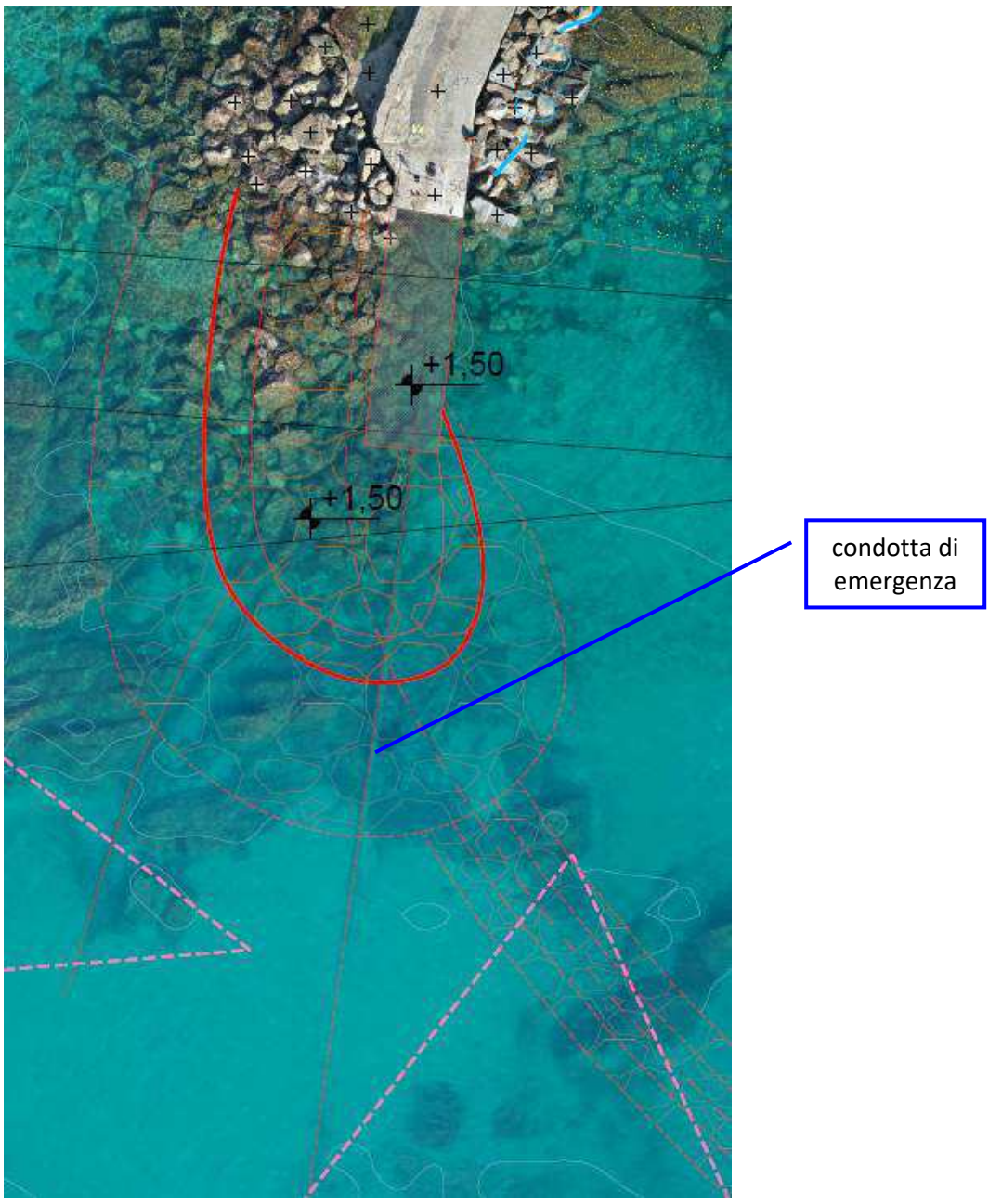


Figura 9.1: – dettaglio planimetria di progetto con vista della condotta di scarico a mare

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

L'intervento del pennello di levante non interferisce con la concessione demaniale 21V (identificata nei paragrafi precedenti) e con l'uso dello scalo di alaggio.

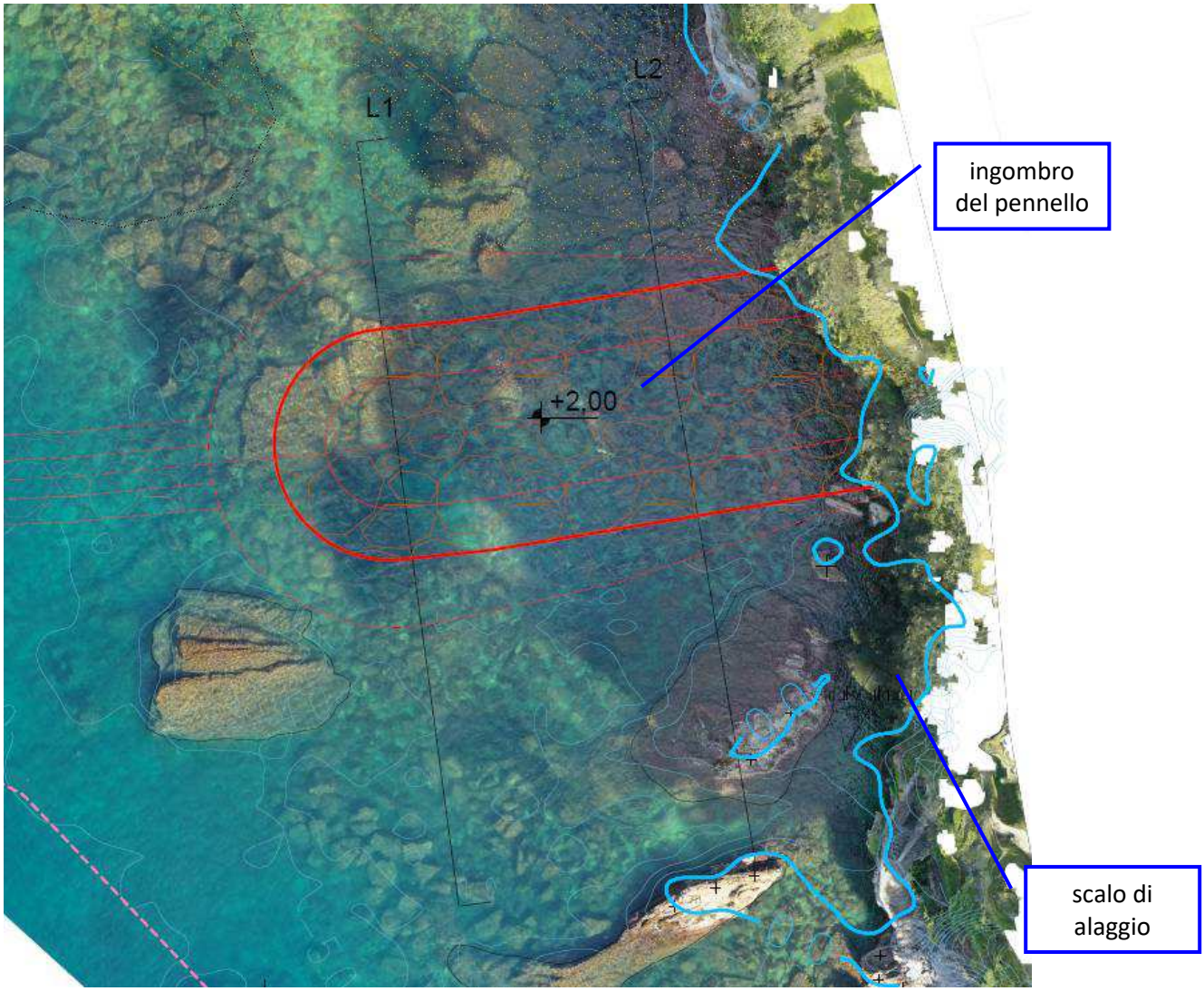


Figura 9.2: – vista aerea da drone della CDM 21V e sovrapposizione del pennello a progetto

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

9.2 Interferenza degli interventi con il regolare deflusso delle acque superficiali e subsuperficiali

Nella spiaggia oggetto di intervento è presente la foce del fiume Sori. Le quote della spiaggia a seguito del ripascimento non saranno modificate, il torrente in condizioni di piena asporta regolarmente il materiale presente in prossimità della foce, che viene successivamente rimodellato dall'azione congiunta del corso d'acqua e , in maniera preponderante, del mare.

9.3 Influenza sulla sensibilità ambientale del sito e criteri operativi

9.3.1 Aspetti ambientali generali

Alla luce degli aspetti generali di sensibilità ambientale e delle finalità dell'intervento, si ritiene che esso non generi impatti rilevanti sulle matrici ambientali sensibili dell'area, con particolare riguardo alla qualità delle acque.

Durante la realizzazione degli interventi sarà posta ogni cura per minimizzare gli eventuali impatti anche temporanei, in relazione alle difficoltà oggettive di lavorazione, trasporto e posa degli scogli.

I materiali da utilizzare dovranno essere privi di frazioni pelitiche per evitare fenomeni di intorbidimento delle acque.

La pista di cantiere per l'esecuzione del ripascimento sarà realizzata con materiali di cava scelti e con percentuali di pelite inferiori al 5%, come previsto per i tratti di costa sensibile nei "Criteri generali da osservarsi nella progettazione degli interventi stagionali di ripascimento degli arenili" di cui alla D.G.R. 1209/2016 e n. 95/2017.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

9.3.2 Fanerogame marine / SIC

Nella relazione bionaturalistica sono state analizzate in dettaglio le caratteristiche delle fanerogame presenti: nell'immagine sotto riportata è stata inserita la planimetria di progetto per poter individuare eventuali sovrapposizioni delle opere di difesa della spiaggia previste e le aree individuate dallo studio. Nell'area B, interessata nel suo margine superiore dal piede del ripascimento, non è presente una prateria vera e propria ma piccoli affioramenti rocciosi con pochi ciuffi sparsi, aventi pertanto uno stato di conservazione non sufficiente.

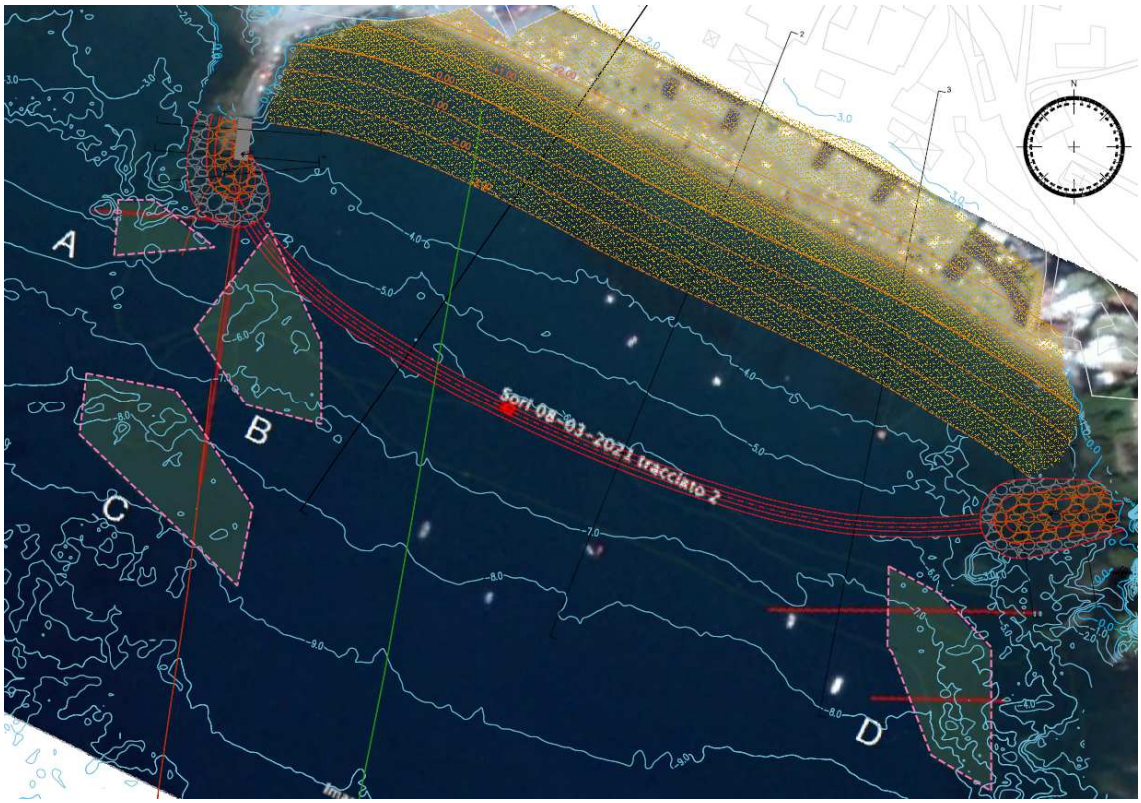


Figura 9.3: aree con presenza di posidonia sovrapposte con le opere a progetto

Si riporta di seguito anche stralcio del SIC, sovrapposto con le opere a progetto, con la mappatura della *Posidonia oceanica* dall'Atlante delle fanerogame e con le aree individuate dallo studio (in tratteggio rosa).

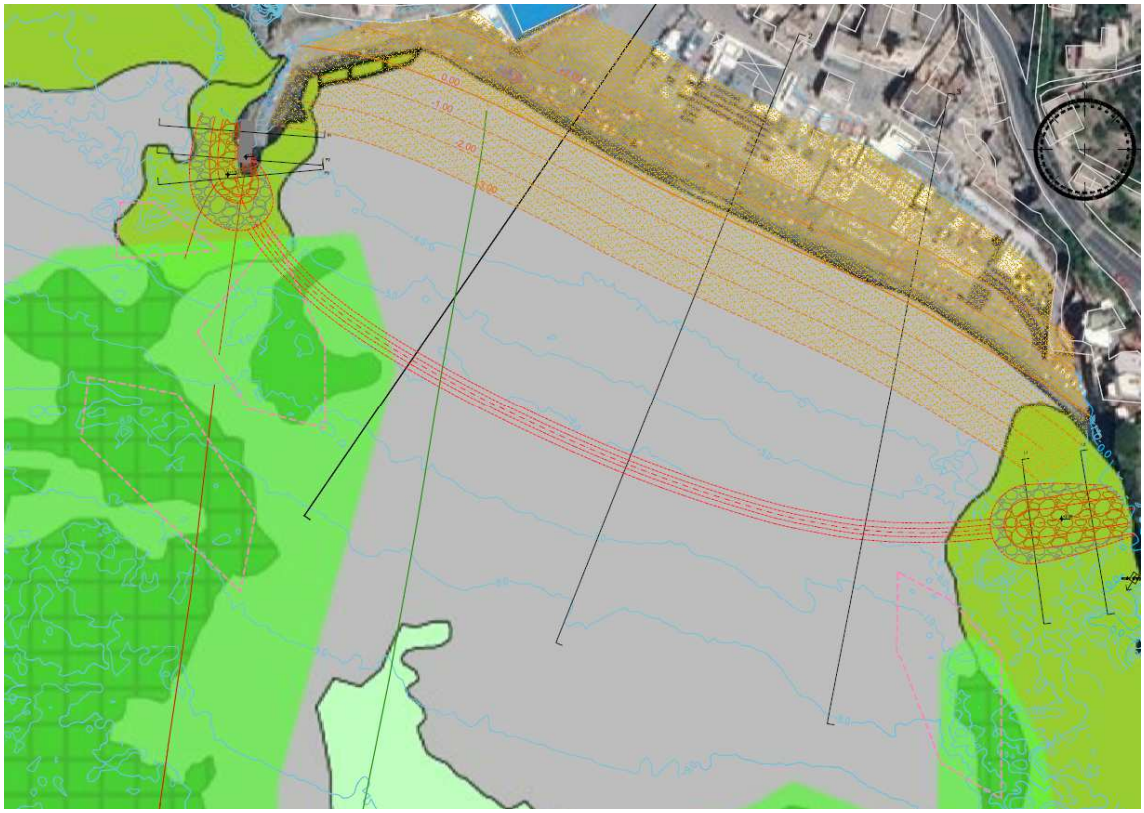


Figura 9.4: stralcio del SIC sovrapposto con le opere a progetto, con la mappatura della Posidonia oceanica dall'Atlante delle fanerogame e con le aree individuate dallo studio (in tratteggio rosa).

Viste le caratteristiche del sito e delle fanerogame presenti, nella relazione bionaturalistica è segnalato l'impatto molto ridotto delle opere sulle fanerogame esistenti e sulla conservazione degli elementi del SIC.

Oltre agli accorgimenti relativi alle caratteristiche dei materiali di ripascimento (pelite < 5%), a livello operativo verranno individuati tutti gli accorgimenti per evitare ogni interferenza durante dei lavori, con individuazione di specifiche aree di collocazione dei corpi morti di ormeggio dove non è stata individuata la presenza di posidonia oceanica viva.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

10. DIMENSIONAMENTO DEI MASSI PER I PENNELLI

Per la verifica della stabilità dei massi della mantellata dei pennelli si sono utilizzate le formule di Van der Meer, ricavate portando in conto l'azione di onde irregolari; esse consentono di tenere in conto anche della permeabilità del complesso mantellata - strati filtro- nucleo, della durata della mareggiata e del periodo dell'onda.

Formule di Van Der Meer

Per onda frangente tipo plunging ($\xi_m < 2.5$):

$$\frac{H_S}{\Delta D_{n50}} = 6.2 P^{0.18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5}$$

Per onda frangente tipo surging ($\xi_m > 3.5$):

$$\frac{H_S}{\Delta D_{n50}} = 1.0 P^{-0.13} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha}\ \xi_m^P$$

in cui:

H_s = altezza d'onda significativa al piede della scogliera

ξ_m = parametro di surf o numero di Iribarren per il periodo medio $\xi_m = \dfrac{\tan \alpha}{\sqrt{\dfrac{2\pi H_S}{g T_m^2}}}$

$T_z \approx T_m$ = periodo d'onda medio (s)

α = pendenza della mantellata (°)

$\Delta = (\gamma_m/\gamma_w - 1)$ = massa relativa del masso

γ_w = peso specifico dell'acqua marina (1023 Kg/m³)

γ_m= peso specifico del masso (2650 Kg/ m³)

D_{n50}= diametro nominale del masso, $D_{n50} = (W_{50}/\gamma m)^{1/3}$ (m)

W_{50}= valore del peso corrispondente al 50% nella curva di distribuzione (kg)

P=p* = coefficiente di permeabilità della struttura

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

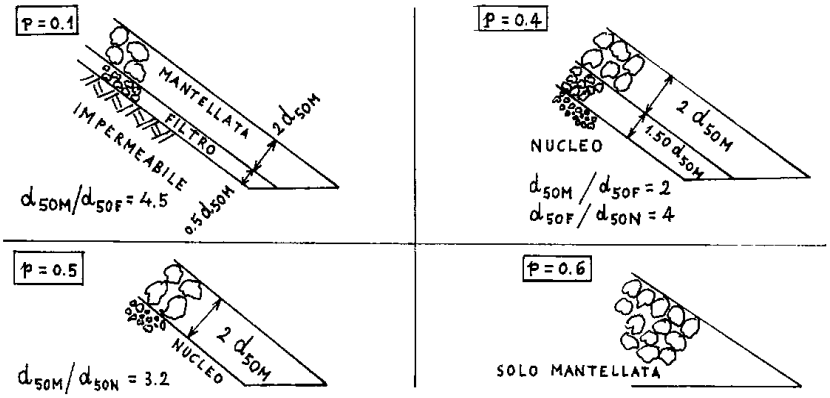


Figura 8.29 – *Rappresentazioni per il calcolo dei valori del parametro p* indicatore della permeabilità della struttura; i pedici M, F, N, indicano, rispettivamente, la mantellata, lo strato intermedio e il nucleo*

S = livello di danneggiamento ammesso, $S = A/(D_{n50})^2$ (crf. tabella seguente)

A = area erosa nella sezione

N = numero di onde (tipicamente tra 1000 e 5000).

ξ_{mc} = numero di Iribarren critico - è calcolato come

$$\xi_{mc} = \left[6.2\,P^{0.31}\sqrt{\tan\alpha}\right]^{\frac{1}{P+0.5}}$$

Mentre per pendenze lievi (cotα >3) è pari a:

$$\xi_{mc} = \left[3.58\,P^{0.31}\right]^{\frac{1}{P+0.5}}$$

Nella tabella seguente sono riportati i valori dell'indice di danneggiamento S, definito come rapporto tra l'area interessata dal dislocamento e il quadrato del diametro nominale del masso, in funzione della pendenza.

Pendenza	Livello di danno S		
	Danno iniziale	Danno intermedio	Danno totale
1:1.5	2	3-5	8
1:2	2	4-6	8
1:3	2	6-9	12
1:4	3	8-12	17
1:6	3	8-12	17

Tabella 2 - Livelli di danno per mantellate in doppio strato in funzione della pendenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Per moli a cresta bassa sul livello del mare, la stabilità dei massi lapidei della mantellata e della cresta può essere verificata con le formule di cui sopra applicando al valore al primo membro un fattore correttivo f_i che misura la riduzione della dimensione del masso in relazione al basso livello della cresta.

Tale valore è calcolabile con la seguente formula:

$$f_i = \frac{1}{\left[1.25 - 4.8\left(\frac{R_c}{H_s}\right)\left(\frac{S_m}{2\pi}\right)^{0.5}\right]}$$

che vale per 0<(Rc/Hs)<1 dove:

Rc = l'altezza della cresta fuori acqua.

S_m = ripidità d'onda media $S_{\mathrm{m}} = \frac{\mathrm{H_S}}{L_{0\mathrm{m}}} = \frac{2\pi \mathrm{H_S}}{\mathrm{g T_m^2}}$

L'individuazione del tempo di ritorno per l'onda di progetto utilizzata per il dimensionamento della mantellata della scogliera è stato eseguito secondo i criteri suggeriti nelle "Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime", approvate dall'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto del 23 Settembre 1994 n. 156.

Le opere oggetto della verifica sono opere di difesa costiera di interesse locale non rigide e con previsioni di manutenibilità.

Si è assunta quindi come durata di vita minima Tv per l'opera a progetto la vita minima per un'infrastruttura ad uso generale con livello di sicurezza richiesto pari a 1 (come indicato per le difese costiere), ossia 25 anni.

Come massima probabilità di danneggiamento dell'opera è stata assunta la probabilità di danneggiamento incipiente come consigliato per strutture flessibili (le opere in esame non sono soggette a collasso strutturale immediato) con limitato rischio per la vita umana e ripercussione economica bassa (il rapporto tra i costi diretti del danneggiamento, sommati a quelli indiretti per la perdita di funzionalità delle opere protette ed il costo totale per la realizzazione dell'opera è minore di 5), ossia Pf bassa pari a 0,50.

La combinazione del tempo di vita dell'opera e della probabilità di danneggiamento determina il tempo di ritorno dell'evento di progetto Trp secondo la relazione:

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Trp = Tv / [- ln(1-Pf)]

Ne consegue che il tempo di ritorno in caso di ripercussione economica bassa risulta pari a 36 anni; cautelativamente per i calcoli progetto si assume tempo di ritorno pari a 50 anni.

E' stata assunta, quindi, come onda di progetto l'onda corrispondente allo stato di mare più gravoso per il paraggio con T= 50 anni, con provenienza dal settore di Libeccio, propagata al piede dei pennelli - sulla profondità media di 5 m circa - e limitatata dal frangimento.

Come innalzamento del livello del medio mare, da utilizzare per il calcolo dell'onda frangente e per l'altezza della cresta delle strutture sul livello del mare, è stato assunto cautelativamente il valore corrispondente allo storm surge di input del modello DHI, che risulta per TR= 50 anni pari a 71 cm.

Conseguentemente, l'altezza d'onda assunta per il calcolo risulta l'altezza d'onda frangente sulla profondità di 5,71 m, pari a circa 4,40 m. Il periodo di picco associato è stato assunto pari al periodo di picco dell'onda più gravosa per il paraggio come ricavato dallo studio DHI ossia Tp= 13 s.

Si è, inoltre, assunta come pendenza della mantellata la pendenza delle scarpate esterne e di testata pari a 1 su 2 e come permeabilità della mantellata, cautelativamente, il valore di 0,5.

Per entrambi i pennelli per il calcolo del fattore di riduzione per cresta bassa l'altezza della cresta sul livello del mare è stata decurtata dell'innalzamento del livello del medio mare associato alla mareggiata con T= 50 anni come sopra individuato.

La verifica è stata effettuata, per entrambi i pennelli, per condizioni di danneggiamento incipiente ossia con S=2 e per condizioni di danneggiamento tra incipiente e intermedio ossia con S= 3 e S=4

Si riportano di seguito le relative tabelle di calcolo.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Dati

$\rho 0$ =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		$\rho / \rho 0$ - 1
P=p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,00		pendenza mantellata (1 su ...)
tg (α) =	0,50		1 / pendenza della mantellata
h =	5,00	m	profondità al piede
H_s =	4,40	m	H onda significativa
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	13,00	s	periodo di picco
T_s=	13,00	s	periodo significativo
T_m =	11,30	s	periodo medio
$L_{o\,m}$	199,28	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ m =	**3,365**		parametro di Iribarren
ξ mc =	3,536		parametro di Iribarren critico
S =	2,00		livello di danneggiamento
N =	5.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	15,69	ore	durata della mareggiata
R_c=	1,50	m	altezza della mantellata sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$ =	0,79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

ξ m $\leq$2,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	--	-
2,5$\leq \xi$ m $\leq$ 3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	1,39	frangimento intermedio plunging/surging
ξ m $\geq$3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	--	-
	Ns = Hs/(Δ*Dn50)=	***1,39***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	0,18	<1	*fi applicabile*
fattore di controllo fi =	0,0106	< 0.052	
f_i	**0,83**		coeff. di riduzione moli a cresta bassa

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

Ns/fi = Hs/(Δ*Dn50)/fi= ***1,67***

D_{n50}	**1,66**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**12.088**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello di ponente - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 2

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Dati

ρ_0 =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		$\rho / \rho_0 - 1$
P=p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,00		pendenza mantellata (1 su ...)
tg (α) =	0,50		1 / pendenza della mantellata
h =	5,00	m	profondità al piede
H_s =	4,40	m	H onda significativa
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	13,00	s	periodo di picco
T_s=	13,00	s	periodo significativo
T_m =	11,30	s	periodo medio
$L_{0\,m}$	199,28	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ m =	**3,365**		parametro di Iribarren
ξ mc =	3,536		parametro di Iribarren critico
S =	3,00		livello di danneggiamento
N =	5.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	15,69	ore	durata della mareggiata
R_c=	1,50	m	altezza della mantellata sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$ =	0,79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

ξ m$\leq$2,5--->	Hs/(Δ*Dn50)=	**--**	-
2,5$\leq \xi$ m $\leq$ 3,5--->	Hs/(Δ*Dn50)=	1,51	frangimento intermedio plunging/surging
ξ m$\geq$3,5--->	Hs/(Δ*Dn50)=	**--**	-
	Ns = Hs/(Δ*Dn50)=	***1,51***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	0,18	<1	*fi applicabile*
fattore di controllo fi =	0,0106	< 0.052	
f_i	**0,83**		coeff. di riduzione moli a cresta bassa

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

Ns/fi = Hs/(Δ*Dn50)/fi=	***1,81***		
D_{n50}	**1,53**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**9.478**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello di ponente - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 3

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Dati

ρ_0 =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		$\rho / \rho_0 - 1$
P=p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,00		pendenza mantellata (1 su ...)
tg (α) =	0,50		1 / pendenza della mantellata
h =	5,00	m	profondità al piede
H_s =	4,40	m	H onda significativa
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	13,00	s	periodo di picco
T_s=	13,00	s	periodo significativo
T_m =	11,30	s	periodo medio
$L_{0\,m}$	199,28	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ m =	**3,365**		parametro di Iribarren
ξ mc =	3,536		parametro di Iribarren critico
S =	4,00		livello di danneggiamento
N =	5.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	15,69	ore	durata della mareggiata
R_c=	1,50	m	altezza della mantellata sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$ =	0,79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

ξ m$\leq$2,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	**--**	-
2,5$\leq\xi$ m $\leq$3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	1,60	frangimento intermedio plunging/surging
ξ m$\geq$3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	**--**	-
	Ns = Hs/(Δ*Dn50)=	***1,60***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	0,18	<1	*fi applicabile*
fattore di controllo fi =	0,0106	< 0.052	
f_i	**0,83**	coeff. di riduzione moli a cresta bassa	

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

Ns/fi = Hs/(Δ*Dn50)/fi=	***1,92***		
D_{n50}	**1,44**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**7.975**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello di ponente - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 4

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Dati

ρ_0 =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		ρ / ρ_0 - 1
P=p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,00		pendenza mantellata (1 su ...)
tg (α) =	0,50		1 / pendenza della mantellata
h =	5,00	m	profondità al piede
H_s =	4,40	m	H onda significativa
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	13,00	s	periodo di picco
T_s=	13,00	s	periodo significativo
T_m =	11,30	s	periodo medio
$L_{0\,m}$	199,28	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ m =	**3,365**		parametro di Iribarren
ξ mc =	3,536		parametro di Iribarren critico
S =	2,00		livello di danneggiamento
N =	5.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	15,69	ore	durata della mareggiata
R_c=	2,00	m	altezza della mantellata sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$ =	1,29	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

ξ m $\leq$2,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	--	-
2,5$\leq \xi$ m $\leq$ 3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	1,39	frangimento intermedio plunging/surging
ξ m $\geq$3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	--	-
	Ns = Hs/(Δ*Dn50)=	***1,39***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	0,29	<1	*fi applicabile*
fattore di controllo fi =	0,0174	< 0.052	
f_i	**0,86**	coeff. di riduzione moli a cresta bassa	

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

Ns/fi = Hs/(Δ*Dn50)/fi= ***1,62***

D_{n50}	**1,70**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**13.122**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello di levante - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 2

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Dati

ρ_0 =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		ρ / ρ_0 - 1
P=p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,00		pendenza mantellata (1 su …)
tg (α) =	0,50		1 / pendenza della mantellata
h =	5,00	m	profondità al piede
H_s =	4,40	m	H onda significativa
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	13,00	s	periodo di picco
T_s=	13,00	s	periodo significativo
T_m =	11,30	s	periodo medio
$L_{0\,m}$	199,28	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ m =	**3,365**		parametro di Iribarren
ξ mc =	3,536		parametro di Iribarren critico
S =	3,00		livello di danneggiamento
N =	5.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	15,69	ore	durata della mareggiata
R_c=	2,00	m	altezza della mantellata sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$ =	1,29	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

ξ m ≤2,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	--	-
2,5≤ ξ m ≤ 3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	1,51	frangimento intermedio plunging/surging
ξ m ≥3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	--	-
	Ns = Hs/(Δ*Dn50)=	***1,51***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	0,29	<1	*fi applicabile*
fattore di controllo fi =	0,0174	< 0.052	
f_i	**0,86**		coeff. di riduzione moli a cresta bassa

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

Ns/fi = Hs/(Δ*Dn50)/fi=	***1,76***		
D_{n50}	**1,57**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**10.288**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello di levante - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 3

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Dati

$\rho 0$ =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		$\rho / \rho 0$ - 1
P=p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,50		pendenza mantellata (1 su ...)
tg (α) =	0,40		1 / pendenza della mantellata
h =	5,00	m	profondità al piede
H_s =	4,40	m	H onda significativa
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	13,00	s	periodo di picco
T_s=	13,00	s	periodo significativo
T_m =	11,30	s	periodo medio
$L_{0\,m}$	199,28	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ m =	**2,692**		parametro di Iribarren
ξ mc =	3,163		parametro di Iribarren critico
S =	4,00		livello di danneggiamento
N =	5.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	15,69	ore	durata della mareggiata
R_c=	2,00	m	altezza della mantellata sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$ =	1,29	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

ξ m $\leq$2,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	--	-
2,5$\leq \xi$ m $\leq$ 3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	1,60	frangimento intermedio plunging/surging
ξ m $\geq$3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	--	-
	Ns = Hs/(Δ*Dn50)=	***1,60***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	0,29	<1	*fi applicabile*
fattore di controllo fi =	0,0174	< 0.052	
f_i	**0,86**	coeff. di riduzione moli a cresta bassa	

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

Ns/fi = Hs/(Δ*Dn50)/fi= ***1,86***

D_{n50}	**1,48**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**8.657**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello di levante - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 4

Considerando che nella buona pratica vengono utilizzati massi di pezzatura compresa tra 0,75 e 1,25 volte il peso del masso di progetto, ipotizzando in condizioni di evento meteomarino con TR= 50 anni anche condizioni di danneggiamento appena superiori al danneggiamento iniziale (S=3), si assume per la mantellata di entrambi i pennelli l'**utilizzo di massi di IV categoria di peso compreso tra 7 e 12 t**, avendo cura di posizionare i massi di maggiori dimensioni nelle aree esterne maggiormente esposte come le testate e nelle zone maggiormente sollecitate dal moto ondoso.

Per lo strato di base e la parte interna oltre che per gli intasamenti si prevede l'utilizzo di massi di III categoria (di peso compreso tra 3 e 7 t) in una percentuale pari al 30% circa.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

11. UTILIZZO DELLE RISORSE NATURALI

11.1 Criteri di scelta del materiale da utilizzare – Disponibilità delle risorse

Per la realizzazione degli interventi previsti sono necessari circa 14.000 t di nuovi massi naturali e 30.000 mc di materiale ghiaioso per ripascimento, oltre al calcestruzzo per la nuova porzione di molo, come segue:

- massi naturali di IV categoria (oltre 7 t) per i pennelli di ponente e di levante: 5.350 t;
- massi naturali di III categoria (3÷7 t) per i pennelli di ponente e di levante e per la scogliera al piede del ripascimento: 8.700 t;
- materiale ghiaioso di cava D 2÷50 mm per ripascimento spiaggia: 30.000 mc;
- molo in calcestruzzo: circa 350 mc di calcestruzzo armato.

Non sono disponibili dal T. Sori e da altri corsi d'acqua nell'immediata prossimità di Sori materiali idonei per il ripascimento, nelle quantità necessarie.

I materiali sono reperibili nelle cave dell'ambito del levante genovese o, specie per i massi, nelle cave del Piemonte occidentale.

I massi e il materiale da ripascimento avranno caratteristiche litologiche e cromatiche compatibili con i materiali esistenti nell'area.

11.1.1 Caratteristiche dei massi

I requisiti a cui devono corrispondere i materiali lapidei, oltre alla composizione compatibile con i materiali esistenti, sono rappresentati da un elevato peso specifico e da un buon grado di compattezza.

La ricerca dei materiali aventi tali requisiti dovrà essere effettuata in un intorno piuttosto ampio rispetto all'area in esame, anche in relazione al fatto che le forniture saranno eseguite via mare per non sovraccaricare la viabilità stradale.

Nella scelta della tipologia di materiale, si dovrà tenere conto delle problematiche legate al rischio "amianto", ossia alla presenza di fibre libere o liberabili, tenuto conto che le vallate limitrofe al sito di progetto sono ricche di rocce di tipo ofiolitico, per le quali è necessario effettuare, soprattutto per i materiali di tipo serpentinitico, controlli di carattere qualitativo e quantitativo sulle attività di cava.

La scelta delle cave di prestito dovrà essere attentamente valutata sulla base dei seguenti criteri:

- idoneità per composizione dei materiali delle cave indagate;
- cave in avanzata coltura, al fine di non generare alcun impatto indiretto;
- adeguata disponibilità anche in relazione alla possibile sovrapposizione con interventi di ripristino in seguito alla mareggiata in aree limitrofe;
- la vicinanza della cava al punto di imbarco per la parte di materiali che saranno forniti via mare in modo da ottimizzare le tempistiche e minimizzare gli impatti sulla viabilità e sull'ambiente circostante.

I materiali sono di massima reperibili nelle cave dell'ambito del levante genovese o, specie per i massi, nelle cave del Piemonte occidentale.

E' possibile l'approvvigionamento anche da altre regioni, se eseguito con imbarcazioni che possano garantire carichi elevati e trasporti sostenibili sia in termini di costi, che in termini di tempistiche.

11.1.2 Materiale per ripascimento

I materiali per l'esecuzione del ripascimento verranno sottoposti a specifica autorizzazione nelle fasi preliminari dei lavori, una volta individuate le cave idonee: il ripascimento sarà realizzato con materiali di cava scelti e con percentuali di pelite inferiori al 5%, come previsto per i tratti di costa sensibile nei "Criteri generali da osservarsi nella progettazione degli interventi stagionali di ripascimento degli arenili" di cui alla D.G.R. 1209/2016 e n. 95/2017.

11.2 Approvvigionamento idrico

Si ritiene di trascurabile rilevanza il problema dell'approvvigionamento idrico in relazione alla tipologia di intervento.

12. PRODUZIONE E SMALTIMENTO DI RIFIUTI

Gli interventi non comportano scavi e demolizioni. I normali rifiuti prodotti, connessi alle lavorazioni, saranno completamente smaltiti secondo le normative vigenti, senza lasciare rifiuti nell'area oggetto dell'intervento e nelle sue vicinanze.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

13. VOLUMI DI TRAFFICO INDOTTI E CAPACITÀ DEL SISTEMA INFRASTRUTTURALE

Vista la collocazione dell'abitato di Sori e le difficoltà di accesso da parte dei mezzi pesanti, verrà privilegiata la modalità da mare per non gravare in maniera eccessiva sulla viabilità; l'accesso alle aree da parte dei materiali e mezzi avverrà come segue:

- massi per la realizzazione dei pennelli: fornitura e posa in opera interamente via mare;
- massi per la scogliera al piede del ripascimento: in parte realizzata con materiale salpato, via mare, dalla scogliera sommersa esistente, in parte con fornitura e posa in opera dei nuovi materiali interamente via mare;
- calcestruzzo e materiali accessori per i prolungamento dei pennelli: fornitura ed esecuzione dei lavori esclusivamente via mare;
- materiale ghiaioso per ripascimento: accesso via terra, posa in opera sulla spiaggia mediante escavatore e pala meccanica: l'accesso via terra avverrà dalla sponda sinistra del T. Sori, seguendo il percorso indicato nello stralcio grafico di seguito presentato:

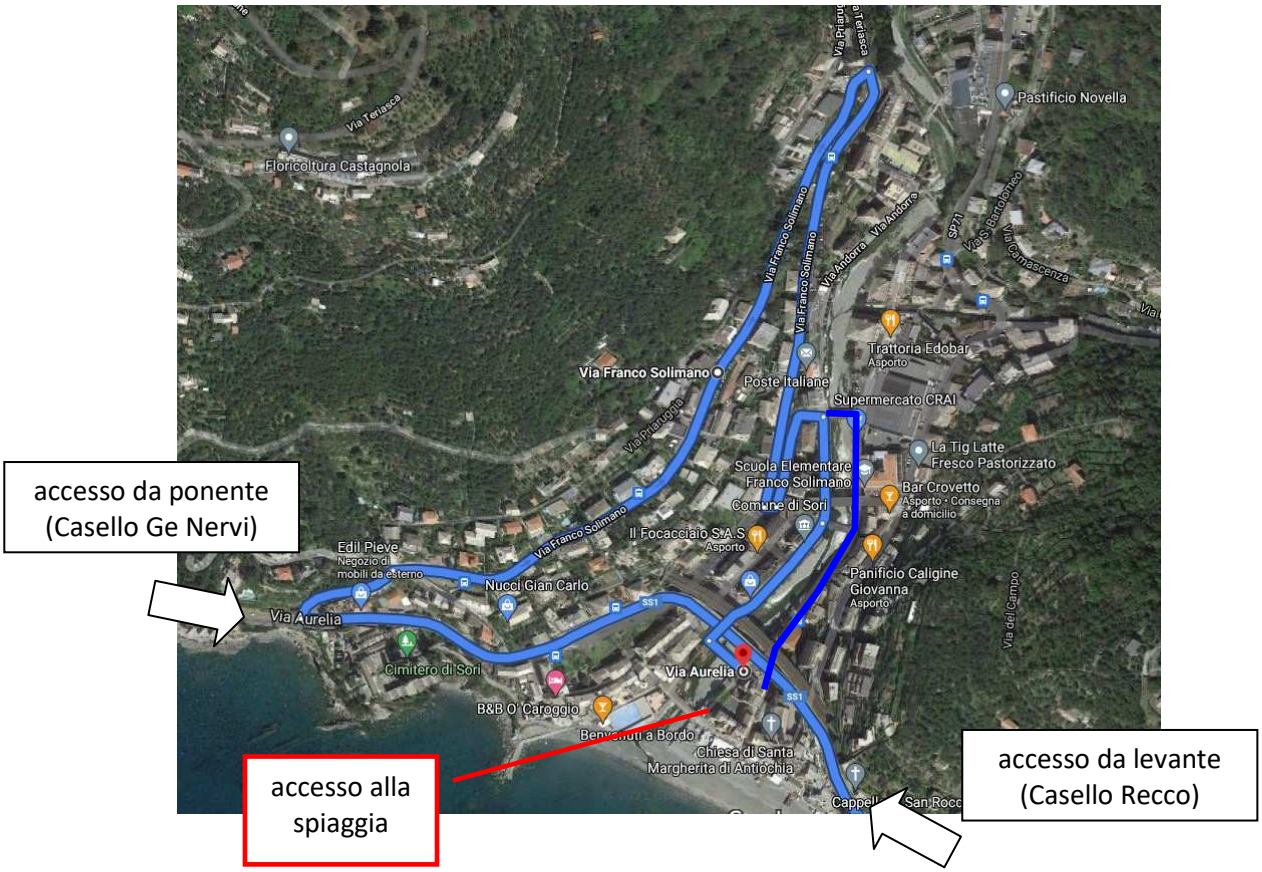


Figura 5.2: viabilità accesso per mezzi pesanti alla spiaggia di Sori

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



Figura 5.2: dettaglio area di accesso alla spiaggia da terra e dei ponti per l'attraversamento del T. Sori

La viabilità di accesso è costituita dalla Via Aurelia da levante e da ponente, l'accesso dei mezzi pesanti dovrà avvenire lungo il percorso precedentemente indicato (passaggio da Via Franco Solimano anziché da Via G. Garibaldi) per la presenza di limitazioni di sagoma sul percorso usualmente seguito dalle autovetture.

L'attraversamento del T. Sori avverrà percorrendo i ponti indicati nella figura precedente, con un'eventuale modifica temporanea del senso unico nella sponda sinistra del T. Sori: la portata degli stessi verrà verificata prima dell'avvio dei lavori.

La viabilità ordinaria nella Via Aurelia è interessata da flussi di traffico significativi, sia nel periodo invernale, sia nel periodo estivo: da dati della Città Metropolitana di Genova [1] è possibile valutare il traffico nell'area di Bogliasco/Sori in circa 11400 auto diurne - 11600 veicoli giornalieri (inverno), 17500 veicoli giornalieri (estate): l'incremento di traffico per il conferimento dei materiali per il ripascimento è stimabile in un massimo di 10÷12 mezzi/giorno, che certamente non provocheranno alterazioni significative ai flussi di traffico stradale.

Il percorso locale al di fuori della SS1 Aurelia per accesso alla spiaggia verrà opportunamente segnalato e presidiato, al fine di minimizzare le interferenze con il traffico locale.

Il transito dei mezzi avverrà al di fuori della stagione di maggiore affluenza, pertanto il traffico indotto risulterà in ogni caso molto inferiore rispetto ai carichi sopportabili dalla rete viaria nei momenti di massimo flusso turistico.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

[1] *Piano del traffico e della viabilità extraurbana della Provincia di Genova - 2008*

14. INQUINAMENTO E DISTURBI AMBIENTALI

14.1 Valutazione degli inquinamenti indotti

Si riportano di seguito le tipologie di inquinamento potenziale legate alle lavorazioni previste.

14.2 Inquinamento del terreno nella zona di intervento

Tale tipologia di inquinamento non è tipica delle lavorazioni in esame, che interessano prettamente la porzione di costa a mare. Verrà comunque posta ogni cura nella scelta dei materiali da impiegarsi.

14.3 Inquinamento acustico

L'area costiera è classificata come "area di intensa attività umana" secondo quanto riportato nella cartografia comunale.

Ai sensi del DPCM 14/11/97 e s.m.i., in tale zona devono essere rispettati i seguenti valori limite, espressi in Leq (dB(A)), sia per il periodo diurno (06:00-22:00) che per il periodo notturno (22:00-06:00):

- emissione: 60 dB(A) nel periodo diurno e 50 dB(A) nel periodo notturno;
- immissione: 65 dB(A) nel periodo diurno e 55 dB(A) nel periodo notturno.

Le lavorazioni in esame non comportano variazioni delle emissioni sonore in fase di esercizio rispetto alla situazione attuale.

Come previsto nel Regolamento Acustico Comunale, per Attività temporanee di cantieri le emissioni sonore provenienti da cantieri qualora superino i limiti di zona, sono consentite nei giorni feriali (8:00-12:00 e 14:00-19:00).

Le attività previste sono costituite sinteticamente dalle seguenti tipologie di lavorazione: transito via terra, transito via mare, movimentazione via terra e movimentazione via mare con l'utilizzo massimo contemporaneo di 2 camion, 1 escavatore / pala meccanica e 1 pontone attrezzato con apposita benna.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

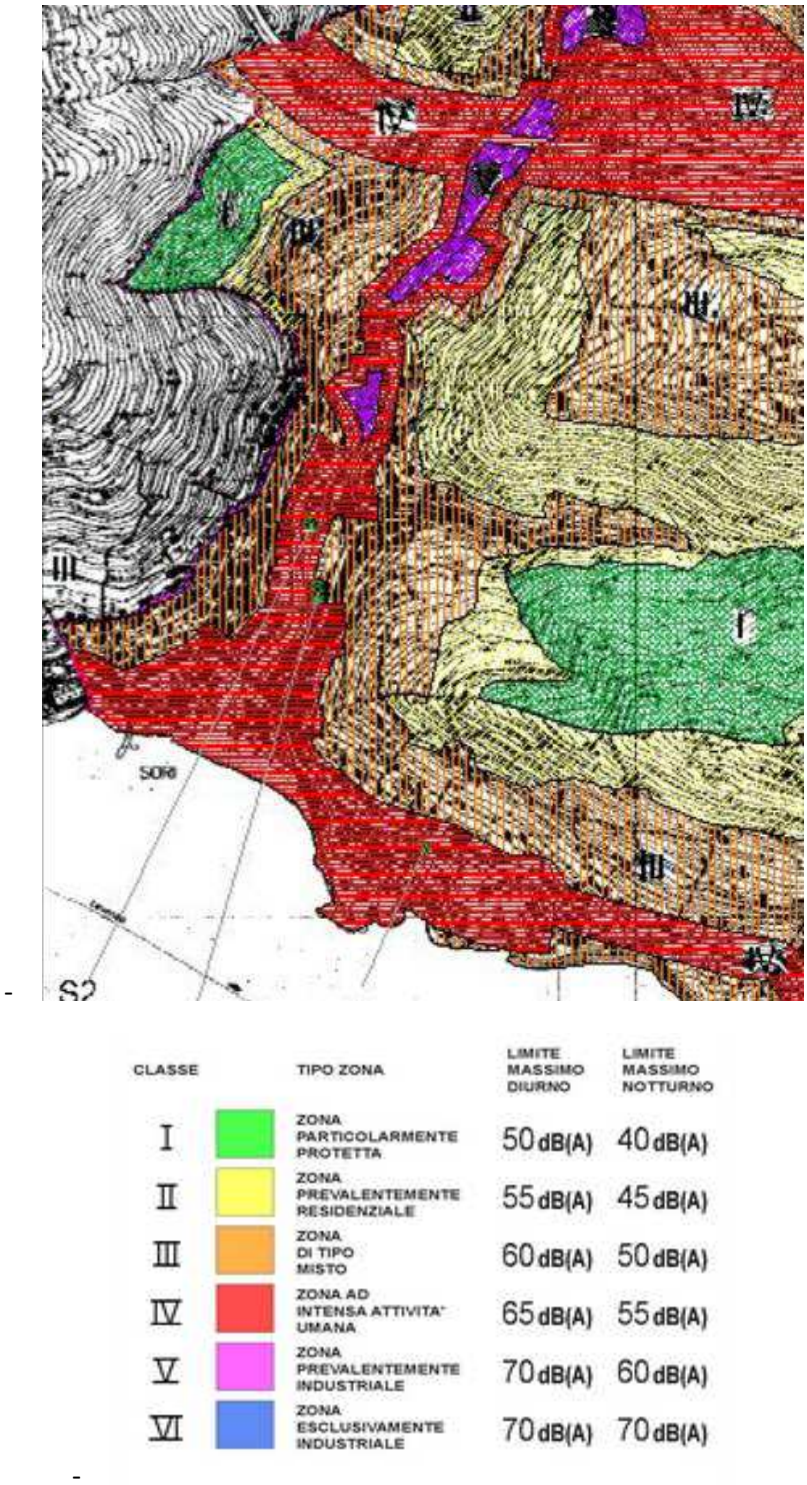


Figura 10.1 - Stralcio cartografico della Zonizzazione Acustica del comune di Sori e relativi valori limite assoluti di immissione

Per il calcolo dell'emissione sonora complessiva è stata considerata, in via cautelativa, la contemporanea operatività dei mezzi e macchinari d'opera sopra elencati.

L'emissione è stata valutata come somma energetica dei singoli contributi, desunti dai dati di letteratura disponibili (con potenza sonora del pontone assimilata a quella di un'autogru), secondo la formula:

$$L_{eq,tot} = 10 \times \log_{10}\left(10^{\frac{L1}{10}} + 10^{\frac{L2}{10}} + \cdots + 10^{\frac{Ln}{10}}\right)$$

In cui L è la potenza sonora di ognuno dei mezzi d'opera.

L'emissione sonora complessiva (Leq) prevista è pari a circa 113dB(A).

Anche considerando le ipotesi cautelative effettuate, si ritiene che il fenomeno possa essere opportunamente mitigato mediante l'utilizzo di mezzi e macchinari conformi alle più recenti normative e sottoposti ad adeguata manutenzione e l'esecuzione delle lavorazioni al di fuori della stagione di massimo afflusso turistico.

In fase di cantierizzazione sarà comunque valutata la possibilità di presentare apposita istanza di autorizzazione in deroga con relazione redatta da un tecnico competente in acustica.

14.4 Inquinamento atmosferico e da polveri

Il controllo della polverosità durante il passaggio di mezzi e lo scarico dei materiali sarà opportunamente regolamentato, se necessario anche con lavaggi localizzati. Inoltre il materiale da fornire sarà quanto più possibile privo di frazioni polverose.

Per quanto riguarda l'incremento del traffico direttamente indotto dai lavori, come anticipato al relativo paragrafo, sarà limitato al minimo indispensabile al di fuori dalla stagione di maggior afflusso turistico.

Per evitare sovraccarichi della viabilità locale sono previsti un massimo di 10 viaggi al giorno con autocarro per un totale di circa 1.600 viaggi e 1 viaggio al giorno al massimo con pontone per un totale di 160 giorni. Distribuiti in un periodo lavorativo di circa 10 mesi.

Tali incrementi sono trascurabili, sia in rapporto all'obiettivo di difesa del territorio, sia anche in rapporto agli aumenti di traffico che si verificano durante la stagione balneare.

L'impatto potenziale sulla qualità dell'aria può essere dunque considerato trascurabile.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

14.5 Inquinamento dell'acqua

Dal momento che in fase di lavorazione è previsto il versamento di materiale ghiaioso certificato e massi di grande pezzatura, oltre ad un'operatività dei mezzi d'opera limitata ai giorni di posa in opera dei materiali, l'inquinamento dell'acqua non avrà particolare rilevanza.

Potranno verificarsi locali situazioni di intorbidimento delle acque - dovute soprattutto al materiale di ripascimento e in subordine al materiale sciolto movimentato dai mezzi marittimi - che avranno carattere limitato nel tempo alle fasi operative dei mezzi ed estensione alla sola area di lavoro. Come già sopra indicato sarà cura di utilizzare materiali quanto più possibile privi di frazioni terrose.

15. GENERAZIONE DI CONFLITTI PER L'USO DELLE RISORSE CON ALTRI INTERVENTI LIMITROFI

Le quantità di massi che devono essere utilizzati per i lavori sono potenzialmente disponibili nelle cave in aree a distanza limitata dal sito di progetto, sebbene sia possibile l'utilizzo di materiale proveniente da cave a distanza maggiore.

Si ritiene che l'utilizzo delle risorse, sia che siano provenienti dalle cave locali o da cave a distanza maggiore debba essere attentamente valutato in sede di gara, in quanto - a causa dei danni ingenti causati dall'evento dell'ottobre 2018 a molte delle strutture costiere - è possibile che si generino fenomeni puntuali di penuria di materiali. Tuttavia, preliminarmente, non si ipotizzano conflitti particolari con altri interventi in corso di progettazione e/o di realizzazione sull'utilizzo delle risorse naturali.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

16. IMPATTO SUL PATRIMONIO NATURALE E STORICO

L'intervento nel suo complesso è finalizzato al miglioramento della protezione delle opere esistenti, in modo da aumentare la stabilità e la durabilità delle stesse. Come già descritto, le opere hanno caratteristiche di potenziamento delle opere di difesa a mare esistenti, mantenendone le caratteristiche principali, senza snaturare il contesto paesaggistico locale.

L'intervento a progetto non genera impatti significativi sulla fascia costiera, di notevole interesse paesistico, ma già influenzata dalla presenza di opere antropiche infrastrutturali (viadotti delle strade e della linea ferroviaria) e connesse a alle difese costiere che già esistevano prima della mareggiata.

I materiali utilizzati saranno compatibili con l'utilizzo in ambiente marino e avranno caratteristiche cromatiche simili ai massi esistenti.

La tipologia dell'intervento non genera particolari ricadute sul sistema ecologico dell'area né dal punto di vista della flora e fauna terrestre, né dei fondali.

Saranno tuttavia adottate tutte le cautele necessarie a ridurre i fenomeni di torbidità e a minimizzare l'impatto sugli habitat e le specie protette.

Di seguito si presentano alcune simulazioni fotografiche di inserimento degli interventi, in corso di sviluppo e che saranno allegati nella loro versione finale alla relazione paesaggistica del progetto definitivo.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

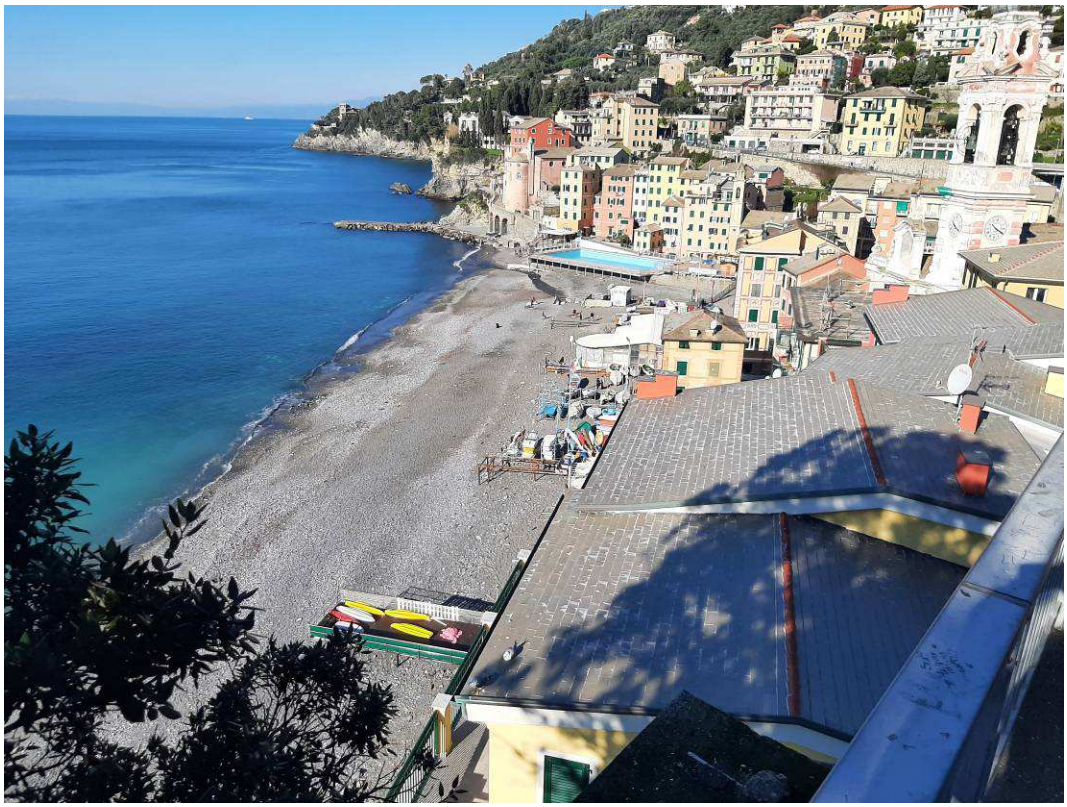


Foto 16.1: vista della spiaggia dalla Via Aurelia: stato attuale (14.2.2021)

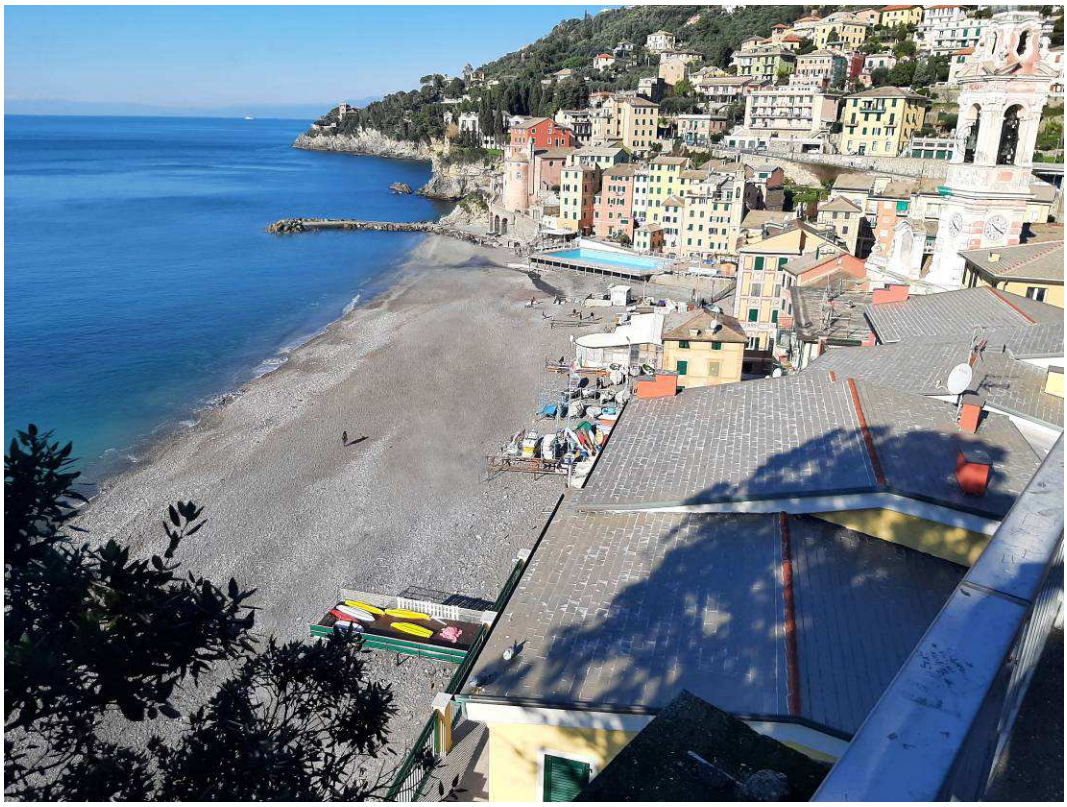


Foto 16.2: simulazione fotografica dalla Via Aurelia

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



Foto 16.3: vista della spiaggia dalla scogliera di Capo Pino: stato attuale (14.2.2021)



Foto 16.4: simulazione fotografica dalla scogliera di Capo Pino

16.1 Aspetti riguardanti il rischio archeologico

Le opere a progetto non prevedono alcun tipo di scavo al di sotto di aree non indagate e vengono realizzate nella zona antistante la spiaggia di Sori, già oggetto di molteplici interventi nel periodo recente.

E' in corso di ultimazione un'analisi archeologica di dettaglio delle aree a terra e a mare, redatta da archeologa specialista in opere subacquee e costiere, comprendente un'ispezione subacquea puntuale delle aree interessate dai lavori, finalizzata alla valutazione del rischio archeologico: il documento verrà allegato al progetto definitivo.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

17. COMPATIBILITÀ CON IL QUADRO NORMATIVO PAESAGGISTICO - AMBIENTALE

Gli interventi previsti a progetto, sopra descritti in dettaglio, si configurano come interventi di aumento della resilienza dell'area costiera e come potenziamento delle opere a mare esistenti, a difesa del litorale e dell'abitato.

Con riferimento al quadro normativo di cui al paragrafo 3, tali interventi non si pongono in contrasto né con gli strumenti sovraordinati né con la pianificazione urbanistica a livello locale, anzi costituiscono attuazione e potenziamento delle funzioni di servizio previste.

18. MITIGAZIONE DELL'IMPATTO DEGLI INTERVENTI

Dal punto di vista tecnico per gli interventi sono state scelte soluzioni quanto più possibile compatibili con il contesto ambientale e paesaggistico, nell'intento di armonizzarli all'interno del contesto, mitigarne al massimo l'impatto e risultare, al tempo stesso, durabili ed appropriati per il contesto marino.

I materiali (massi, ghiaia per ripascimento, calcestruzzo per il molo) saranno scelti con caratteristiche litologiche e cromatiche simili a quelli e privi di impurità che possano creare torbidità persistenti.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

19. STIMA DEI COSTI, TEMPI DI ATTUAZIONE

L'importo dei lavori previsti è pari a circa € 2.600.000,00 (v. allegato 2).

L'intervento verrà approvato con le procedure previste dalla Ordinanza n. 558/2018, che prevede tempistiche ridotte per le fasi approvative; è possibile ipotizzare le seguenti tempistiche di attuazione:

- valutazione di assoggettabilità a screening: 45 giorni

- redazione progetto definitivo, approvazione del progetto: 45 giorni

- redazione progetto esecutivo, affidamento lavori: 45 giorni

- esecuzione dei lavori: 300 giorni (10 mesi)

- collaudi: 30 giorni.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

res*GEO* *studio associato di geologia*

COMUNE DI SORI

Via G.Stagno, 19 – 16030 Sori (GE)

INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA COSTIERA DEL LITORALE DI SORI (fondi Protezione Civile ex O.C.D.P.C. n. 558/18 - eventi del 29-30 ottobre 2018)

Studio Preliminare Ambientale

ALLEGATO 1 : INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SEDIMENTOLOGICO

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

4. CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI

TAV. 1. CARTA GEOLOGICA

TAV. 2: ASSETTO NORMATIVO

TAV. 3: UBICAZIONE POSTAZIONI DI PRELIEVO

TAV. 4: DISTRIBUZIONE GRANUULOEMTRICA DEI SEDIMENTI NELLE POSTAZIONI DI PRELIEVO

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio oggetto di indagine è caratterizzato dall'esteso affioramento della *Formazione dei Calcari di M.te Antola* (Cretaceo), flysch distali costituiti da calcari marnosi, marne calcaree e marne argillose in sequenze ritmicamente ripetute, talora a base calcarenitica, localmente intercalate da argilloscisti, arenarie straterellate, marnoscisti di tipo ardesiaco.

Tale Formazione appartiene all'Unità di M.te Antola (F. delle Argilliti di Montoggio e F. dei Calcari di M.te Antola), facente parte del Dominio Ligure, ovvero del bacino oceanico sviluppatosi a partire dal Giurassico superiore tra le placche tettoniche europea ed africana.

I Calcari di M.te Antola, potenti fino a 2500m, affiorano estesamente nell'Appennino ligure-emiliano dal F. Scrivia fino al T. Enza (Abbate & Sagri, 1967) e, in particolare, costituiscono l'intero versante litoraneo tra Chiavari e Genova, ad esclusione del Promontorio di Portofino interessato dagli omonimi conglomerati oligocenici.

La Formazione confina a Nord con il *Membro delle Ardesie di M.te Verzi* (F. di Val Lavagna; Unità di M.te Gottero; Liguridi Interne) seguendo circa l'allineamento tra M.te Lavagna e M.te Rosa, spartiacque tra la Val Lavagna ed il versante a mare.

Le Ardesie, marne scistose plumbee in banchi, datate al Cretaceo superiore (Albiano) sono più antiche dei calcari sotto i quali immergono con direzioni NW-SE ed immersioni SW (franappoggio verso il mare).

Il contatto - di natura tettonica - tra la F. dei Calcari di M.te Antola ed il Membro delle Ardesie di M.te Verzi è messo in evidenza, in superficie, lungo un allineamento WNW-ESE ben più vasto del tratto citato e che abbraccia l'intero crinale del versante orografico destro della Val Lavagna, da Chiavari al M.te Anchetta (sopra Zoagli), al M.te Rosa, al M.te Lavagna, al M.te Bello (nella parte alta del bacino del T. di Recco), al M.te Becco (all'apice del T. Sori), al M.te Costa Lione (nell'entroterra di Genova-Nervi), ecc.

I calcari marnosi, nel territorio indagato, confinano come detto con i *Conglomerati di Portofino*, che costituiscono la parte avanzata dell'omonimo promontorio, affiorando lungo la costa circa da P.ta Chiappa a Portofino, fino a risalire, a Nord, verso Nozarego.

I sopralluoghi esperiti hanno consentito di ispezionare gran parte dei versanti su cui riferire e di riconoscere le principali caratteristiche litostratigrafiche, peraltro già parzialmente tratte dalle ricerche bibliografiche.

Ad un esame litostratigrafico di dettaglio, tali flysch sono costituiti dall'alternanza delle seguenti litofacies (R. Terranova, 1964):

Calcari marnosi, talora marnoso-arenacei, spesso compatti, raramente scistosi, a volte con aspetto pseudo-ardesiaco; il colore è variabile da grigio-biancastro a grigio-nero; la frattura generalmente è morbida e tende alla concoide in taluni banchetti più sottili; formano strati di potenza assai variabile, da livelli di qualche decina di centimetri a vere e proprie bancate di qualche metro;

Scisti argillosi grigi e grigio-neri, lucidi, talora finemente micacei, generalmente lamellari e a volte fratturati in lunghi0 prismi; formano strati di potenza in media non superiore a 60-70cm, poche volte sono state misurate potenze di alcuni metri; spesso comprendono sottili intercalazioni arenacee potenti pochi centimetri;

Arenarie, spesso micacee, generalmente fini o finissime, a cemento argilloso e calcareo, di colori grigio-biancastro e grigio-bruno, talvolta arrossato per alterazione; costituiscono strati di potenza generalmente inferiore a 50cm, in qualche caso superiore a 1,50m;

Scisti marnosi, talora di tipo ardesiaco, altre volte micacei, lamellari e scagliosi, divisibili spesso in "placchette", con colore grigio-biancastro; formano strati di potenza variabile come già detto per gli argilloscisti neri;

Argilloscisti arenacei, talvolta arenaceo-micacei, distintamente brillanti, grossolanamente scistosi, con colori grigio, grigio-nero e brunastro; formano strati sottili.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



FOTO 1: sequenza litostratigrafica tipica dei Calcari di M. Antola sulla falesia sottostante il Cimitero di Sori

Al fine di quantificare la frequenza percentuale dei suddetti litotipi nell'ambito del territorio indagato, sono state condotte una serie di valutazioni e di misure su sezioni litostratigrafiche rappresentative.

Tali misurazioni sulle alternanze hanno confermato i dati di Abbate & Sagri (1967), dunque mediamente:

- 60-70% di marne e marne calcaree
- 10-20% di calcareniti
- 15-20% di argilliti

Gli stessi Autori riportano peraltro come queste percentuali possano variare localmente e come verso Nord le argilliti raggiungano il 60-70% dei litotipi.

Circa l'età dei Calcari di M.te Antola, per il rinvenimento di rari Inocerami e microfaune planctoniche a Globotruncana e Gumbelina, molti Autori definiscono il suo intervallo di

datazione al Turoniano-Maastrichtiano, con elevazione del tetto del Paleocene nei settori settentrionali, verso la Pianura Padana (Lanteaume et al., 1958), altri lo restringono tra il Campaniano superiore – Maastrichtiano ed il Paleocene inferiore (Gardin et al., 1994).

Come anticipato, la Formazione ha marcate caratteristiche di flysch, il cui accumulo è dovuto a torbide prevalentemente marnoso-calcaree depositatesi in facies distale: Sholle (1971) ipotizza che la deposizione sia avvenuta in ambiente di piana abissale, al di sotto del livello di compensazione dei carbonati per risedimentazione di fanghi calcarei pelagici.

Da un punto di vista sedimentologico, queste potenti torbiditi hanno granulometria generalmente fine e sono intercalate, alla base, a sottili strati di sedimenti terrigeni, non calcarei.

Le unità carbonatiche presentano una continua gradazione granulometrica ed un assortimento tessiturale anche dei depositi a granulometria più fine, mostrando lo sviluppo di strutture sedimentarie di tipo torbiditico (in accordo con gli intervalli della normale sequenza di Bouma) ed evidenziando dunque un singolo evento deposizionale.

Le frazioni più grossolane sono caratterizzate dalla presenza di granuli detritici terrigeni (principalmente quarzo, feldspati e chert) ed il passaggio verso l'alto alle frazioni più fini è marcato dalla diminuzione dei materiali clastici terrigeni e dalla presenza di abbondanti granuli carbonatici; la frazione legante è rappresentata da matrice fine, di composizione sia carbonatica che terrigena, e da cemento calcitico e/o dolomitico.

I termini arenacei a composizione terrigena sono generalmente rappresentati da arcose plagioclasiche e da subarcose, tessituralmente da submature ad immature; sono riscontrabili abbondanti frammenti di foraminiferi (Globotruncane e Globigerine), spicole di spugna, lamine di mica bianca (muscovite), aggregati glauconitici e clasti di dolomite detritica, modeste quantità di frammenti di argille ("clay chips"), intraclasti micritici e granuli di chert.

L'assetto strutturale generale dell'area è caratterizzato da pieghe con assi a direzione E-W alle quali si sovrappone una seconda fase plicativa con direzione da meridiana ad appenninica.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Analisi strutturali regionali (M. Marini, 1997) hanno riconosciuto tre fasi deformative principali:

- una prima fase che si esplica con pieghe isoclinali coricate, sinscistose, non cilindriche a geometria simile con direzione dell'asse mediamente E-W e vergenza Sud
- una seconda fase con pieghe approssimativamente cilindriche, con estesi fianchi rovesciati, alla quale si accompagnano crenulazioni (nei termini argillitici) e sistemi di frattura, a ventaglio divergente rispetto al piano assiale; la direzione dell'asse è meridiana (N-S)
- una terza fase, con pieghe cilindriche ad ampio raggio sul piano assiale verticale e sistemi di frattura subverticali

Nonostante il complesso assetto strutturale, la Formazione è caratterizzata da una "cristallinità dell'illite" che indica un grado metamorfico proprio di condizioni diagenetiche (Cortesogno & Accard, 1984).

Le giaciture degli strati lungo il tratto litoraneo tra Chiavari e Genova e nell'immediato entroterra, denunciano un generale coricamento verso l'asse della Valle Lavagna con immersione verso il mare; pur restando costante questa condizione generale, le direzioni nell'ambito locale sono abbastanza variabili da una zona all'altra e infatti, a margine della porzione di spiaggia compresa tra il promontorio su cui sorge il Cimitero di Sori a Ovest e Capo Pino a Est, le alte falesie denunciano giaciture di strato pseudorizzontali.

A larga scala, le locali eterogeneità giaciturali riscontrate sono motivate da sistemi di faglia di cui i principali così orientati:

- NS e NNE-SSW, direzione "appenninica"
- E-W, intersecante il precedente sistema e dunque più recente
- NW-SE

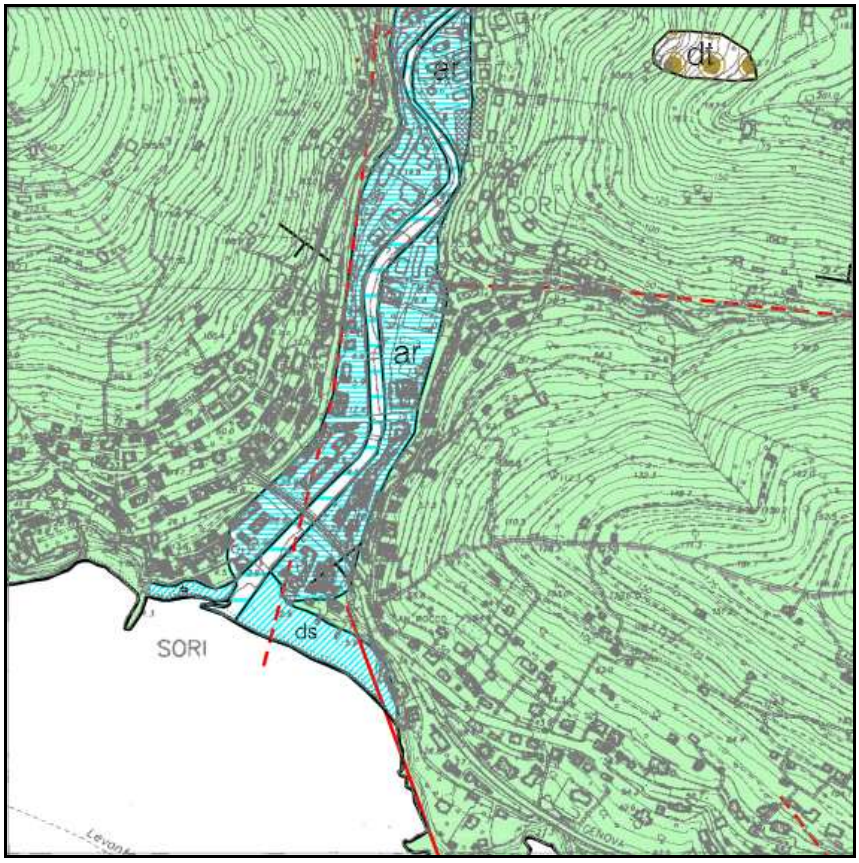
Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

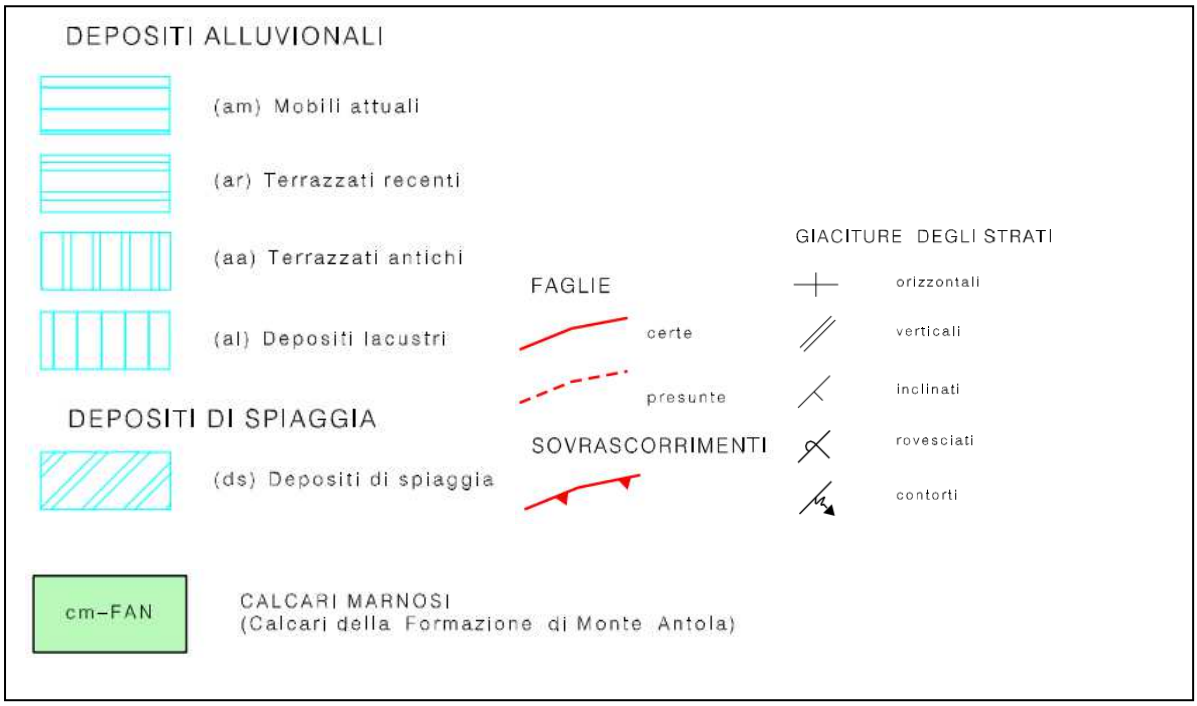
oltre che dal comportamento reologico dei vari litotipi, in quanto gli scisti argillosi e marnosi - per la loro natura - presentarono attitudini alla deformabilità più o meno spinta fino al modellamento per plasticità, attitudine contrastante con la rigidità dei calcari marnosi e delle arenarie.

La presenza di regolari e talora potenti intercalazioni argilloscistose e marnoscistose fra i banchi di calcare marnoso ed arenaria ha favorito dunque assai spesso, durante l'azione dei suddetti intensi ripiegamenti locali, la formazione di strutture disarmoniche e quindi il passaggio da deformazioni proprie del campo della plasticità (cui corrispondono vari tipi di pieghe), a deformazioni proprie del campo della rottura fragile (cui corrispondono gli innumerevoli tipi di fratture, in piccolo ed in grande, e le faglie già menzionate che hanno interessato tutta la Formazione in questo tratto di costa).

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza





Tav.1: Carta Geologica (Piano di bacino – Ambito 14)

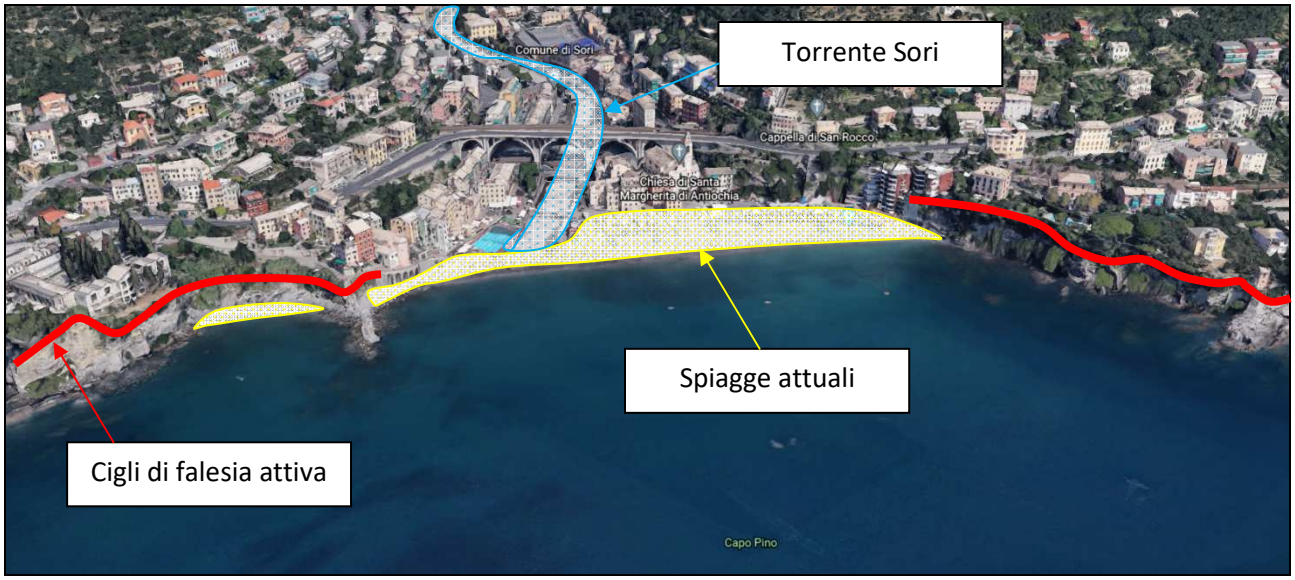


Fig. 1: Inquadramento del contesto (da foto satellitare Google Earth)

2. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Per tutte le ragioni anzidette nel capitolo precedente la Formazione dei Calcari di M.te Antola ha avuto una profonda influenza sugli aspetti geomorfologici della porzione di territorio compresa tra Genova e Chiavari.

Lungo la fascia costiera, da Boccadasse fino a Rapallo e Zoagli, la presenza continua dei calcari marnosi ha originato una morfologia a rilievi che raggiungono altezze medie sui 500-600m a brevi distanze dal mare, rilievi che sono separati da vallette incise da torrenti che assumono il nome dalle località sulle cui modeste spiagge vanno a sfociare (T. Sturla, T. di Nervi, T. Sori, T. di Recco); solo nei dintorni di S. Margherita L. e di Rapallo si sono formate piane alluvionali di una certa estensione, se raffrontate alle altre zone torrentizie.

Lungo le coste, quasi ovunque alte (in particolare le scogliere di Nervi, Bogliasco, Sori, Camogli), l'abrasione marina ha posto in particolare evidenza gli strati a composizione prevalentemente calcarea e/o arenacea.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Ad un litorale roccioso generalmente alto, con falesie da metriche a decametriche, che contrasta con le limitate spiagge attuali e con i terrazzi alluvionali retrostanti, nell'entroterra i versanti appaiono da mediamente a molto acclivi.

Il profilo costiero tra Genova e Chiavari è prevalentemente rettilineo, se si esclude l'accentuata sporgenza del Monte di Portofino, e la struttura morfologica appartiene al tipo delle coste alte e rocciose, spesso strapiombanti sul mare; l'evoluzione che si riscontra è tipicamente giovanile e quindi l'abrasione marina ne costituisce il fattore modellante principale.

In conseguenza della propria configurazione, la costa non può accogliere che poche e strette spiagge ciottolose poste o in piccole insenature alla foce dei modesti rivi od alla base di falesie continuamente smantellate dal mare.

Come riporta la bibliografia, *molte tipiche spiaggette del genovesato sono state create "ex novo" all'epoca della realizzazione della ferrovia utilizzando i materiali inerti risultanti dagli scavi; alcuni di questi greti ghiaiosi hanno potuto conservarsi nei punti più protetti dalle correnti e dalle mareggiate da Sud a Sud Ovest (Bogliasco, Sori, Recco), altri hanno avuto vita brevissima e sono scomparsi.*

In assenza di dati stratigrafici puntuali non è invece possibile interpretare le interferenze e le eventuali intergiditazioni (eteropie) tra i depositi quaternari fluviali e quelli di origine marina.

Un aspetto tuttavia evidente, messo in luce dalle batimetrie e dai rilievi granulometrici nelle spiagge sommerse, è la presenza sotto lo specchio acque antistante il centro cittadino di una pronunciata conoide originata dal trasporto solido del torrente Sori.

Le osservazioni compiute lungo il tratto terminale del corso d'acqua denunciano prevalenti granulometrie grossolane (ghiaia e ciottoli) e omogeneità litologica coerente con la geologia del bacino a monte (Calcari di M.te Antola).

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



FOTO 2: il greto del torrente Sori nel centro urbano del capoluogo

Tale condizione riflette non solo l'assetto geologico del comparto ma conseguentemente anche quello geomorfologico che propone fenomeni di dissesto - e dunque di alimentazione al trasporto solido - prevalentemente originati (ora o in passato) da erosioni di fondo e crolli e, più in generale dislocazione di placche rocciose dai versanti piuttosto che cinematismi su materiali sciolti, questi ultimi limitati alla mobilitazione dei sottili manti eluvio-colluviali a declivio naturale o riprofilati a terrazzamenti nei secoli scorsi dall'uomo nell'ambito del recupero agricolo del territorio.

Lo stralcio cartografico allegato testimonia la prevalenza del materiale grossolano - più stabile - sulla spiaggia e in prossimità della falesia mentre i fondali avanzati denunciano la quasi esclusiva presenza di sabbia.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

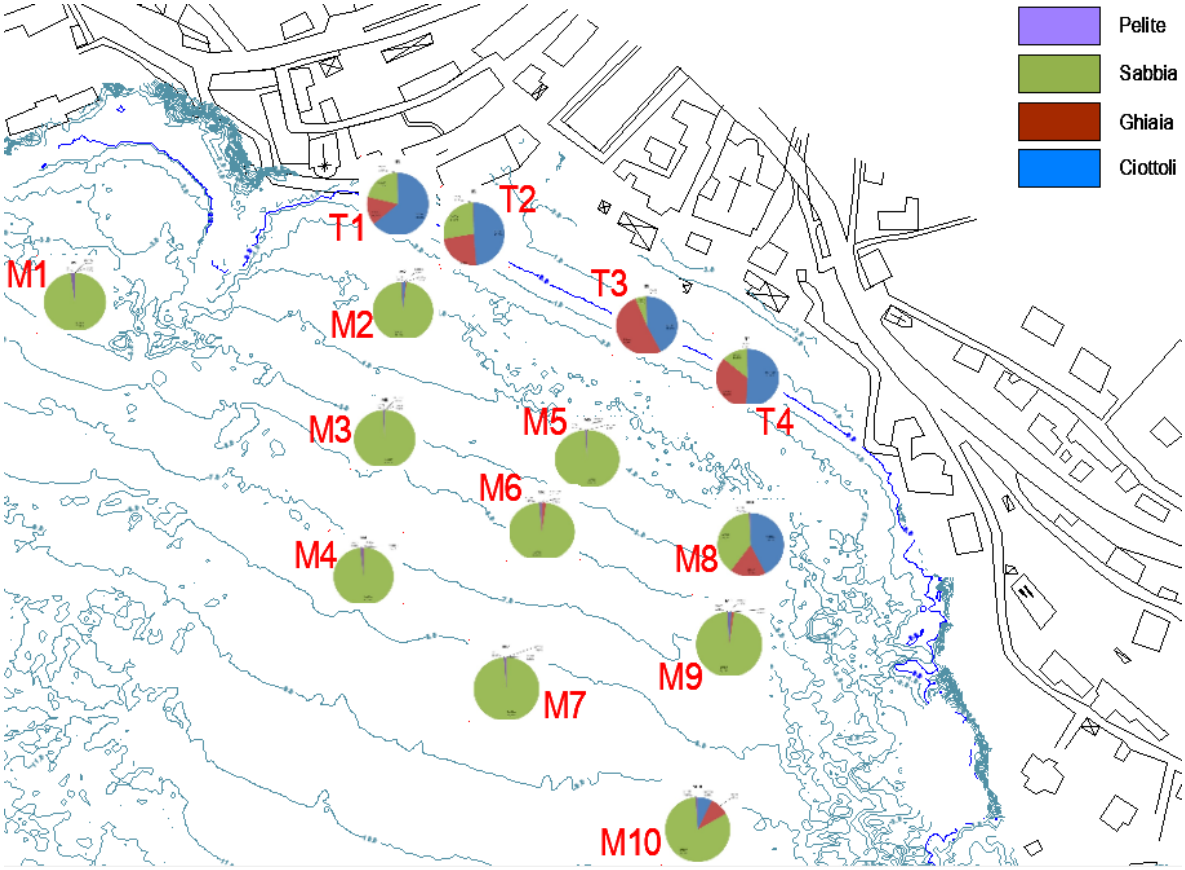


FIG. 2: Stralcio di Tav. 4

Ciò può essere interpretato come instabilità globale della spiaggia tradotto in un fenomeno selettivo con trasporto della frazione fine (naturale o conseguente ai ripascimenti) verso le batimetrie più profonde e conservazione della frazione più grossolana originaria sulla spiaggia emersa.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza



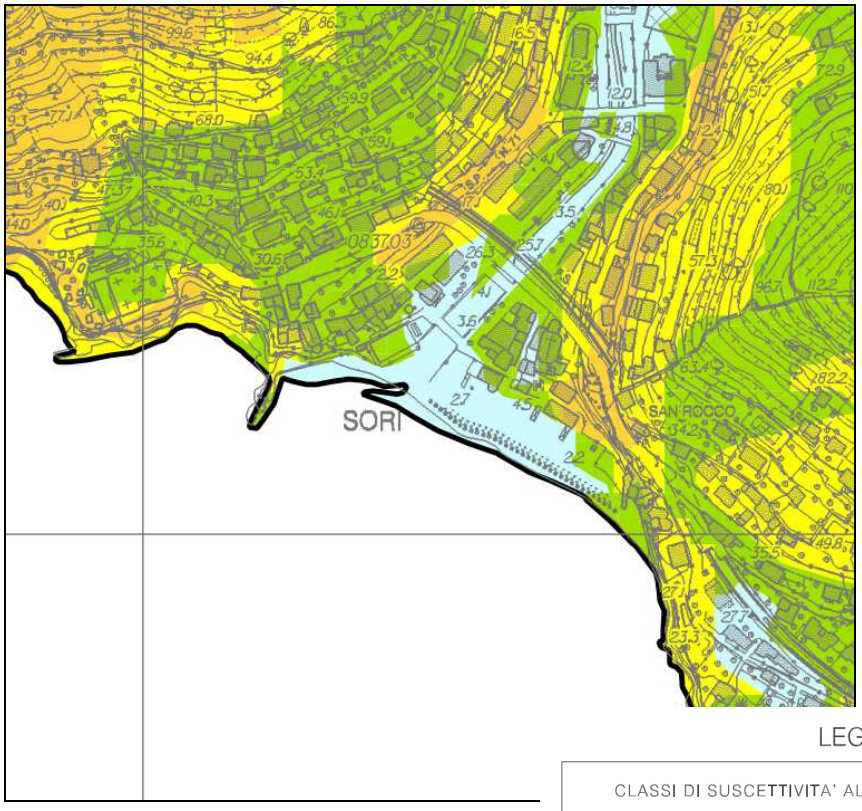
FOTO 3: la spiaggia emersa di Sori

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il tratto costiero di studio è sottoposto alla disciplina normativa del Piano di Bacino - Ambito 14 di cui si allegano di seguito alcuni stralci significativi degli aspetti di competenza; per completezza di analisi si riporta inoltre uno stralcio della cartografia relativa al reticolo Idrografico Regionale.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

TAV. 2A: CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO: il settore è classificato a suscettività al dissesto da molto bassa(Pg0) a media (Pg2)

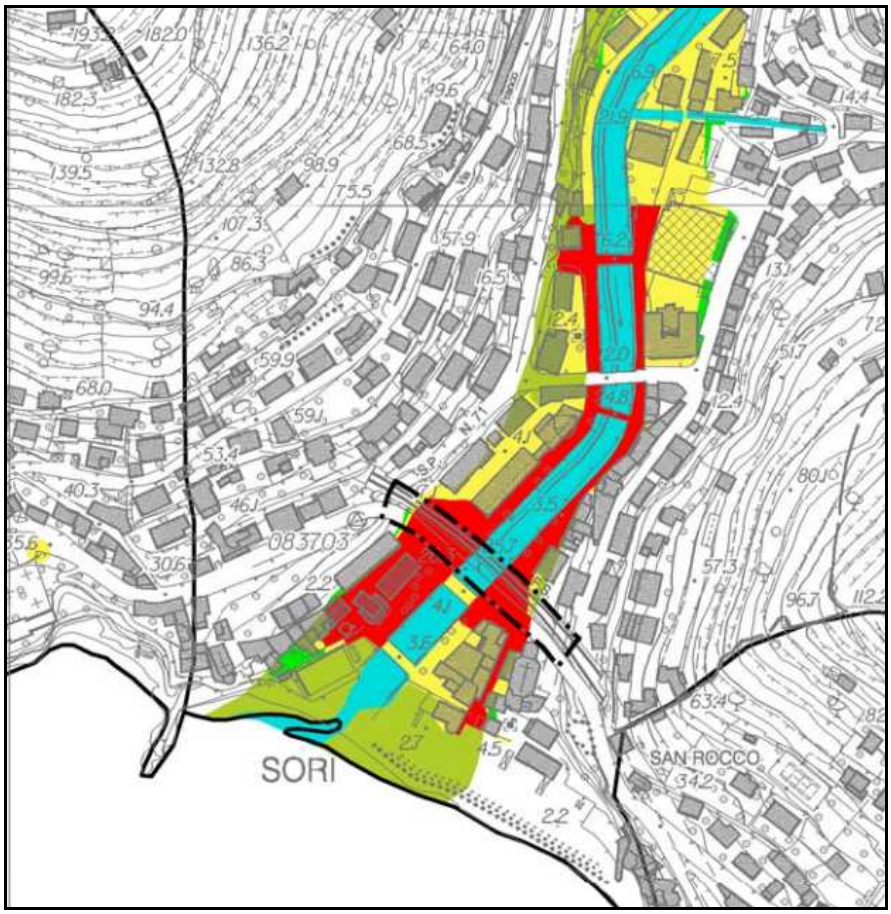


LEGENDA

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO		NORME DI ATTUAZIONE
MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 16, c. 2
ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3
ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3-ter
MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4
BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4
MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

TAV. 2B: CARTA DELLE AREE INONDABILI: la porzione di spiaggia limitrofa al torrente Sori ricade in Fascia C – aree storicamente inondate in tratti indagati

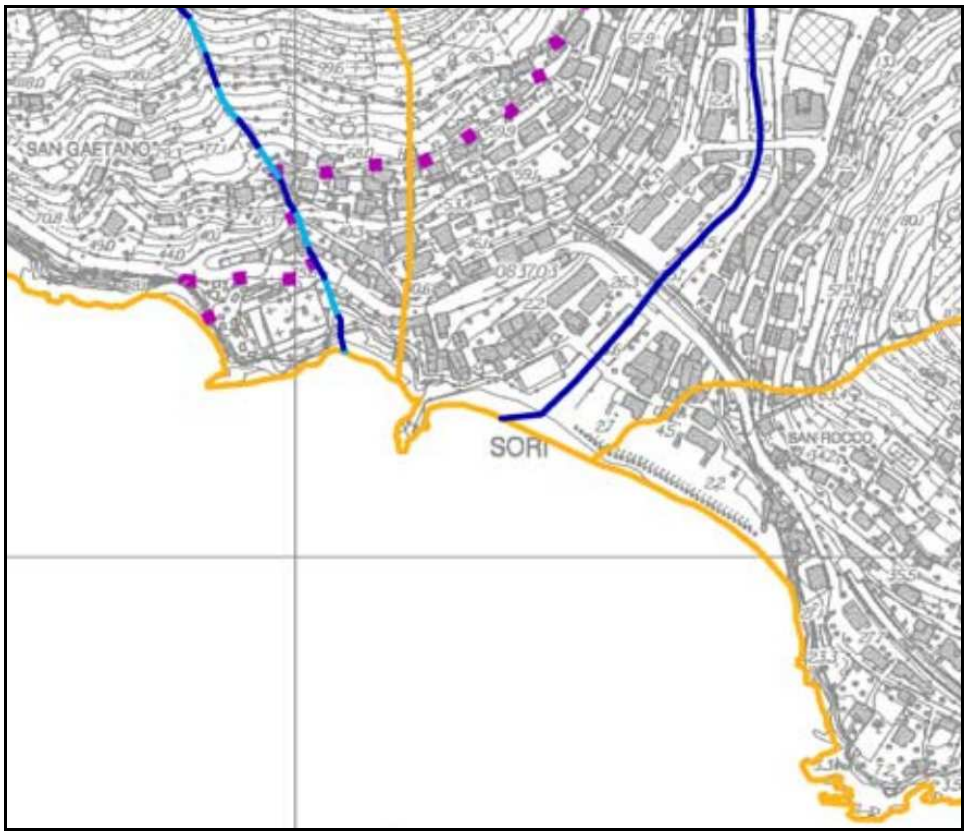


LEGENDA

	Face fluviali:	Norme di attuazione:
	Fascia A	Art. 15, c. 2
	Fascia A*	Art. 15, c. 4 bis
	Fascia B	Art. 15, c. 3
	Fascia B* (Aree storicamente inondate in tratti non indagati o con indagini insufficienti)	Art. 15, c. 4 bis
	Fascia C	Art. 15, c. 4
	Fascia C (Aree storicamente inondate in tratti indagati)	Art. 15, c. 4
	Fascia C (Aree ex inondabili)	Art. 15, c. 4
	Alveo: a cielo aperto tombinato	Art. 13

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

TAV. 2C: CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE: nell'area di studio sfociano il torrente Sori e un rivo minore che corre tombinato in fregio al cimitero cittadino



Legenda

Reticolo idrografico

- a cielo aperto
- tombinato
- scolmatore/opera idraulica
- Rete di drenaggio urbano
- Confini comunali
- Bacini idrografici

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

4. CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI

Al fine di caratterizzare sotto il profilo sedimentologico i materiali costituenti la spiaggia emersa e quella sommersa, sono stati prelevati n° 14 campioni da sottoporre ad analisi granulometriche di laboratorio dei quali n° 4 rappresentativi della spiaggia emersa (T1-T2-T3-T4).

Su tali campioni, oltre la determinazione della curva granulometrica, sono stati calcolati i parametrici statistici secondo il Protocollo ARPAL Criteri Ripascimento L.R. 13-1999.

Come noto, per la determinazione della distribuzione granulometrica di un sedimento, si ricorre alla separazione mediante setacciatura avente maglia decrescente al fine di separare e quantificare le diverse frazioni granulometriche. Queste, espresse percentualmente (%) rispetto all'intero campione analizzato, consentono di visualizzare quanto materiale è passato (passante) o è trattenuto (trattenuto) da ogni staccio.

La classificazione di riferimento è la Udden Wentworth (1922).

I parametri statistici determinati sono i seguenti, determinati mediante l'applicazione delle note relazioni di Folk & Ward:

- Diametro medio (in phi e in mm) : $\frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$

che rappresenta il valore medio della dimensione dei granuli (media aritmetica), corrispondente alla parte centrale della curva di frequenza.

- Mediana $\mathbf{D_{50}}$

che rappresenta il 50° percentile (ϕ 50), ovvero il punto che separa geometricamente a metà la distribuzione dei granuli (dimensione granulometrica corrispondente al 50% dell'intera popolazione)

- Classazione (sorting o deviazione standard σ) $$\sigma = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_{5}}{6.6}$$

che misura il classamento del sedimento, ovvero l'ampiezza della distribuzione granulometrica (grado di dispersione o variabilità dei singoli granuli dalla dimensione media).

E' un parametro molto importante poiché indica il grado di elaborazione a cui è stato sottoposto il sedimento, cioè la capacità selettiva o "classatrice" del mezzo di trasporto. Sedimenti ben cerniti (o classati) sono costituiti da poche classi granulometriche, distribuite attorno a quella modale; quelli scarsamente selezionati (cattiva classazione) mostrano invece granulometrie distribuite in un ampio campo dimensionale.

- Skewness (asimmetria) : $$Sk = \frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{95} + \phi_{5} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_{5})}$$

che esprime lo scostamento di una distribuzione granulometrica dalla simmetria, cioè lo spostamento del valore della media rispetto a quello della mediana. Curve asimmetriche suggeriscono una prevalenza, un eccesso di componenti fini o grossolani, rispetto alla moda che la classe dimensionale più rappresentata nel campione, cioè quella di massima frequenza.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Scala Udden-Wentworth

Diametro delle particelle in ϕ	Diametro delle particelle in mm	Definizione		
	> 256	Masso	Boulder	Rudite
256-	128	Ciottolo molto grossolano	Cobble	
128-	64	Ciottolo grossolano	Cobble	
64-	32	Ciottolo medio-grossolano	Pebble	
32-	16	Ciottolo medio	Pebble	
16-	8	Ciottolo medio-fine	Pebble	
8-	4	Ciottolo fine	Pebble	
4-	2	Granulo	Granule	Arenite
2-	1	Sabbia molto grossolana	Very coarse sand	
1-	½	Sabbia grossolana	Coarse sand	
½-	¼	Sabbia media	Medium sand	
¼-	1/8	Sabbia fine	Fine sand	
1/8-	1/16	Sabbia molto fine	Very fine sand	
1/16-	1/32	Silt grossolano	Coarse silt	Pelite
1/32-	1/64	Silt medio	Medium silt	
1/64-	1/128	Silt fine	Fine silt	
1/128-	1/256	Silt molto fine	Very fine silt	
	<1/256	Argilla	Clay	

Tab.4.1: tabella di riferimento classificazione di Udden – Wentworth

I risultati ottenuti vengono proposti sinteticamente nella seguente tabella:

Campione	T1	T2	T3	T4	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Ciottoli	64.09	48.73	42.50	50.78	0.00	1.42	0.14	0.00	0.00	0.11	0.00	42.68	1.02	7.22
Ghiaia (%)	14.56	23.60	51.38	35.63	0.00	0.42	0.02	0.19	0.04	2.02	0.06	17.42	1.34	9.55
Sabbia (%)	21.15	27.27	5.85	13.35	97.78	97.22	98.92	98.00	98.95	96.59	98.63	39.17	96.73	82.24
Pelite(%)	0.20	0.40	0.27	0.24	2.22	0.94	0.92	1.81	1.01	1.28	1.31	0.73	0.91	0.99
Descrizione	Ciottoli sabbiosi	Ciottoli sabbiosi con ghiaia	Ghiaia ciottolosa	Ciottoli ghiaiosi con sabbia	Sabbia fine poco gradata	Sabbia poco gradata	Sabbia poco gradata	Sabbia medio-fine	Sabbia medio-fine poco gradata	Sabbia gradata	Sabbia medio-fine poco gradata	Ciottoli sabbiosi con ghiaia	Sabbia gradata	Sabbia con ghiaia e ciottoli
D_{50} mm	8	4	4	4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.8	0.2	3	0.5	0.9
Diametro medio ϕ	-2.68	-2.31	-2.05	-2.04	2.68	2.24	1.92	1.68	1.77	0.43	2.64	-2.02	0.93	0.12
Diametro medio mm	7.82	7.24	4.16	4.26	0.16	0.19	0.27	0.33	0.29	0.80	0.16	6.39	0.53	0.97
Classazione	1.75	1.97	0.90	1.04	0.71	0.80	0.83	1.21	0.74	1.15	0.77	2.01	0.91	1.35
Skewness	0.30	-0.18	-0.29	-0.03	0.13	-0.11	0.02	0.07	0.05	0.26	0.06	-0.16	0.03	-0.14
Classificazione Classazione	Mal classato	Mal classato	Mod classato	Mal classato	Mod. classato	Mod. classato	Mod. classato	Mal classato	Mod classato	Mal classato	Mod classato	Molto mal classato	Mod classato	Mal classato
Classificazione Skewness	Asimmetrico pos	Asimmetrico neg	asimmetrico neg	simmetrico	asimmetrico pos	asimmetrico neg	simmetrico	simmetrico	simmetrico	asimmetrico pos	simmetrico	asimmetrico neg	simmetrico	asimmetrico neg

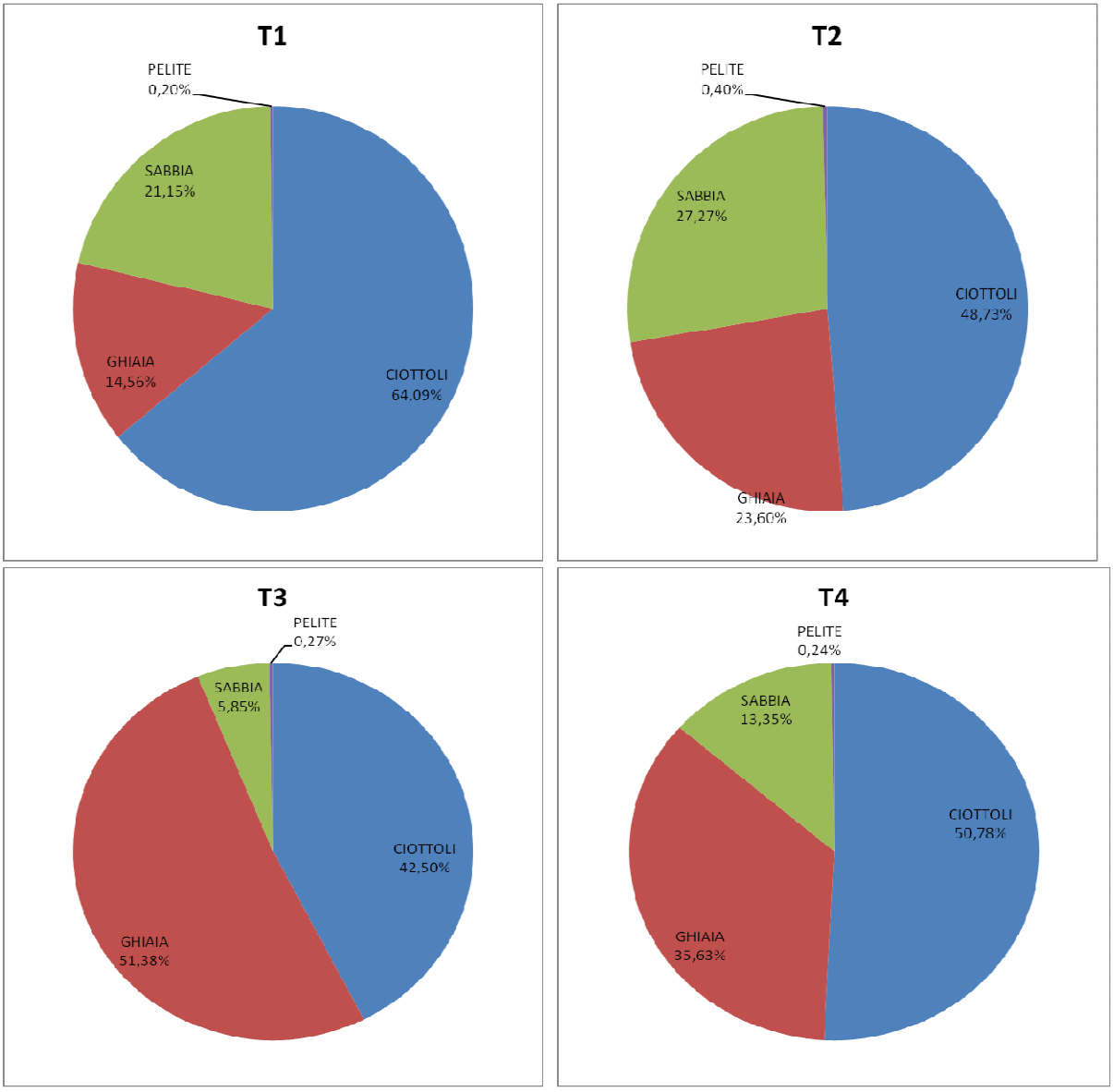
Tab. 4.2

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

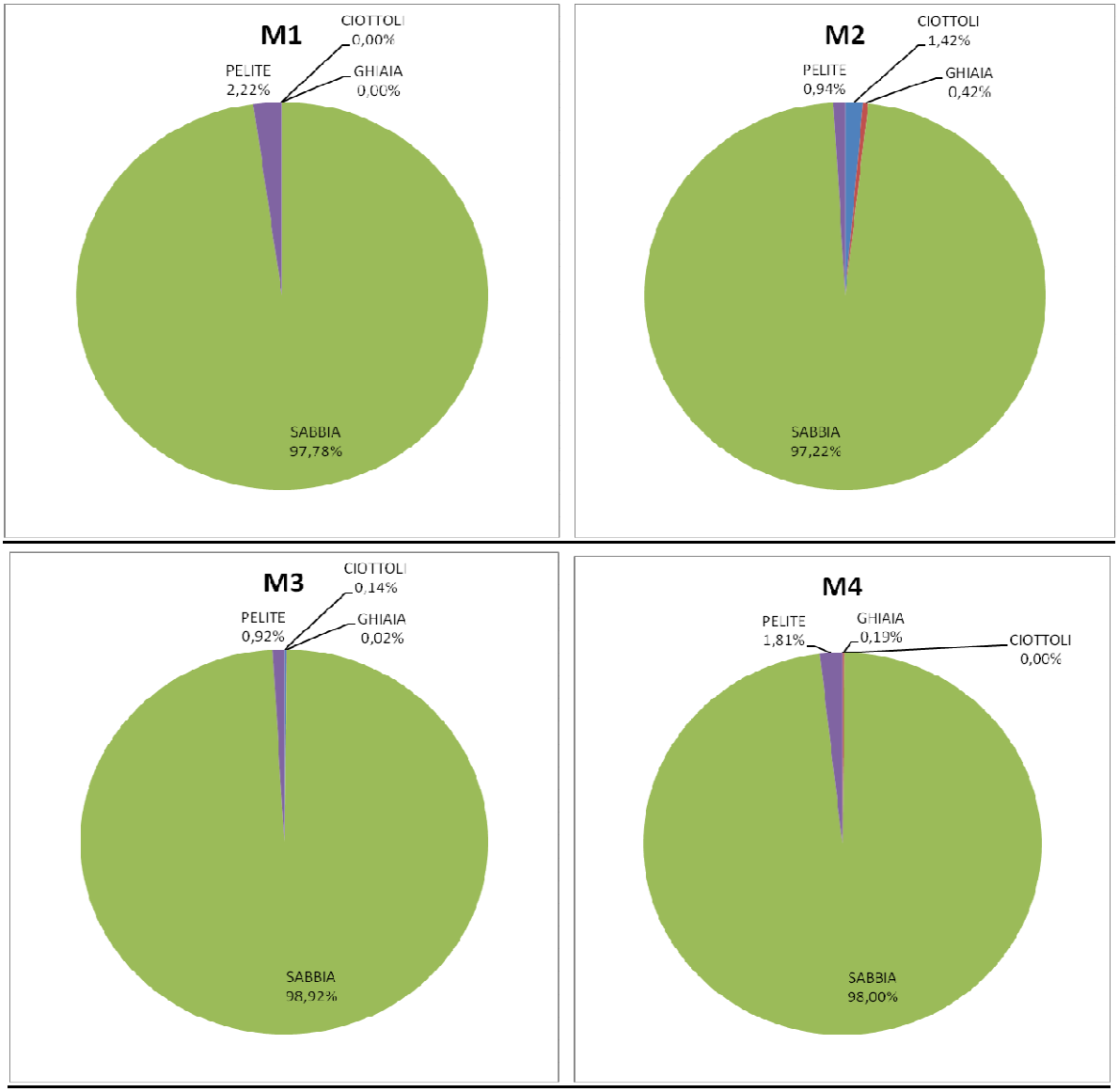
Al fine di facilitare la lettura dei dati si riporta la composizione granulometrica dei campioni sotto forma di grafico.

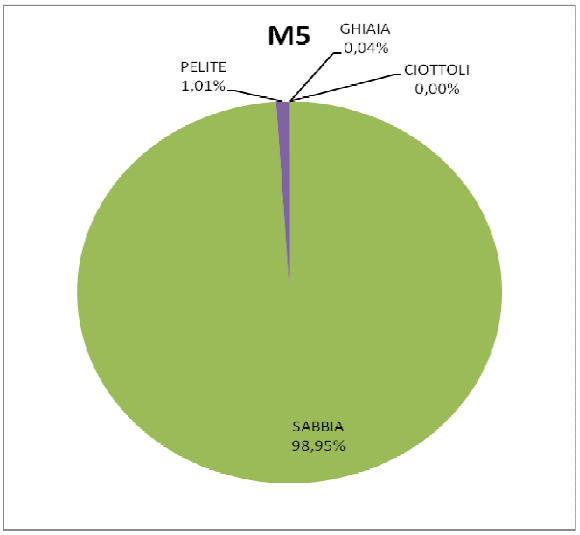
SPIAGGIA EMERSA

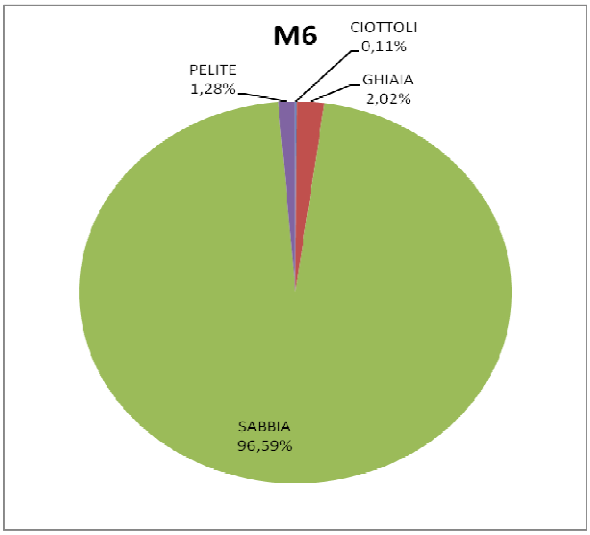


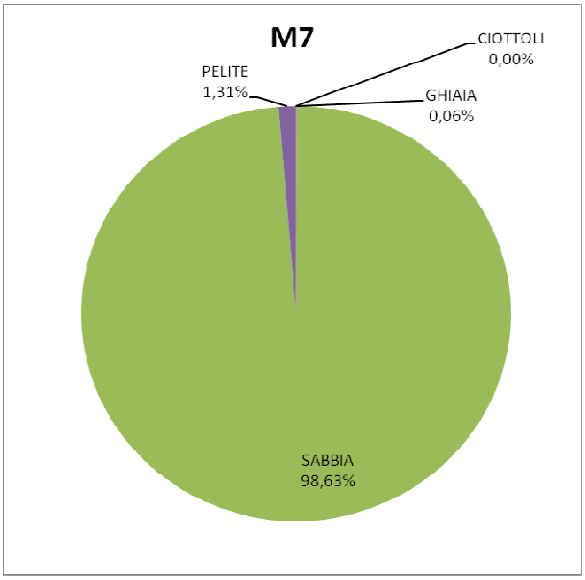
Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

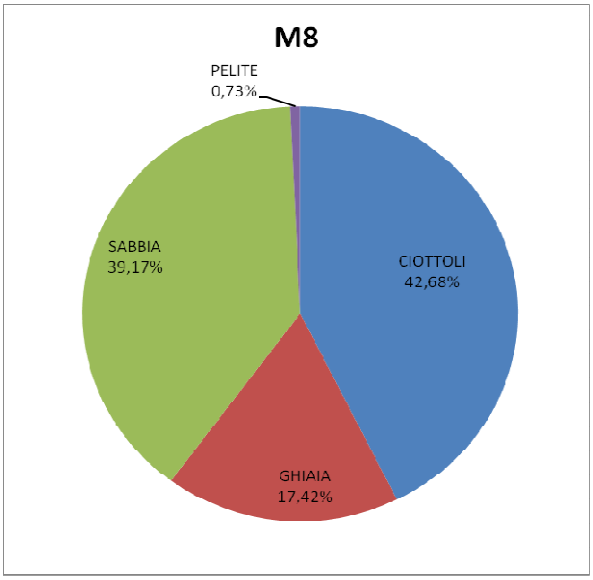
SPIAGGIA SOMMERSA











Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

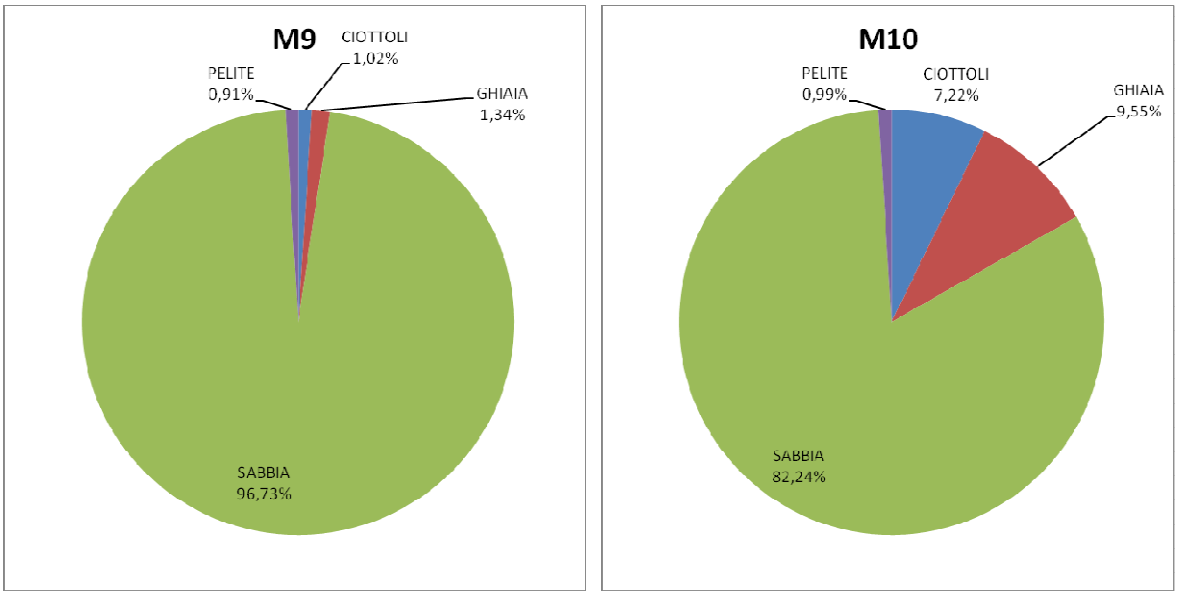


Fig. 4.1

La spiaggia emersa, per l'intero sviluppo indagato, è caratterizzata da una composizione granulometrica eterometrica, come già anticipato, con componente grossolana predominante.

I ciottoli sono la classe più rappresentata con percentuali comprese tra 42.50 e 64.09 %., a seguire la ghiaia con percentuali comprese tra 14.56 e 51.38%.

La sabbia risulta subordinata con percentuali variabili tra 5.85 e 27.27%,.

La frazione pelitica può essere considerata assente in quanto la percentuale massima riscontrata è pari 0.40%.

Complessivamente si può affermare che la spiaggia emersa, sotto il profilo granulometrico, presenta caratteristiche omogenee, unica scostamento si riscontra in T3 che è caratterizzato da una maggior componente ghiaiosa a discapito di quella sabbiosa.

Il diametro medio presenta valori compresi tra 4.16 e 7.82mm (ciottoli) e d50 compreso tra 4 e 8mm (ciottoli).

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Anche per la spiaggia sommersa si può ragionevolmente affermare che i sedimenti presentano caratteristiche omogenee sotto il profilo granulometrico, ad eccezione del campione M8 (in prossimità del piede della falesia).

La frazione più rappresentata è quella sabbiosa con percentuale variabili tra 82.24 e 98.95%.

I ciottoli sono quasi sempre assenti, con percentuali sempre intorno o inferiori a 1% tranne che in M10 dove è pari a 7.22%. Anche la ghiaia risulta poco rappresentata con percentuali variabili da 0 a 9,55% mentre la pelite è quasi assente con percentuali comprese tra 0.91 e 2.22%.

Unica eccezione a tale andamento si riscontra nel campione M8, costituito da ciottoli (42.68%) e sabbia (39.17%) con ghiaia (17.42%.): come detto tali caratteristiche sono probabilmente da imputare alla prossimità con la falesia e quindi all'aumento di elementi grossolani derivanti dalla detrizione della stessa.

Sulla spiaggia sommersa il diametro medio è inferiore a 1mm con valori compresi tra 0.16 e 0.97mm (sabbia) e d50 compreso tra 0.2 e 0.9mm (sabbia).

Per quanto concerne il grado di classazione si fa riferimento alla seguente tabella:

CLASSIFICAZIONE	CLASSAZIONE σ
MOLTO BEN CLASSATO	0-0.35
BEN CLASSATO	0.35-0.50
MODERATAMENTE CLASSATO	0.50 – 1.00
MAL CLASSATO	1.00 – 2.00
MOLTO MAL CLASSATO	2.00 – 4.00
ESTREMAMENTE MAL CLASSATO	>4.00

Tab.4.3: FOLK & WARD

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

Per la spiaggia emersa i valori di classazione sono compresi tra 0.90 e 1.97 a testimonianza di una mal classazione dei sedimenti.

Sempre in merito a tale parametro la spiaggia sommersa presenta due classi di valori: la prima tra 0.71 e 0.91 che determinano un grado di classazione moderato, la seconda (campioni M4 – M6 – M8 – M10) presenta valori compresi tra 1.15 e 2.01 caratteristici di un sedimento mal classato.

Per quanto concerne la Skewness si specifica che questo parametro è correlabile con le oscillazioni dell'energia del mezzo di trasporto che alterano la teorica log-normalità della distribuzione granulometrica del sedimento; se le variazioni hanno come tendenza un aumento dell'energia si ha una troncatura nelle classi più fini (quanto dovrebbe essere depositato viene invece asportato), il contrario se la tendenza è in diminuzione (si deposita quanto dovrebbe essere allontanato).

Questo parametro fornisce dunque notizie sulla natura di un accumulo, in genere hanno la coda più grossolana (Sk1<0) i sedimenti residuali mentre una asimmetria negativa e una medio-elevata sono indice di tendenza all'erosione.

Sulla base di tali valori il sedimento può essere definito secondo la tabella seguente:

CLASSIFICAZIONE	Sk
asimmetrico molto negativo	-1.00- -0.30
asimmetrico negativo	-0.30 - -0.10
simmetrico	-0.10 – 0.10
asimmetrico positivo	0.10 – 0.30
asimmetrico molto positivo	0.30 – 1.00

Tab.4.4: FOLK & WARD

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

I campioni rappresentativi della spiaggia emersa presentano valori di Sk molto eterogenei: si passa da sedimenti con asimmetrie negative a positive a simmetrici.

I sedimenti sommersi tendenzialmente mostrano una classificazione di tipo simmetrico.

In subordine troviamo asimmetrie di tipo negativo, M2-M8-M10 (spostamento della curva verso le classi a granulometria maggiore).

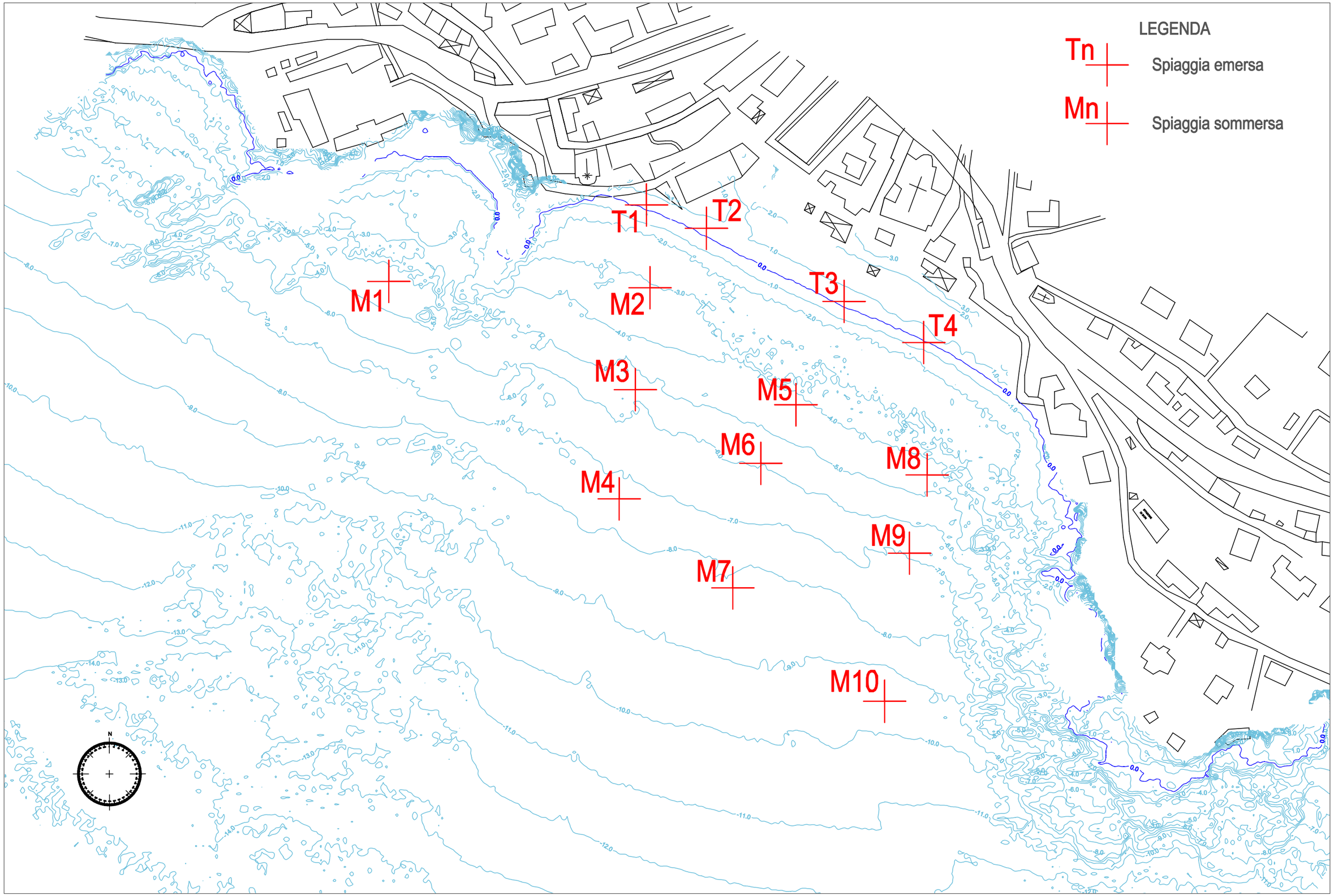
I campioni M1 e M6 sono gli unici caratterizzati da asimmetrie positive.

Si può in conclusione affermare che la tendenza erosiva si manifesta maggiormente nel settore orientale della baia.

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

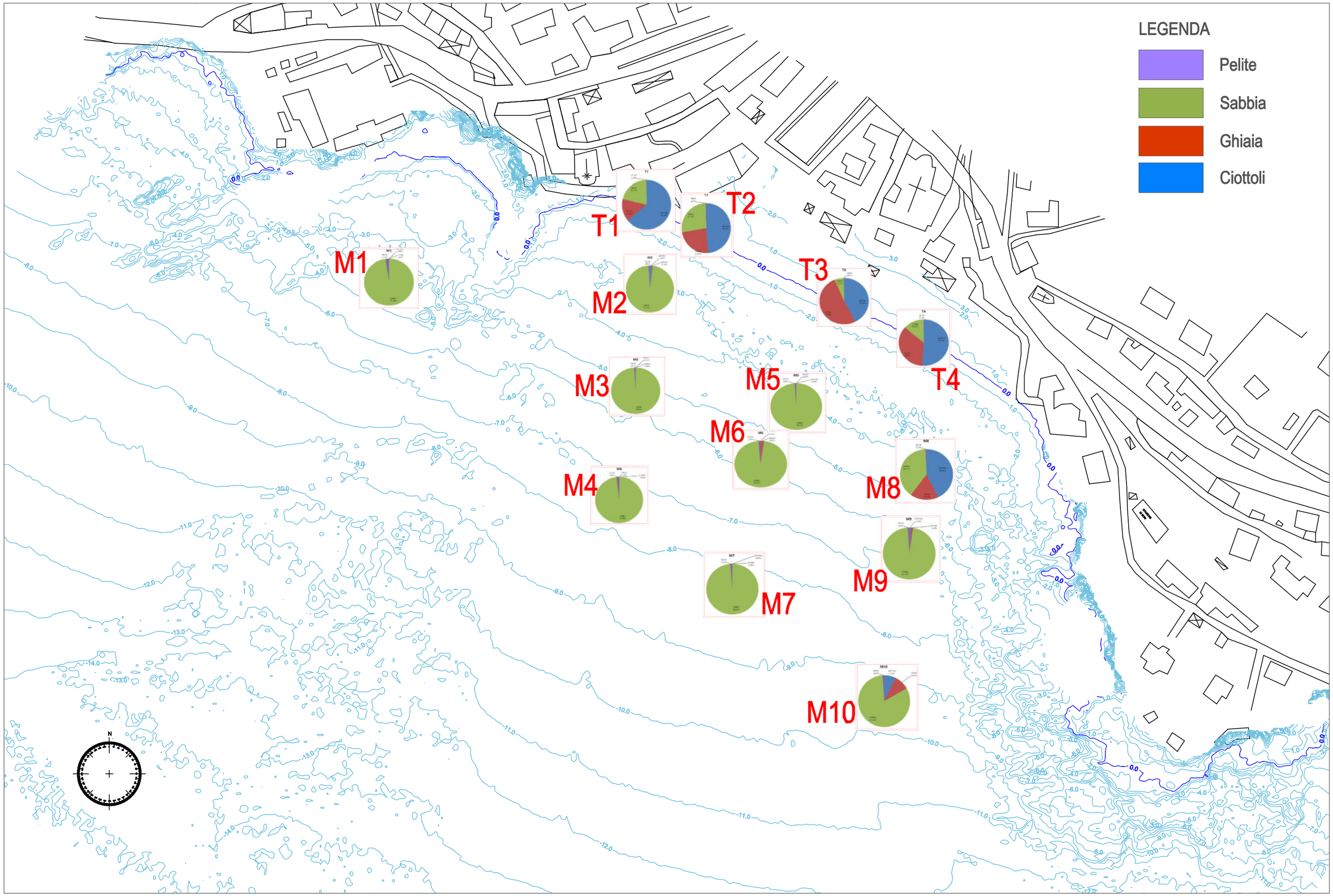
Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

TAV. 3: UBICAZIONE DELLE POSTAZIONI DI PRELIEVO - 1:2.000



Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

TAV. 4: DISTRIBUZIONI GRANULOMETRICHE DEI SEDIMENTI NELLE POSTAZIONI DI PRELIEVO - 1:2.000



Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

N.	Indicazione dei lavori e delle provviste	u. di mis.	Quantità	Importo lavori [Euro]
1	Salpamento di massi naturali o artificiali fino alla profondita' di 15 m dal l.m.m., esclusa l'opera del palombaro, compreso il trasporto a Salpamento dei massi della scogliera sommersa esistente e riposizionamento per la formazione della nuova scogliera al piede del ripascimento	t	4 340.00	111 000.00
2	Provvista e posa in opera di massi naturali di TERZA CATEGORIA, da 3001 a 7000 Kg, provenienti direttamente dalle cave dell'alto Piemonte, resi nella CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA, verificabili da documenti di trasporto, pesati su autocarro e POSATI A MEZZO NATANTE, per quantitativi giornalieri non inferiori a 300 t, pennello di ponente (30% dei quantitativi) scogliera al piede del ripascimento pennello di levante (30% dei quantitativi)		1 521.00 1 630.00 2 208.00	
	SOMMANO:	t	5 359.00	354 000.00
3	Provvista e posa in opera di massi naturali di QUARTA CATEGORIA, oltre 7000 Kg, provenienti direttamente dalle cave dell'alto Piemonte, verificabili da documenti di trasporto, resi nella CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA, pesati su autocarro e POSATI A MEZZO NATANTE, per quantitativi giornalieri non inferiori a 300 t, pennello di ponente (70% dei quantitativi) scogliera al piede del ripascimento pennello di levante (70% dei quantitativi)		3 549.00 - 5 152.00	
	SOMMANO:	t	8 701.00	575 000.00
4	Sovrapprezzo agli articoli 85.D10.D10.114/122/160/161/162/163/180/181/182/183 per ogni miglio in più (oltre le tre miglia) di percorrenza dal punto di carico sino al punto di scarico. Tot 14 miglia nautiche da Porto di Genova (ponente) a Sori	t	154 660.00	269 000.00
5	Provvista e posa in opera di ghiaia/pietrisco di cava/frantoio di granulometria selezionata (pezzatura indicativa 2/6 6/12 12/20 20/50 mm) per ripascimento spiaggie pesato su autocarro e versato/steso quantitativi per ripascimento :	mc	29 770.00	976 000.00
6	Provvista e posa in opera di pietrame di cava da 5 a 50 kg per formazione scanni d'imbasamento VERSATO DA NATANTE , pesato scanno di imbasamento del nuovo molo a ponente :	t	180.00	5 000.00
7	Perforazione subacquea, eseguita con martello scalpello perforatore pneumatico, esecuzione di fori orizzontali/verticali/inclinati, del diametro fino a 30 mm, compreso l'intasamento con resina del tipo HILTI HIT-RE 500 o analoghe , compreso l'inserimento di barre metalliche, esclusa la sola fornitura delle stesse compensate a parte; perforazioni per collegamento nuovo molo a struttura esistente: n. 30 perforazioni * 50 cm cad	ml	15.00	2 000.00
8	Casseformi metalliche subacquee compresa posa in opera e rimozione a lavori ultimati, fissate alla parete con tiranti posti in opera mediante foratura con fioretto, sigillate e preparate in modo da poter eseguire il getto subacqueo di calcestruzzo. casseforme prolungamento molo	mq	173.50	42 000.00

Comune di Sori Prot. n. 0007057 del 27-05-2021 in partenza

N.	Indicazione dei lavori e delle provviste	u. di mis.	Quantità	Importo lavori [Euro]
9	Provvista e posa in opera di calcestruzzo subacqueo, classe di esposizione XS2, classe di resistenza Rck 45, escluse le casseforme e l'acciaio di orditura, gettato via mare. Inclusi oneri per trasporto via mare e pompaggio. prolungamento molo	mc	352.50	181 000.00
10	Acciaio B450C per opere marittime - acciaio per armatura molo in calcestruzzo (40 kg/mc)	Kg	14 100.00	
	- ancoraggi nuovo blocco a struttura esistente D 24 mm (3.55 kg/m): 30*1.50 m *3.55 kg/m	Kg	159.75	
	SOMMANO:	Kg	14 259.75	26 000.00
11	Sommozzatore (compresa la necessaria attrezzatura) supporto alle operazioni di preparazione piano di posa del molo, posa dei materiali per i pennelli	ora	50.00	3 000.00
12	Noleggio di escavatore del peso oltre 20 t fino a 30 t sistemazioni locali di finitura della spiaggia, ausilio e supporto per salpamento massi della scogliera sommersa	ora	50.00	5 000.00
13	Noleggio di pontone stabilizzato con gru da 80 t (portata in coperta 600 t) sistemazioni locali di massi fuori sagoma, eventuali operazioni locali su opere esistenti	ora	30.00	19 000.00
14	Noleggio di rimorchiatore oltre 300 fino a 600 CV sistemazioni locali di massi fuori sagoma, eventuali operazioni locali su opere esistenti	ora	30.00	14 000.00
15	Importo a corpo per attrezzamento aree di cantiere arenile, compreso noleggio di baracca di cantiere dotata di WC (1 per ogni area di cantiere) e di locale igienico di tipo chimico e baracca per locale mensa (1+1 per area di cantiere arenile), p.p.o. quadro elettrico di cantiere presso aree di lavoro a terra arenile, p.p.o. segnalazioni a terra (recizioni, cartelli di segnalazione, ecc...) presso tratto di arenile oggetto di intervento e di passeggiata pedonale pubblica in corrisponedenza delle aree di lavoro/accessi al cantiere. Compresi oneri per protezione condotte a mare esistenti. Comprese predisposizioni rampe di accesso alla spiaggia, formazione piste di cantiere sulla spiaggia e mantenimento delle stesse durante il periodo di lavoro stimato in 180 giorni. a corpo per la durata del cantiere	ac	1.00	1 000.00
	Importo lavori (a):			2 583 000.00
	Importo oneri per la sicurezza (c):			47 000.00
	Importo complessivo dei lavori (d) = (a) + (c)			**2 630 000.00**