COMUNE DI ARENZANO (GE)

Progetto:

STATO DI CRITICITA' E DI DISSESTO IDROGEOLOGICO DEL PIEDE DELVERSANTE SOTTOSTANTE I FABBRICATI SITI IN VIA DELLA COSTA civv. 6A-6B-6C-6D NEL COMPLESSO DELLA PINETA DI ARENZANO

Progetto definitivo di messa in sicurezza idraulico-marittima e idrogeologica

Titolo:

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Progettista:

Dott. Ing. PAOLO NOCE

Via Antonio Cecchi 9/15B – 16129 Genova
Cell. 329.9273739
e-mail ing.paolonoce@gmail.com

Committente:

PROPRIETARI degli IMMOBILI
Via della Costa civv. 6B-6C-6D
16011 – Arenzano (GE)

NCT Fg. 25 Mapp 2817-2818-2819-2820

Timbro e firma:



Codice commessa:

MA2103

scale:

–

revisioni:

–

Tavola n°

A

data:

Settembre 2022

E' vietata a norma di legge la riproduzione anche parziale non autorizzata di questo documento.

SOMMARIO

1 PREMESSA. 3

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA. 5

2.1 Aree del Demanio Marittimo. 6

2.2 Vincolo paesaggistico 7

2.3 Vincolo naturalistico-ambientale 8

2.4 Aspetti geologici e geomorfologici. 8

2.5 Vincolo archeologico. 9

3 SINTESI DELLE CRITICITA' E DEGLI INTERVENTI POSTI IN OPERA 9

4 STATO ATTUALE DEL SITO. 16

5 EVENTI METEOMARINI INTENSI DEL 2018-2019 21

6 STATO DEL LITORALE DOPO LE MAREGGIATE. 22

7 INTERVENTI DI DIFESA DEL LITORALE E DELLA SCARPATA. 26

7.1 Attività precedenti la progettazione. 26

7.2 Scopo del progetto. 27

7.3 Composizione del progetto 27

7.4 Opere di protezione al piede del versante sotto i civici 6B-6C 27

7.5 Sistemazione del terreno sotto i civici 6C-6D. 29

7.6 Stato della porzione medio-alta della scarpata. 31

8 ASPETTI IDRAULICO-MARITTIMI. 32

8.1 Indagine meteo-marina sul paraggio 32

8.2 Dimensionamento della scogliera....34

8.3 Stima della risalita dell'onda lungo la scogliera (run-up)....35

9 ASPETTI DELLA CANTIERIZZAZIONE....40

10 CONCLUSIONI....40

1 PREMESSA.

La presente relazione tecnica è redatta a corredo del progetto definitivo delle opere finalizzate alla messa in sicurezza di un tratto di costa alta sottostante il complesso residenziale della Pineta di Arenzano; in particolare la scarpata che digrada da via della Costa verso il mare, in sommità della quale sono presenti alcune costruzioni residenziali, è stata pesantemente interessata da recenti processi di erosione, dovuti in gran parte all'azione del moto ondoso.

In passato su questo tratto di costa sono già stati realizzati alcuni interventi di protezione al piede, (con scogliere di massi naturali), di stabilizzazione e rinforzo del versante (con palificate intirantate) e di consolidamento della coltre (con opere di ingegneria naturalistica).

Le mareggiate eccezionali dell'ottobre 2018 e del novembre 2019, alle quali si sono aggiunte precipitazioni molto intense alla fine di novembre 2019, hanno innescato nuovi fenomeni di erosione, demolendo in parte le difese preesistenti, risalendo sulla ripa sino ad interessare la porzione inferiore del versante e creando solchi di erosione lungo il versante.

E' oggi intenzione dei proprietari delle residenze di via della Costa civici 6B-6C-6D unirsi per porre in essere un intervento di maggiore impegno, che possa garantire una sicurezza definitiva del versante e delle proprie abitazioni, anche a fronte di eventi meteoclimatici particolarmente intensi e incisivi, ai quali – purtroppo – assistiamo sempre più frequentemente.

Si intende quindi con questo ulteriore intervento realizzare opere di salvaguardia robuste e massicce, che possano assicurare una durabilità adeguata, per contrastare i fenomeni di aggressione da parte del moto ondoso.

Preme specificare sin d'ora che la zona sulla quale si intende operare la maggior parte degli interventi si trova in area demaniale marittima: le opere progettate verranno realizzate pertanto su area pubblica. Il loro scopo è quello di proteggere sia la scarpata sottostante le abitazioni private, impedendo ulteriori fenomeni di erosione ed arretramento del piede sia - più in generale - la pubblica incolumità: in sommità della scarpata infatti passa la strada comunale via della Costa e alle spalle della scarpata, pochi metri sotto il terreno, è presente la ex linea ferroviaria, oggi trasformata in percorso pedonale e ciclabile di proprietà del Comune (Lungomare Fabrizio De Andrè).

Obiettivo del presente progetto è pertanto quello di presentare un quadro interventuale che interessi l'intero fronte, a partire dal lembo orientale della spiaggia di Marina Grande sino alla scogliera di Torretta Pallavicini.

Nella figura 1 seguente è riportato un estratto della Carta Tecnica Regionale con evidenziata l'area di intervento. La medesima area è rappresentata nella ortofoto della figura 2.

Nella figura 3 è visibile il tracciato della strada comunale (via della Costa) e del lungomare coperto (via Fabrizio De Andrè).

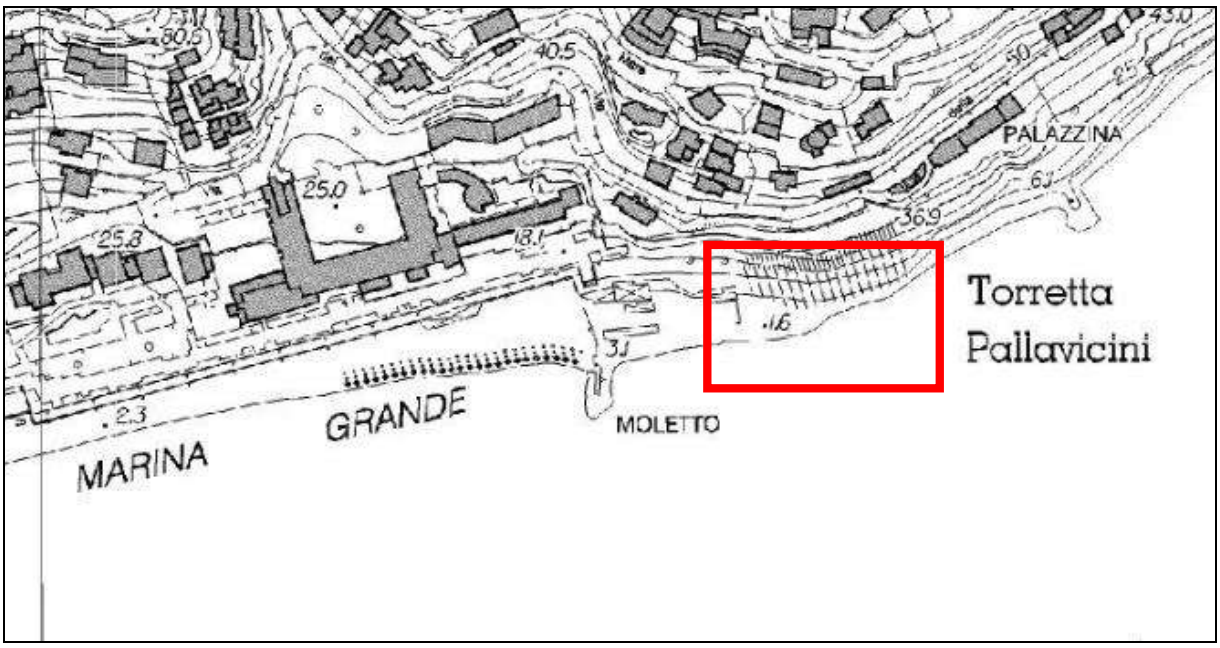


Figura 1 - CTR con area di intervento.



Figura 2 - Ortofoto con l'area di intervento.



Figura 3 – Mappa stradale con l'area di intervento.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA.

La zona di intervento si trova nella porzione meridionale del complesso della Pineta di Arenzano, al confine di levante della spiaggia di Marina Grande. La Carta tecnica regionale riporta il toponimo di "Torretta Pallavicini", dove comincia la costa alta su scogliera, che si raccorda al porticciolo di Arenzano.

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto di indagine è molto acclive e presenta una scarpata che digrada da via della Costa (a quota circa 30 m s.l.m.) sino al mare, con una pendenza che in alcuni tratti raggiunge il 100% (45°). Il versante è formato da sversamento di materiali a seguito di sbancamenti e scavi eseguiti in quota per realizzare le costruzioni abitative e i box auto lungo la viabilità comunale.



Figura 4 - Vista prospettica dell'area di intervento.

Al piede del versante si trovano porzioni di opere e manufatti realizzati per difendere il margine inferiore della scarpata dall'erosione del mare: muraglioni in calcestruzzo, blocchi di cemento e palificate.

2.1 Aree del Demanio Marittimo.

Le zone di intervento si trovano tutte interamente su aree di proprietà del Demanio marittimo (Fg. 25 - Mapp. 2415, 2418 del NCT del Comune di Arenzano).

I mappali di proprietà privata degli immobili di via della Costa sono i seguenti:

civ. 6A	civ. 6B	civ. 6C	civ. 6D
Fg. 25 Mapp. 2817	Fg. 25 Mapp. 2818	Fg. 25 Mapp. 2819	Fg. 25 Mapp. 2820

Tuttavia nessuno di tali lotti arriva sino al mare, ma confinano tutti con la Dividente demaniale che li separa dai mappali 128, 2415 e 2418 che appartengono al Demanio marittimo.

Le opere che verranno realizzate su tale ambito dovranno essere preventivamente autorizzate dal Comune di Arenzano, dall'Ufficio Demanio della Regione Liguria e dalla Agenzia del Demanio.



Figura 5 - Mappa toponomastica del sito sovrapposta ai limiti catastali.



Figura 6 - Ortofoto con sovrapposta la mappa catastale: la linea violetta indica la Dividente demaniale.

2.2

2.2 *Vincolo paesaggistico*

La zona è vincolata dal punto di vista paesaggistico in forza del Decreto Ministeriale del 19.06.1958 che ha dichiarato il "*notevole interesse pubblico della località Colletta sita nell'ambito del Comune di Arenzano*".



Figura 7 - Vincoli architettonici, archeologici e paesaggistici.

Occorre quindi acquisire la autorizzazione paesaggistica al progetto e corredare gli elaborati tecnici di una relazione paesaggistica.

Trattandosi di interventi di difesa della costa, in virtù del D.P.R. n. 31 del 13 febbraio 2017, (Regolamento recante individuazione degli interventi esclusi dall'autorizzazione paesaggistica o sottoposti a procedura autorizzatoria semplificata), è possibile redigere la relazione in forma semplificata.

Nell'Allegato B del citato DPR infatti sono elencati gli interventi soggetti a procedura semplificata. Al punto B.42 si citano:

interventi di ripascimento circoscritti di tratti di arenile in erosione, manutenzione di dune artificiali in funzione antierosiva, ripristino di opere di difesa esistenti sulla costa.

La **Relazione paesaggistica** è il documento B del progetto.

2.3 *Vincolo naturalistico-ambientale*

L'area marina antistante alla spiaggia di Marina Grande è infine ricompresa nella Zona Speciale di Conservazione (ZSC ex SIC) n. 1332477 "Fondali di Arenzano e Punta Invrea".

A corredo del progetto è stata predisposta quindi la **Relazione di incidenza** richiesta per interventi in prossimità di Zone Speciali di Conservazione (ZSC), ai sensi della Direttiva n. 92/43/CEE, e sulle Zone di Protezione Speciale (ZPS), in base alla Direttiva n. 79/409/CEE. Tale relazione è stata redatta dalle dott.sse biol. Marzia Riminucci e Barbara Pettinari. Ad essa si rimanda per ogni dettaglio.

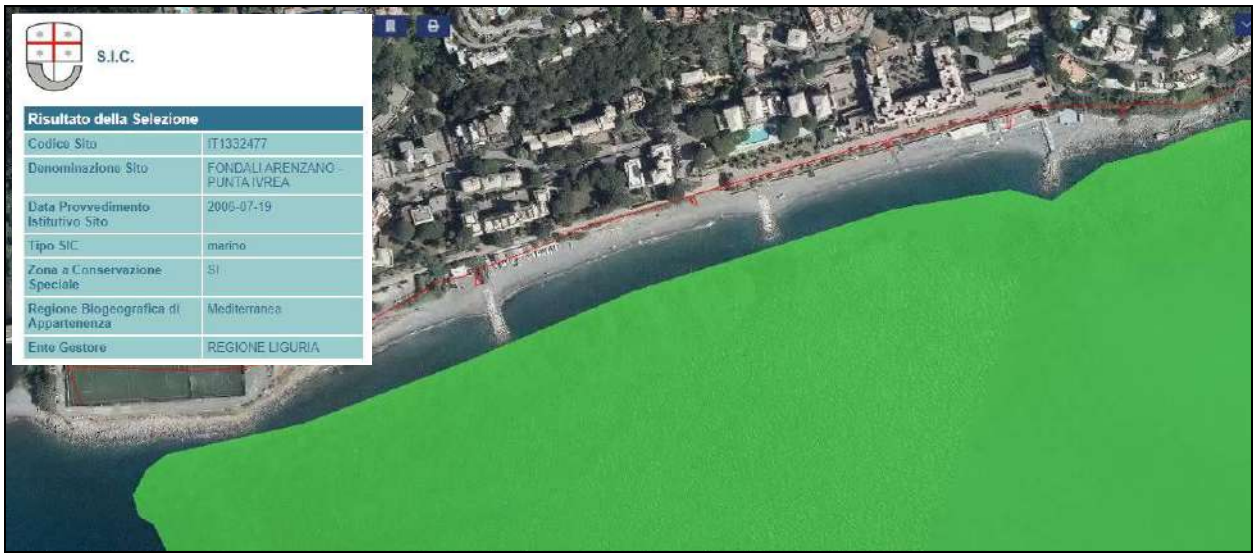


Figura 8 - Mappatura della ZSC n. IT1332477.

2.4 *Aspetti geologici e geomorfologici.*

La tipologia di intervento e la criticità idrogeologica del sito hanno portano a richiedere una consulenza geologica. La **Relazione geologica** a corredo del progetto è redatta dai geologi dott. Andrea Vigo e dott.ssa Silvia Torchio.

Si segnala già sin d'ora la presenza di Vincolo Idrogeologico ex L.R. 4/99 e ss.mm.ii., nonché di specifica normativa derivante dal Piano di Bacino e dal P.U.C. del comune di Arenzano.

Si rimanda alla relazione geologica sopra menzionata per approfondimenti.

2.5 Vincolo archeologico.

Il sito non ricade in aree sottoposte a vincolo archeologico ai sensi degli artt. 12 e 13 del D. Lgs. 42/2004, né in aree ove insistano Manufatti Emergenti (PTCP Regione Liguria).

Gli interventi non prevedono scavi, dragaggi o modifiche sostanziali dell'assetto morfologico del tratto di costa che, per la sua conformazione e posizione, presenta un rischio archeologico estremamente basso. Inoltre l'opera, che sarà realizzata interamente da Privati, senza alcun tipo di finanziamento pubblico, ha un importo complessivo in ogni caso inferiore a 1.000.000 di euro.

Per le suddette ragioni, come meglio esposto nel parere richiesto alla Soprintendenza Archeologica ([1]) non è richiesta la procedura di Verifica Preventiva di Interesse Archeologico (art. 50 del D.Lgs. 50/2016).

3 SINTESI DELLE CRITICITA' E DEGLI INTERVENTI POSTI IN OPERA

Le abitazioni di via della Costa civv. 6 sono costruzioni realizzate tra il 2003 e il 2005 a margine della viabilità suddetta, in sommità ad una scarpata di notevole pendenza, che ha piede sul limite orientale della spiaggia di Marina Grande, in Comune di Arenzano.

La scarpata è fortemente acclive, si sviluppa su un'altezza di circa 30 metri e ha già presentato in passato problemi di stabilità, dovuti soprattutto a fenomeni di erosione al piede, causati dall'azione del mare, che progressivamente ha dapprima impoverito e recentemente quasi completamente eliminato la difesa offerta dalla falce di spiaggia alla base.

Il tratto di litorale oggetto di indagine è stato interessato da significative evoluzioni della linea di costa: dalla osservazione delle figure seguenti è possibile notare come il limite della costa nel 1944 fosse molto prossimo al piede del versante e non fosse presente alcuna spiaggia. L'arenile di Marina Grande è frutto in gran parte di sversamenti di materiale conseguenti alle opere di urbanizzazione del complesso residenziale della Pineta di Arenzano: nel 1973 la spiaggia raggiunse la sua massima estensione.



Figura 9 – Evoluzione della linea di riva nel periodo tra il 1944 (limite minimo) e il 1973 (limite massimo).

[1] Si veda parere rilasciato dalla Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per la Città Metropolitana di Genova e la Provincia di La Spezia in data 26.09.2022, protocollo num. 34.43.04/12.277 riportato nel doc. C – Documentazione complementare.

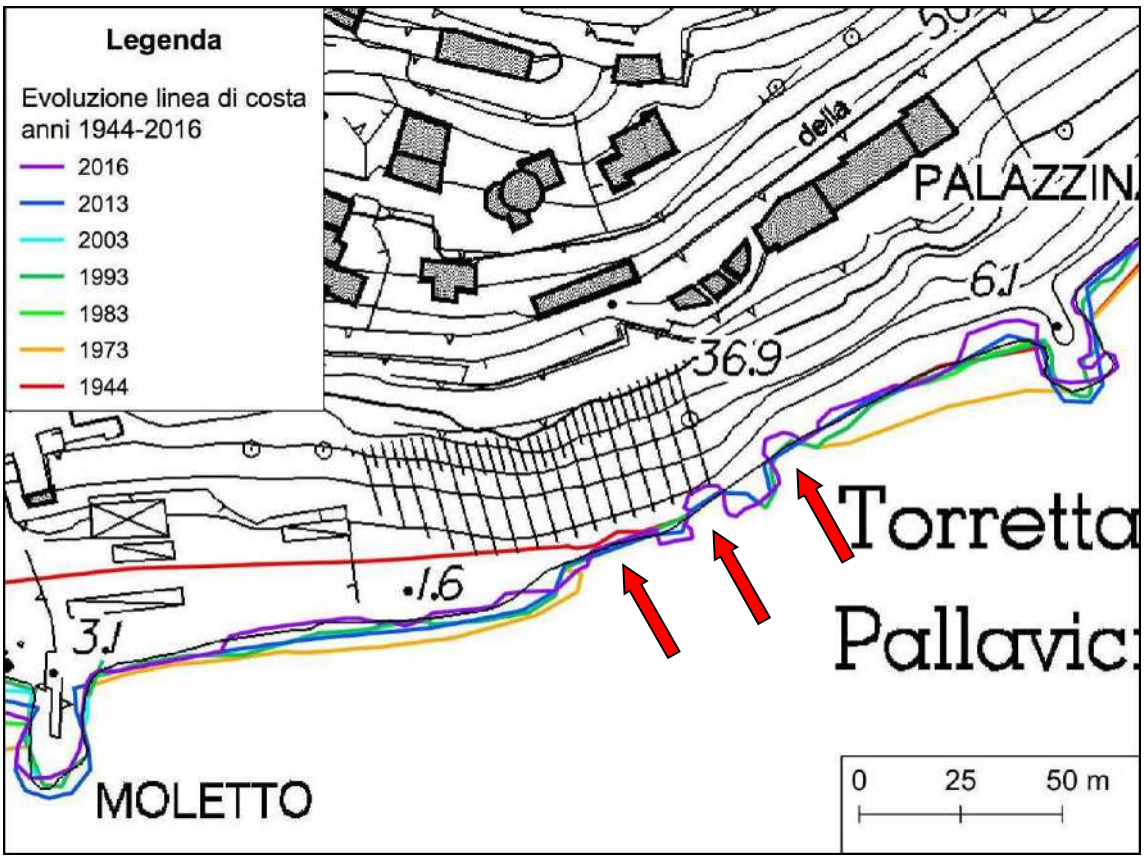


Figura 10 – Evoluzione della linea di riva nel tratto di costa analizzato dal 1944 al 2016.

Sul sito del geoportale della Regione Liguria sono riportati anche le progressive regressioni avvenute negli anni successivi al 1973 e fino al 2016 (ultimo dato disponibile): si nota un progressivo arretramento della linea di riva, causato dall'erosione del moto ondoso a scapito della spiaggia. In particolare, per l'anno 2016 (linea viola) sono visibili al piede della scarpata in esame tre zone particolarmente critiche dal punto di vista dell'arretramento della linea costiera, indicate in figura con frecce rosse; le due frecce più a ponente riguardano in particolare la zona oggetto di indagine.

Il trend evolutivo marcatamente regressivo, dovuto alla progressiva erosione del litorale ad opera del moto ondoso, ha infatti subito una notevole accelerazione con le mareggiate del 2018 e 2019. Attualmente la linea di riva è arretrata sino quasi alla base del versante ed il moto ondoso impatta direttamente contro le opere a protezione del piede della scarpata

Tra i fattori di dissesto occorre non scordare anche la presenza di acque ruscellanti provenienti da monte, che - all'epoca della urbanizzazione - non vennero adeguatamente disciplinate e incanalate.



Figura 11 - Situazione di dissesto lungo la scarpata sottostante gli edifici di via della Costa (marzo 2007).

Per rimediare a tali dissesti, su incarico dei residenti, nel 2007, nella parte più orientale della scarpata, è stato realizzato un cordolo su pali, posto al limite dell'area privata, senza invasione della porzione di scarpata in area demaniale marittima. Tale cordolo è attraversato anche da un canale in lamiera ondulata che raccoglie le acque provenienti da monte e dalla strada soprastante. L'opera strutturale di consolidamento del versante si rivelò molto utile e funzionale per costituire un baluardo all'azione erosiva del mare.



Figura 12 - Incanalamento acque e costruzione del cordolo su pali (sett. 2007).

La parte di terreno a valle del cordolo tuttavia, che – lo si precisa – ricade interamente in area del Demanio marittimo, cominciò poco dopo ad essere progressivamente erosa e il piede della scarpata arretrò, ponendo a rischio di stabilità la palificata.



Figura 13 - Erosione al piede della scarpata sottostante il cordolo (maggio 2009).

A partire dal 2009 perciò i proprietari delle costruzioni poste su via della Costa, in particolare delle unità abitative civv. 6C e 6D, ovvero quelle ubicate sulla porzione di scarpata a maggiore rischio perché con minore difesa al piede, incaricarono lo scrivente di elaborare un progetto di salvaguardia.

Tale progetto fu presentato nel 2009, approvato ed eseguito nel 2010 in un primo lotto di interventi urgenti, con esecuzione di una berma al piede del versante costituita da massi ciclopici (IV categoria), che vennero anche legati tra loro con cavi di acciaio tramite golfari inghisati negli elementi lapidei. A protezione del fronte inferiore del cordolo si pose una georete che venne inerbita e ancorata al piede.



Figura 14 - Lavori in corso a fine maggio 2010 per costruire la berma in massi.



Figura 15 - La georete posizionata a protezione della palificata e i massi legati.



Figura 16 - Fine lavori del 2010, vista dall'alto.

Ma anche questi interventi si rivelarono insufficienti per impedire l'erosione e l'asportazione di materiale ad opera delle onde in occasione di mareggiate intense, che risalivano la berma in massi e andavano a "mangiare" il terreno soprastante, sino a scoprire la palificata.

Nel 2015 quindi, nuovamente a causa di mareggiate che misero a nudo la base dei pali di sostegno del cordolo, si eseguirono interventi strutturali di consolidamento dell'opera, realizzando tiranti aggiuntivi e un placcaggio in cemento armato del fronte mare. Contestualmente a tali interventi strutturali vennero eseguiti interventi diffusi di disciplina delle acque superficiali sulla scarpata, con posa di palificate e disciplina delle acque incanalate.



Figura 17 - La palificata scoperta dopo le mareggiate del novembre-dicembre 2014.

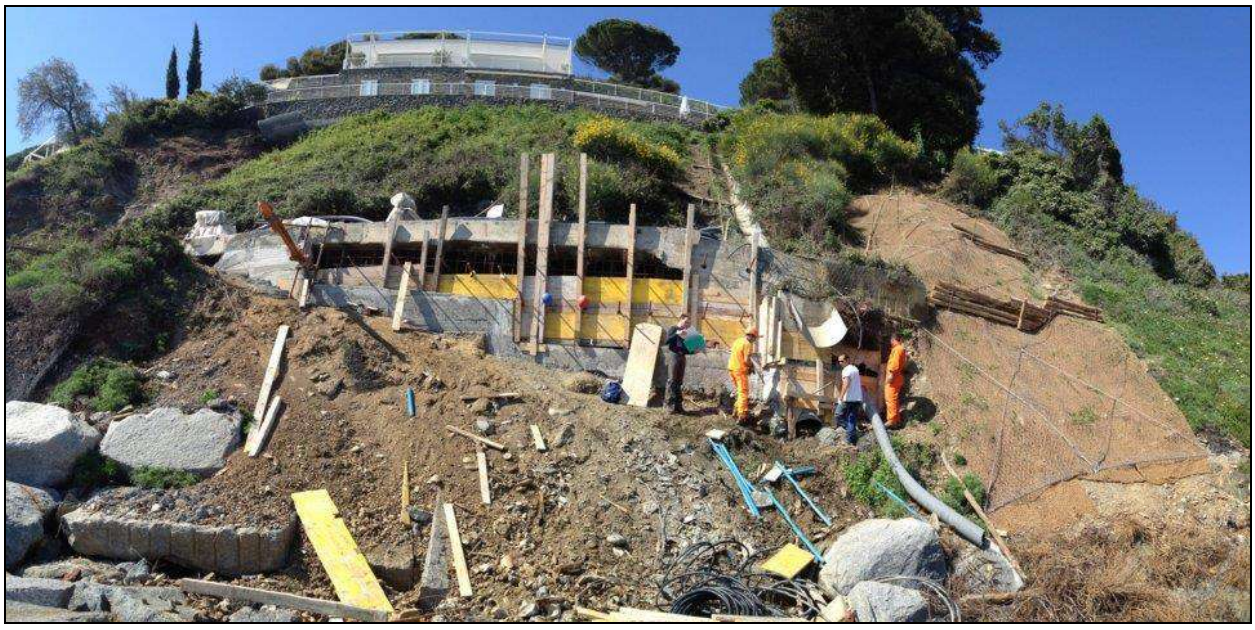


Figura 18 - Lavori di consolidamento della palificata con placcaggio in c.a.



Figura 19 - Dettagli degli interventi eseguiti a maggio 2015.



Figura 20 - Vista complessiva degli interventi eseguiti sul versante e sulla palificata.

I proprietari delle unità abitative contraddistinte dai civv. 6A e 6B non ritennero necessario operare interventi di salvaguardia al piede: alla base della scarpata sottostante detti edifici era ancora presente una porzione di arenile di una ventina di metri, costituito da ciottoli e massotti, che limitava la risalita del moto ondoso e il rischio di scalzamento del piede della scarpata. E' altresì presente un muro in calcestruzzo di notevole mole, realizzato probabilmente dalle Ferrovie dello Stato per difendere la linea ferroviaria che correva in galleria pochi metri all'interno. Oggi al posto della sede ferroviaria è presente il percorso pedonale (passeggiata De Andrè), di proprietà comunale, che collega Marina Grande con il porticciolo di Arenzano.

Vennero tuttavia eseguiti interventi di disciplina delle acque ruscellanti e consolidamento delle scarpate con georeti intirantate e palificate di legno.



Figura 21 - Sistemazioni della scarpata con opere di ingegneria naturalistica (maggio 2015).

4 STATO ATTUALE DEL SITO.

Oggi la situazione del sito è radicalmente cambiata, in peggio.

Lo scrivente ha eseguito alcuni sopralluoghi in sito a partire dal maggio 2021 sino a settembre 2022 e ha potuto constatare che la difesa che la spiaggia offriva al versante fino a pochi anni fa oggi è pressoché inesistente: le mareggiate degli ultimi anni, in particolare quelle del 29-30 ottobre 2018 e di novembre 2019, hanno depauperato la spiaggia, sottraendo molto materiale, abbassandone notevolmente la quota: ciò permette ai marosi di scagliarsi con violenza sul piede della scarpata e creare notevoli problemi di instabilizzazione.

Analizzando in particolare la situazione della porzione di costa a levante dell'ultimo pennello in massi di Marina Grande, si osserva quanto segue:

Nel tratto più occidentale, la scarpata sottostante il civico 6A di via delle Costa (Fg. 25 Mapp. 2817) non presenta particolari criticità, avendo una pendenza minore ed essendo difesa al piede da un muro in calcestruzzo e da un residuo di platea; la profondità della spiaggia in questo tratto (28-30 metri) e la quota più elevata della sua parte di monte (+2,50 m s.l.m.) garantiscono una buona protezione dal rischio di risalita dell'onda (run-up), riducendo il rischio di erosione.

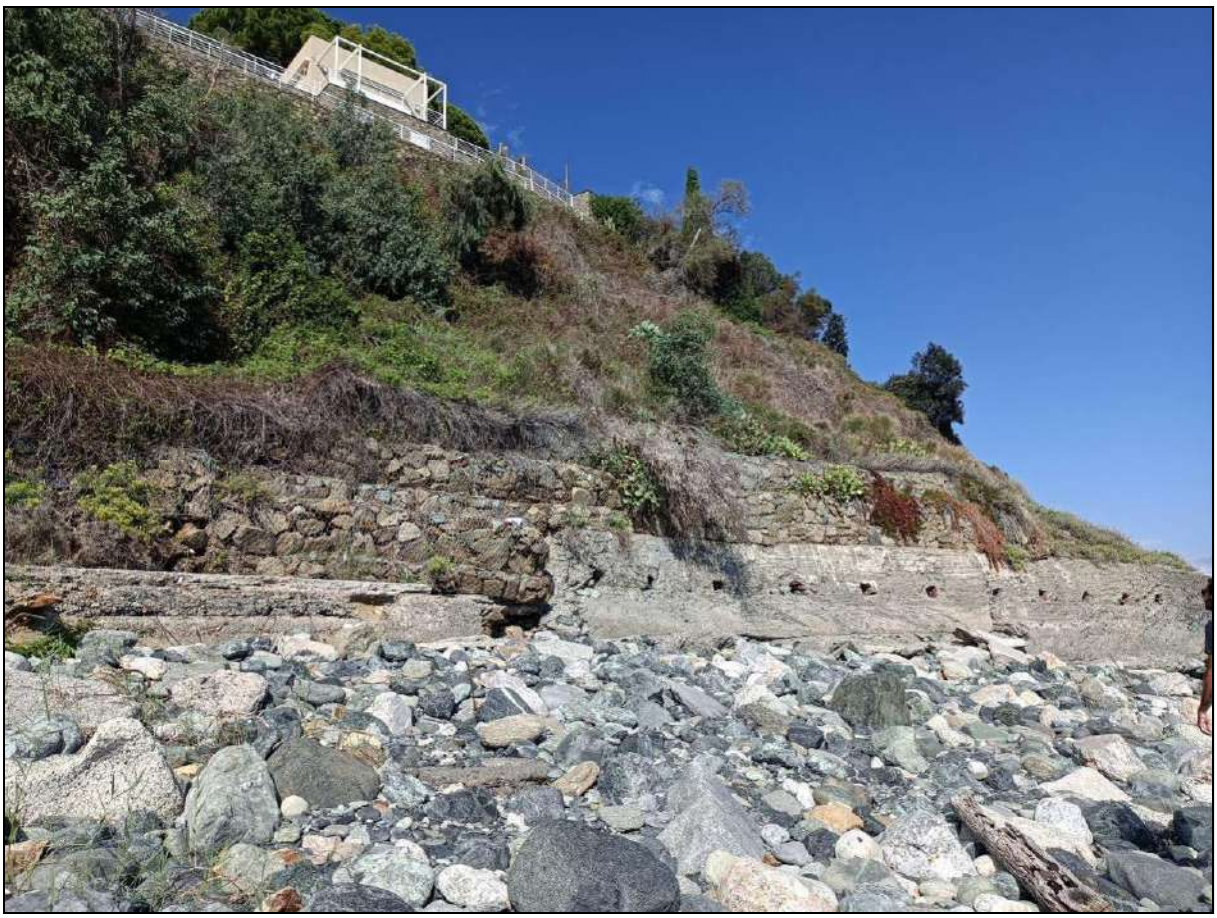


Figura 22 - La prima parte della scarpata verso ponente.

Avanzando verso levante, al di sotto delle proprietà dei civici 6B (Fg. 25 Mapp. 2818) e 6C (Fg. 25 Mapp. 2819) la pendenza della scarpata diventa molto maggiore (sino al 95%) e al piede ha un muraglione di calcestruzzo a gravità, che tuttavia presenta importanti fenomeni di sgrottamento alla base. Il piano della spiaggia ha subìto un significativo abbassamento a causa delle mareggiate che hanno sottratto materiale: la quota della spiaggia al piede del muraglione è oggi di circa +0,80 m s.l.m. e la linea di riva è distante solo 10-12 metri. In questo tratto inoltre il mare ha demolito dei blocchi di calcestruzzo che erano stati posti sulla battigia a protezione della spiaggia; in tale area era presente infatti una batteria di contraerea e i muri avevano probabilmente uno scopo di difesa antisbarco. Al di sopra del muraglione – a quota +5,00 m circa - sono presenti diversi filari di gabbioni metallici, alcuni dei quali presentano spanciamenti e rotture.

Sotto la costruzione civ. 6C in particolare, dove la spiaggia ha minore profondità, il muraglione presenta le maggiori criticità: gli sgrottamenti alla base sono importanti e profondi (sino a 120-150 cm). Sono inoltre presenti problematiche di erosione al di sopra del muro, che è stato raggiunto dalle onde più alte delle mareggiate recenti e che subisce un dilavamento di acque non disciplinate provenienti da monte. In tale tratto la scarpata presenta un dorso di roccia di qualità scarse che emerge dalla vegetazione e ai lati del quale sono presenti due piccoli impluvi, originati da acque di provenienza da accertare. Sulla strada esiste una griglia di raccolta, il cui scarico è posizionato con ogni probabilità in corrispondenza di uno dei solchi che si sono generati successivamente alle copiose piogge di novembre 2014 (si veda la foto prospettica dell'aprile 2015 in figura 18). A valle del muro di contenimento dei giardini privati sono inoltre presenti gli scarichi di alcuni pluviali, che con ogni probabilità contribuiscono ad incrementare il quantitativo di acque ruscellanti lungo la scarpata.



Figura 23 - Sgrottamenti evidenti del muraglione posto alla base della scarpata sotto i civici 6Be 6C.



Figura 24 - Erosione al piede della scarpata sulla testa del muro, creata dalle ondazioni.

.



Figura 25 - L'emergenza rocciosa a valle del civ. 6C.



Figura 26 – Gli effetti delle alluvioni dell'autunno 2014 sulla scarpata sotto via della Costa.

Al di sotto dell'ultimo edificio civ. 6D (Fg 25 Mapp. 2820) sono stati eseguiti la maggior parte degli interventi di salvaguardia. La furia del mare tuttavia, pur non riuscendo a danneggiare né la berma di massi ciclopici né la paratia su pali intirantata, ha scalzato larghe parti di terreno, creando depressioni e dissesti localizzati.

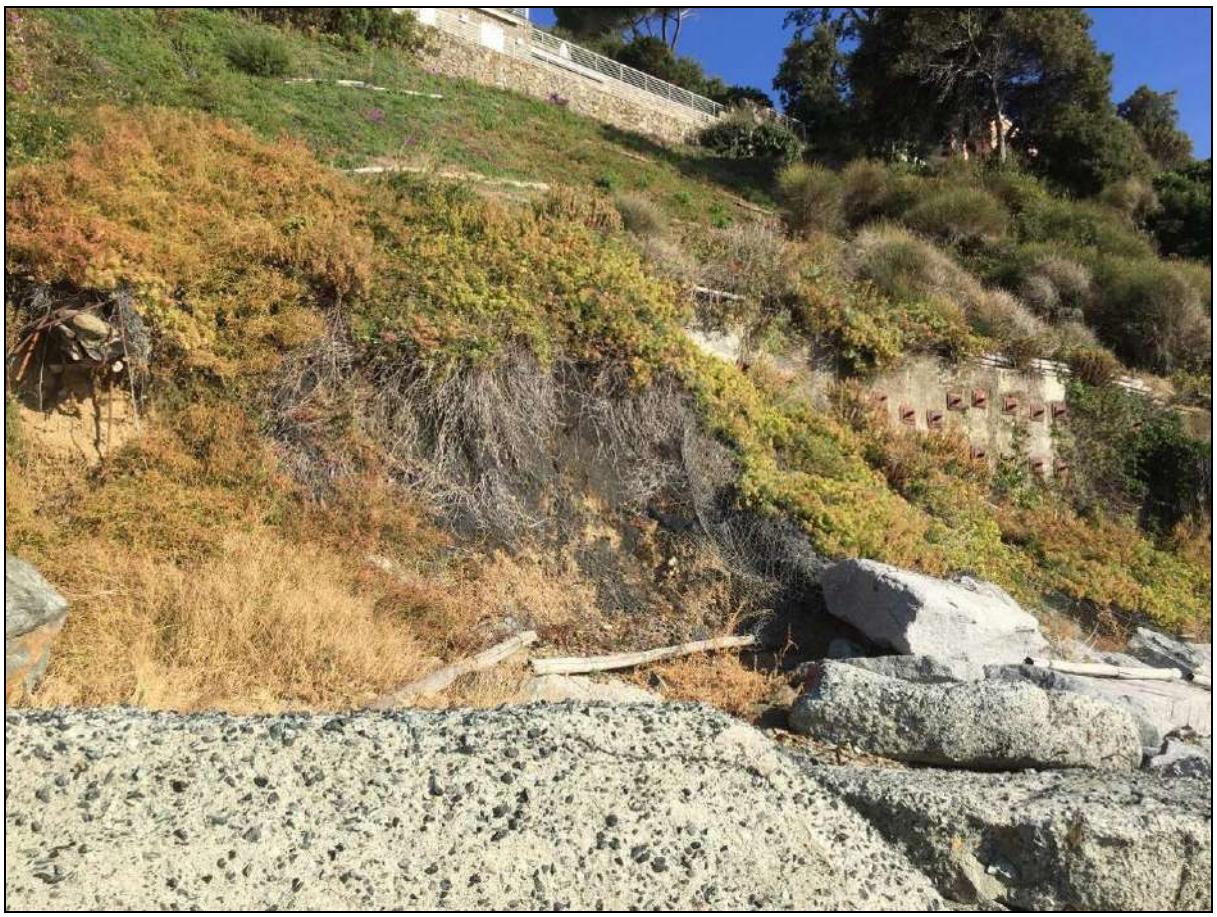


Figura 27 - Erosioni e dissesti localizzati sopra la berma di massi esistente a valle del cordolo su pali.



5 EVENTI METEOMARINI INTENSI DEL 2018-2019

A seguito degli interventi eseguiti nel 2010 e 2015 lo stato della scarpata sottostante gli edifici di via della Costa nn. 6C e 6D è sostanzialmente rimasto inalterato e con una soddisfacente stabilità.

Non si sono registrati fenomeni di dissesto sulla scarpata e le opere di protezione al piede (berma in massi e palificata intirantata) hanno dimostrato la propria efficacia e resilienza.

Ma la eccezionale mareggiata del 29-30 ottobre 2018 e quella molto intensa del 22-23 novembre 2019 hanno nuovamente flagellato l'intero arco del litorale ligure, provocando danni ingenti soprattutto nel ponente.

Mareggiata del 29-30 ottobre 2018.

La mareggiata del 29-30 ottobre è stata senza dubbio la più intensa e violenta degli ultimi 20-30 anni, superando anche quella molto forte del novembre 2000. I venti molto vigorosi e la loro direzione da SSE, che ha avuto a disposizione un fetch estremamente esteso (più di 800 km dalla costa della Tunisia), uniti ad una sopraelevazione eccezionale del livello di medio mare (il cosiddetto fenomeno di *storm surge* dovuto alle basse pressioni) hanno generato in poche ore uno stato del mare estremo.

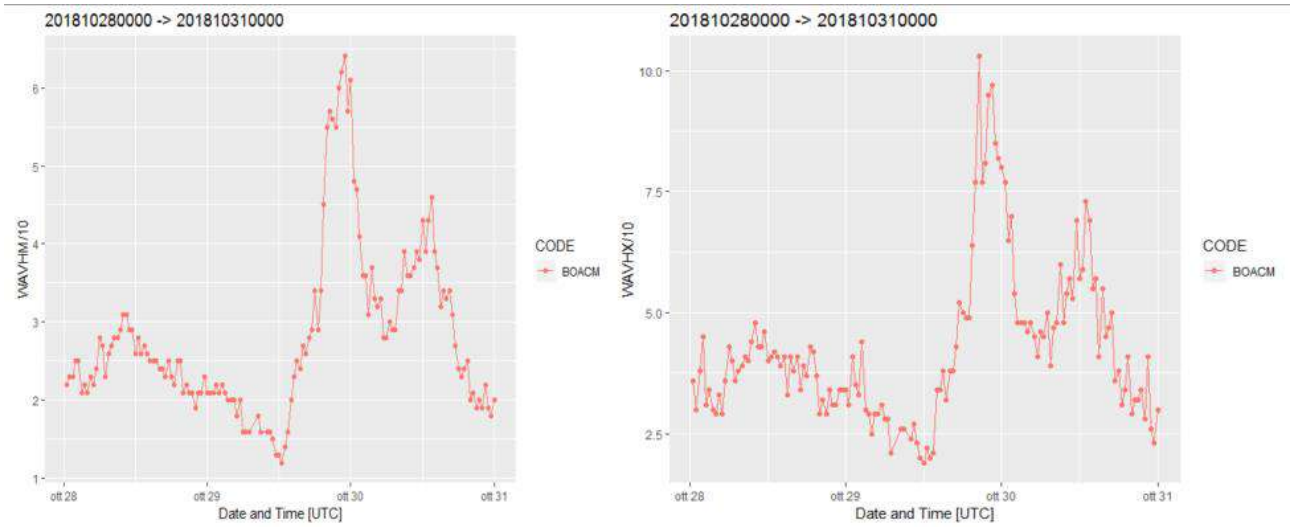


Figura 28 - Grafico delle altezze onda significative (a sx) e massime (a dx) registrate dalla boa di Capo Mele.

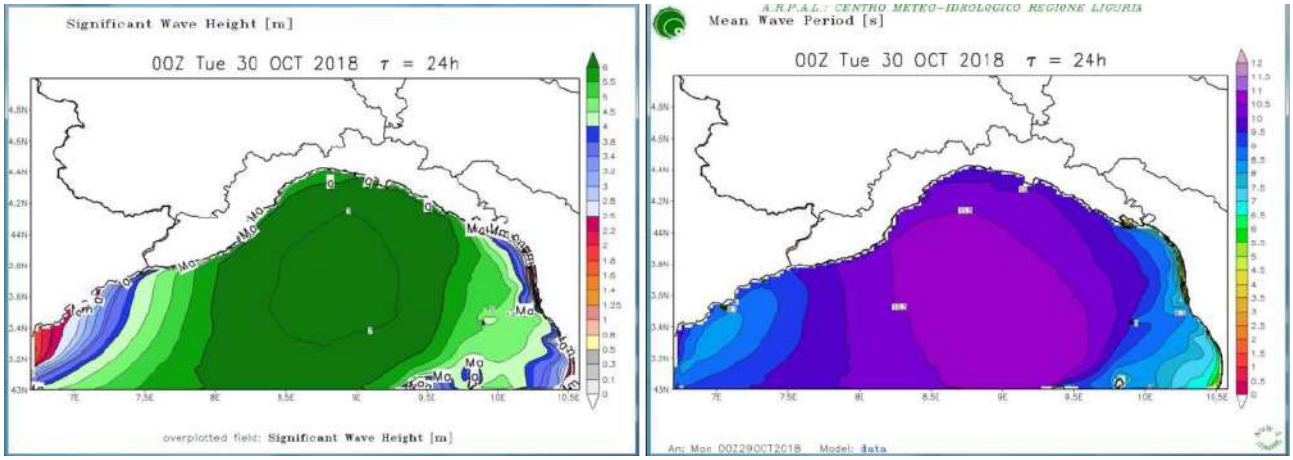


Figura 29 – Stato del mare nelle previsioni meteomarine per la sera del 29 ottobre 2018 e la notte successiva; a sinistra l'altezza d'onda significativa (superiore a 6 m), a destra il periodo d'onda (10-12 sec).

Il rapporto dell'evento redatto da ARPAL lo definisce "*grosso*", che, nella scala Douglas dello stato del mare corrisponde a onde medie di altezza tra 6 e 9 metri !

La boa di Capo Mele, tra il tardo pomeriggio del 29 ottobre e la mezzanotte, ha fatto registrare altezze d'onda significative superiori a 6 metri, con altezze d'onda massime sino a 10 metri.

Mareggiata del 22-23 novembre 2019.

Dopo quasi due mesi di precipitazioni intense e durevoli che hanno interessato la Liguria e causato anche diversi fenomeni di esondazioni, allagamenti ed eventi calamitosi (si veda in proposito il Rapporto di evento redatto da ARPAL), nei giorni tra il 22 e il 24 novembre 2019 i forti venti d burrasca provenienti da sud e sud-est hanno generato mareggiate di notevole intensità che hanno battuto soprattutto il centro e il ponente dell'arco ligure. Si riporta di seguito un estratto del citato Rapporto di evento.

2.4 Mare

Il permanere di una ventilazione da Sud-Est con intensità media di burrasca forte e raffiche di tempesta, ha portato un veloce e deciso aumento del moto ondoso già nella mattinata del 23 novembre sul centro della regione, in rapida estensione alle restanti coste liguri.
Tale configurazione, con presenza di un minimo sulle coste francesi, ha mantenuto per tutta la giornata del 23 mare agitato sotto costa per onda da Sud, Sud-Est. Sono state osservate mareggiate che hanno insistito in particolare sul Centro-Ponente (coste esposte delle zone A e B) a partire dalla mattinata.
L'intensità delle mareggiate è aumentata nel corso del pomeriggio, con un periodo d'onda intorno agli 8-9 secondi.

Si sono generate onde di altezza notevole: alla boa di Ventimiglia si registrarono altezze superiori a 3 metri, ma si è stimato che "sotto costa l'altezza significativa possa essere stata ben superiore a quella registrata dagli strumenti a disposizione".

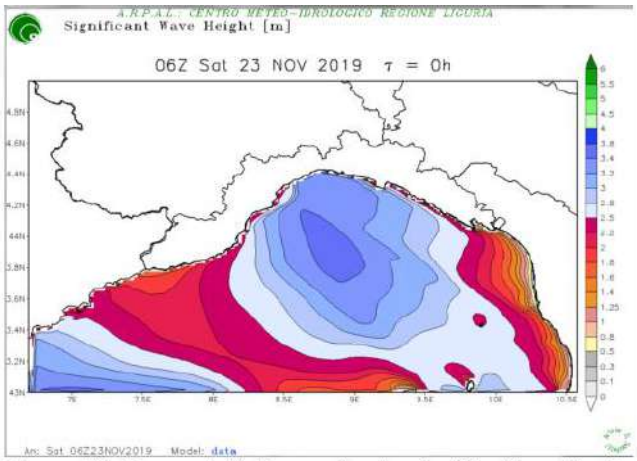


Figura 53 Mappa dell'altezza d'onda significativa riferita alle 06 UTC del 23/11/2019 (analisi del modello operativo Ww3lig inizializzato alle 06 UTC del 23/11/2019). Si osserva come già in mattinata il moto ondoso risultasse agitato sotto costa.

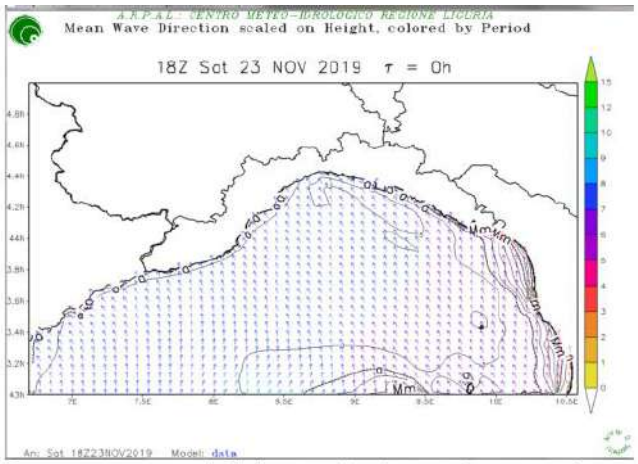


Figura 54 Mappa dell'altezza d'onda significativa riferita alle 18 UTC del 23/11/2019 (analisi del modello operativo Ww3lig inizializzato alle 18 UTC del 23/11/2019). Il mare si risulta ancora agitato sotto costa per onda in prevalenza da Sud-Est.

Figura 30 - Stato del mare al mattino e nel tardo pomeriggio del 23 novembre 2019 (fonte ARPAL).

6 STATO DEL LITORALE DOPO LE MAREGGIATE.

A seguito di tali eventi, che possiamo senza dubbio definire di straordinaria intensità, il litorale di Marina Grande e in particolare il lembo di arenile posto alla sua estremità orientale, che costituisce

l'ultima difesa per la scarpata retrostante sulla sommità della quale sorgono gli edifici di via della Costa, ha subìto danni ingentissimi.

Il sopralluogo eseguito dallo scrivente a maggio 2021 e ripetuto qualche settimana fa (settembre 2022) ha permesso di osservare un generale significativo deperimento dell'arenile. Il tratto di costa a levante dell'ultimo pennello in massi è costituito da massotti e scogli di pezzatura ridotta (tra 20 e 100 kg) a quota compresa tra 0,50 e 2,00 m s.l.m. per una profondità che varia tra 25-30 metri nel tratto a ridosso del pennello sino a meno di 10 metri all'estremo opposto. Nella figura seguente (ortofoto dell'aprile 2020) si osserva bene lo stato del litorale e gli effetti delle mareggiate degli anni precedenti.



Figura 31 - Ortofoto (Google Earth) dell'aprile 2020: le opere di difesa al piede dell'estremità di levante hanno protetto la scarpata soprastante, anche se si osservano i segni delle onde che hanno eroso il lembo più basso. La spiaggia compresa tra queste opere e il pennello in massi è fortemente degradata e non riesce a difendere efficacemente il versante a tergo.

La quota della spiaggia, che ha perso gran parte del suo corpo, è oggi troppo bassa: le onde anche non particolarmente elevate la risalgono facilmente e arrivano a infrangersi sul muraglione posto alla base della scarpata.

Tale opera muraria, rigida e riflettente, esalta il fenomeno di erosione perché la risacca delle onde trascina via il materiale e crea due effetti dannosi: toglie il piede di appoggio al muro creando sgrottamenti e pericolosi vuoti e porta via materiale dalla spiaggia, deprimendone sempre più la quota e facilitando ancora di più il fenomeno di *run-up* delle onde.

Nelle foto che seguono si può verificare lo stato di dissesto del muro in diversi punti; si tenga conto che il muraglione è una struttura a gravità massiccia e non è armato: il rischio di cedimenti, lesioni e distacchi di porzioni significative dell'opera è certamente concreto.



Figura 32 - La spiaggia sottostante la scarpata vista verso levante.



Figura 33 - Sgrottamenti evidenti del muraglione posto alla base della scarpata.

La quota della spiaggia è evidentemente molto più bassa di quanto fosse in precedenza. La furia del mare ha gradatamente demolito e disgregato alcuni grandi blocchi di calcestruzzo che erano allineati in corrispondenza della linea di riva e svolgevano funzione di frangiflutti e sostegno e protezione della spiaggia emersa.

Nella foto seguente, del febbraio 2008, si osservano ancora i grandi blocchi posti a difesa della spiaggia, dei quali oggi è rimasto solo uno all'estremo levante.

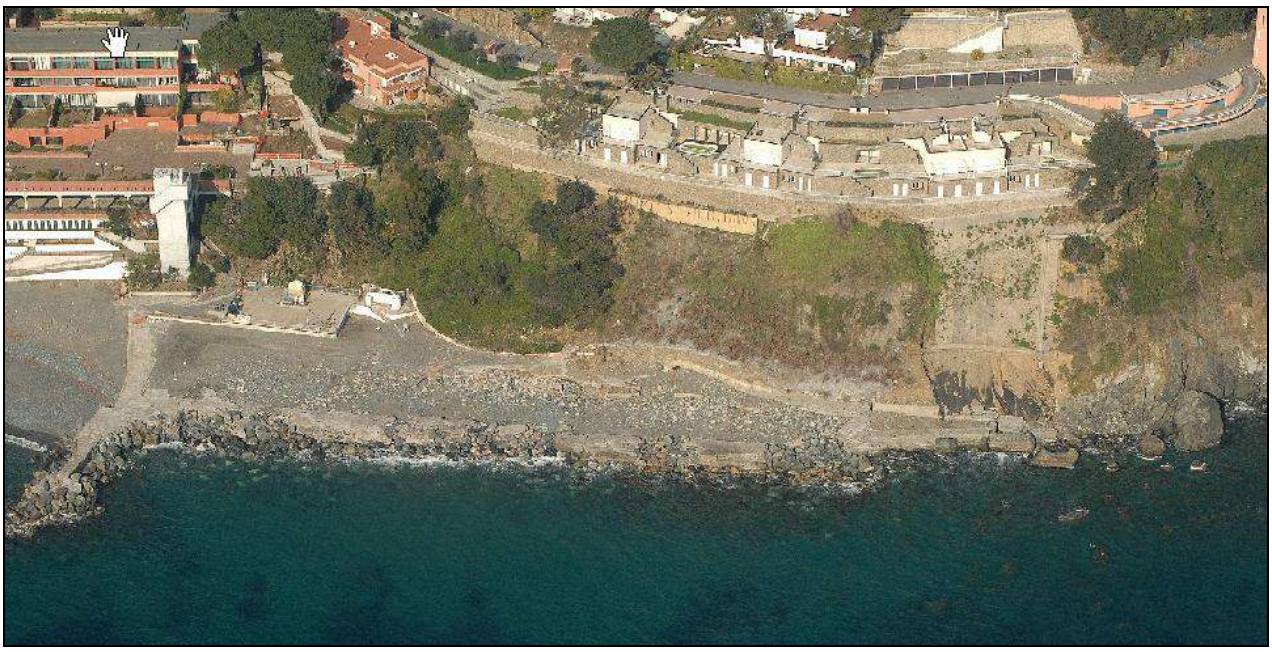


Figura 34 - Ripresa aerea del litorale a febbraio 2008.

La parte di litorale più a levante, dove sono stati eseguiti interventi nel 2010 e nel 2015 ha retto meglio gli assalti del moto ondoso, con alcuni modesti sgrottamenti nella parte soprastante la berma in massi.

La paratia in c.a. intirantata a valle del cordolo su pali non ha subìto danni e ha svolto egregiamente la sua funzione di protezione dei pali e di consolidamento della porzione di versante sotteso; la massicciata in massi alla base ha costituito un'efficace difesa frangiflutti; le onde sono certamente risalite oltre la quota della berma, ma hanno creato solo un fenomeno di erosione localizzata del terreno, protetto dalla georete e trattenuto dalla vegetazione.

Tutto quanto sopra descritto è stato graficamente rappresentato nella tavola 2 del progetto, sulla base di un accurato rilievo dello stato di fatto, eseguito ai primi di settembre 2022.

Sulla tavola sono anche indicati i limiti catastali tratti dalla mappa del Foglio 25 del NCT del Comune di Arenzano.

Preme evidenziare ancora come tutte le criticità riscontrate e rilevate ricadano in aree di proprietà del Demanio Marittimo: i mappali 128 e 2418 (scarpata) e 2415 (spiaggia) siano in area demaniale; la linea rossa in evidenza rappresenta la Dividente demaniale che separa le proprietà private da quelle dello Stato.

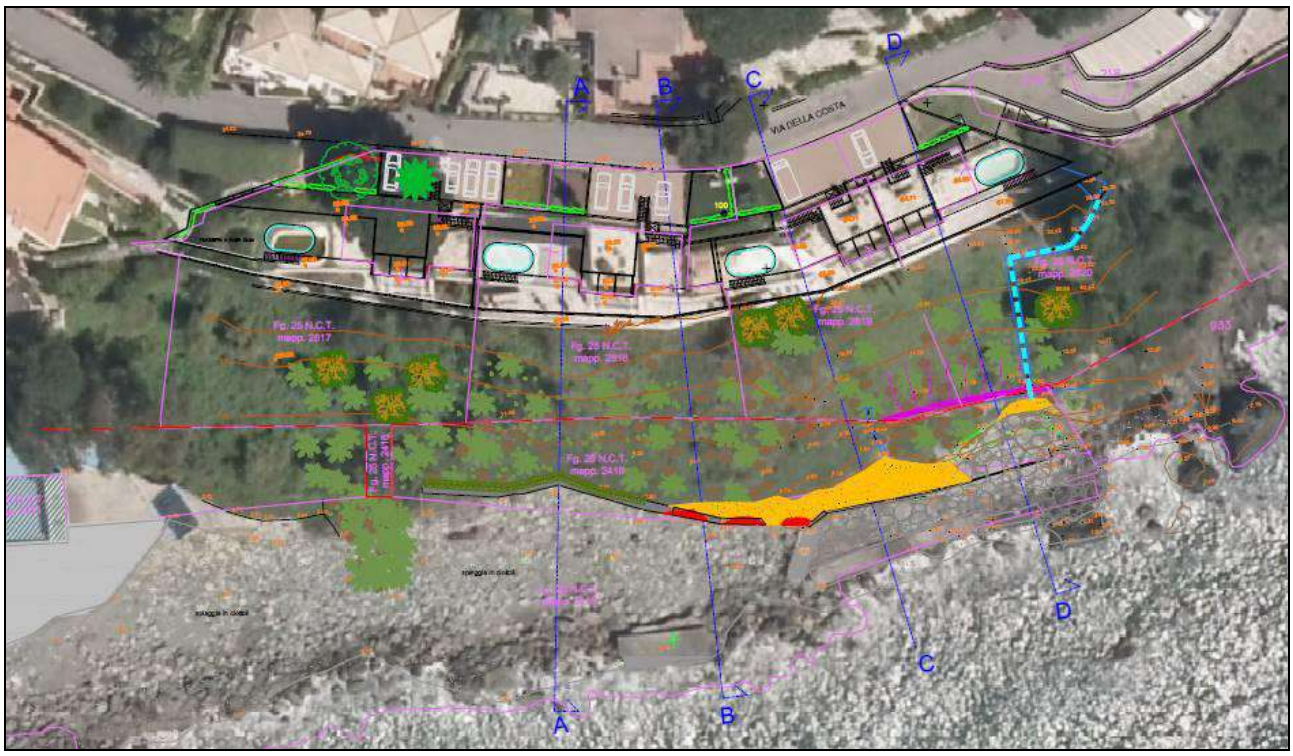


Figura 35 - Estratto della tavola 2 del progetto – stato attuale dell'area.

7 INTERVENTI DI DIFESA DEL LITORALE E DELLA SCARPATA.

7.1 Attività precedenti la progettazione.

Come si è detto le aree che presentano le maggiori criticità ricadono in area del Demanio Marittimo.

A maggio 2021 lo scrivente, su richiesta dei Privati residenti in via della Costa, effettuò un primo sopralluogo in sito, che evidenziò le criticità sopra esposte: lo stato di significativo dissesto della porzione inferiore del versante, il degrado del lembo orientale della spiaggia di Marina Grande e in generale un aggravamento delle condizioni di sicurezza idrogeologica del comparto.

Nel giugno 2021 si provvide a redigere una relazione sullo STATO DI CRITICITA' E DI DISSESTO IDROGEOLOGICO DEL PIEDE DELLA SCARPATA, che venne presentata al Comune di Arenzano e illustrata al Sindaco e ai tecnici a fine luglio 2021.

Dopo avere preso contatti con i funzionari degli Enti locali (Comune di Arenzano, Agenzia del Demanio e Regione Liguria), in data 26 ottobre 2021, si organizzò un sopralluogo congiunto di cui si provvide a redigere apposito verbale con documentazione fotografica attestante lo stato precarietà della parte inferiore della scarpata.

La mancanza di risposte concrete e di riscontro alle richieste di intervento diretto da parte della Pubblica Amministrazione, unite all'urgenza di porre rimedio alle situazioni riscontate, anche al fine di evitare ulteriori peggioramenti e danni, ha indotto i Privati residenti ad unirsi per promuovere una comune azione interventuale sul versante sottostante le proprie abitazioni. Il progetto prevede interventi soprattutto sulla porzione di territorio del Demanio marittimo e pertanto deve essere preventivamente autorizzato dagli Enti locali competenti. Si presenterà quindi il progetto al Comune di Arenzano che promuoverà una Conferenza dei Servizi alla quale convocherà tutti gli Enti e i soggetti, al fine di ottenere un loro parere.

Gli interventi che verranno realizzati dai Privati su aree demaniali potranno essere oggetto di richiesta di sostegno finanziario a risorse pubbliche e pertanto i costi delle opere saranno basati su prezziari ufficiali (Prezziario della Regione Liguria agg. a luglio 2022).

7.2 Scopo del progetto.

L'obiettivo che si pone il presente progetto è quello di mettere in sicurezza la porzione inferiore del versante, che ha evidenziato le maggiori criticità e urgenze. Occorre porre in atto misure di difesa, soprattutto della fascia di litorale prospiciente la linea di riva, che risulta la più danneggiata e che costituisce il piede di appoggio della scarpata soprastante.

Si descrivono di seguito gli interventi previsti, rimandando la illustrazione degli stessi alle tavole 4 e 5 di progetto.

7.3 Composizione del progetto

Il progetto presentato è un progetto definitivo e si compone dei seguenti elaborati, a firma dello scrivente:

- doc. A - relazione tecnica generale
- doc. B – relazione paesaggistica
- doc. C – documentazione complementare (verbali e pareri)
- doc. D – studio preliminare ambientale
- doc. E – computo metrico estimativo.

- tav. 1 – inquadramento cartografico (CTR, catastale, PTCP, foto aerea),
- tav. 2 – stato attuale: planimetria su base ortofoto (scala 1:200)
- tav. 3 – stato attuale: sezioni trasversali (scala 1:100)
- tav. 4 – stato di progetto: planimetria su base ortofoto (scala 1:200)
- tav. 5 – stato di progetto: sezioni trasversali (scala 1:100).

A corredo del progetto sono state sviluppati studi e relazioni da parte di altri professionisti ed in particolare:

- Relazione geologica a firma dott. Andrea Vigo e dott.ssa Silvia Torchio
- Relazione di incidenza a firma dott.ssa biol. Marzia Riminucci e dott.ssa biol. Barbara Pettinari.

7.4 Opere di protezione al piede del versante sotto i civici 6B-6C

La porzione di versante sottostante i civici 6B e 6C, alla base del quale è presente il muraglione in cls, sarà messa in sicurezza con interventi di sottomurazione del muraglione nelle parti ove sono presenti sgrottamenti: si procederà a riempire i vuoti utilizzando massi di I e II categoria intasati con malta cementizia sino al filo esterno del paramento; un doppio filare di massi di dimensioni maggiori (III categoria) verrà disposta davanti al piede del muro con funzione di difesa frangiflutti; nella parte più a levante infatti la spiaggia è poco profonda e ha quota depressa e il

mare può facilmente raggiungere il piede del muro. Si realizzeranno poi locali contrafforti in calcestruzzo che verranno uniti e solidarizzati al muro tramite armature inghisate nel corpo della muratura tramite resine o chimico.

Sulla testa del muro sono presenti filari di gabbioni in rete metallica riempiti di pietrame. Tale tipologia costruttiva è in parte sana e solida, ma in altre presenta rotture e spanciamenti: si provvederà a riparare le maglie metalliche ammalorate, eventualmente prevedendo la sostituzione dell'intero gabbione.

Nella porzione di scarpata immediatamente a monte del muraglione si verificherà lo stato del versante e ove si riscontrino erosioni e solchi, si sistemerà il terreno posando una rete di contenimento per una fascia di 4-5 metri.

In prossimità della linea di riva infine, al lembo più orientale della spiaggia, si rileva una porzione non difesa dai blocchi di calcestruzzo: sono circa 8-10 metri in cui il mare riesce facilmente a penetrare e risalire la spiaggia sino alla base del muraglione. E' necessario chiudere questa breccia e disporre una scogliera di massi di IV categoria in doppio strato, che possa costituire una barriera frangiflutti, impendendo l'aggressione dei marosi.

Una cura particolare dovrà essere posta per la disciplina e la regimazione delle acque ruscellanti da monte, provvedendo, ove non realizzata o danneggiata, ad una corretta canalizzazione.

Nelle figure seguenti sono riportati uno stralcio della planimetria di progetto, con gli interventi sopra descritti e le sezioni A e B.

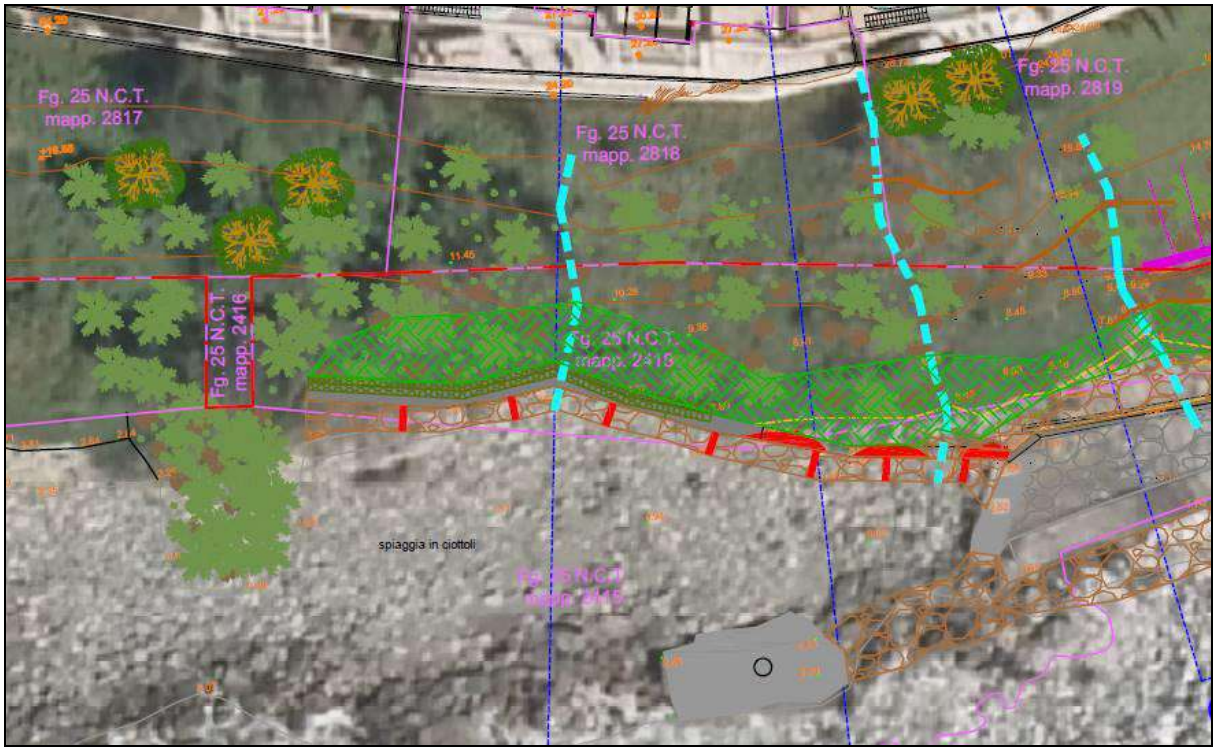


Figura 36 - Estratto della planimetria di progetto (parte di ponente).

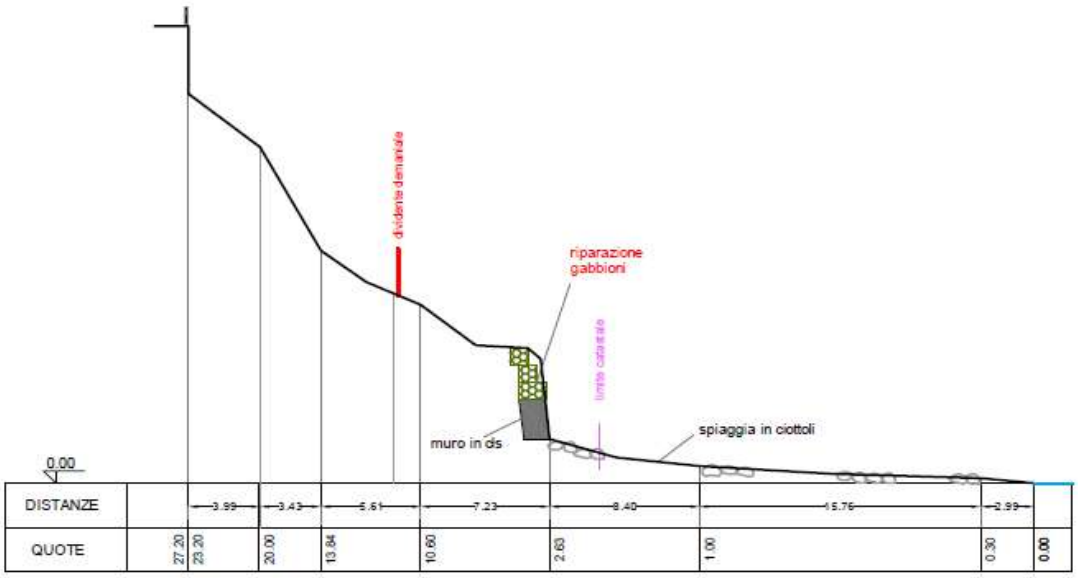


Figura 37 - Sezione A di progetto.

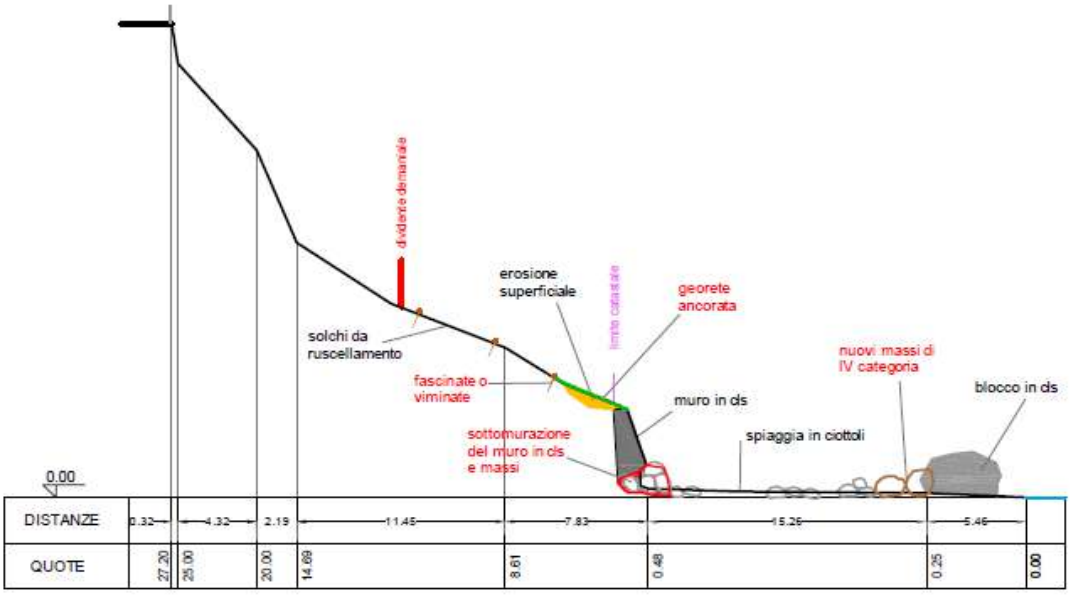


Figura 38 - Sezione B di progetto.

7.5 Sistemazione del terreno sotto i civici 6C-6D.

La porzione di terreno alla base della palificata e soprastante la scogliera è stata erosa dalle onde più alte e necessita di sistemazione, al fine di evitare dilavamenti e cedimenti della struttura.

Occorre smontare temporaneamente la rete e disporre materiale lapideo di pezzatura adeguata: si impiegheranno massi di III categoria che verranno ricaricati sui massi esistenti o previa realizzazione di un imbasamento in pietrame da 5-50 kg che svolga funzioni di supporto e strato filtro.

Si potrà poi ricaricare con terreno vegetale per facilitare la ripresa della vegetazione.

A valle dei blocchi di calcestruzzo esistenti che hanno svolto sino ad oggi una efficace opera di difesa si disporranno massi di IV categoria, che costituiranno una berma radente frangiflutti. I massi verranno posti in doppio strato e doppio filare, opportunamente incastrati gli uni negli altri.

Anche in questo tratto la risalita del mare al di sopra delle opere murarie ha creato erosioni localizzate e sottratto terreno scavando sotto le reti. Si dovranno riaprire le reti, posare massi di protezione (III categoria) e riformare la stesa di rete, ancorandola ai blocchi cementizi.

Come per la porzione di versante precedente anche qua si dovranno sistemare le opere di canalizzazione delle acque provenienti da monte, ripristinando o pulendo i sistemi di raccolta e estendendo i collettori in modo che scarichino su porzioni di terreno opportunamente difese da possibili erosioni e solcature, al fine di evitare il progredire dei fenomeni di erosione concentrata.

Nelle figure seguenti sono riportati uno stralcio della planimetria di progetto, con gli interventi sopra descritti e le sezioni C e D.

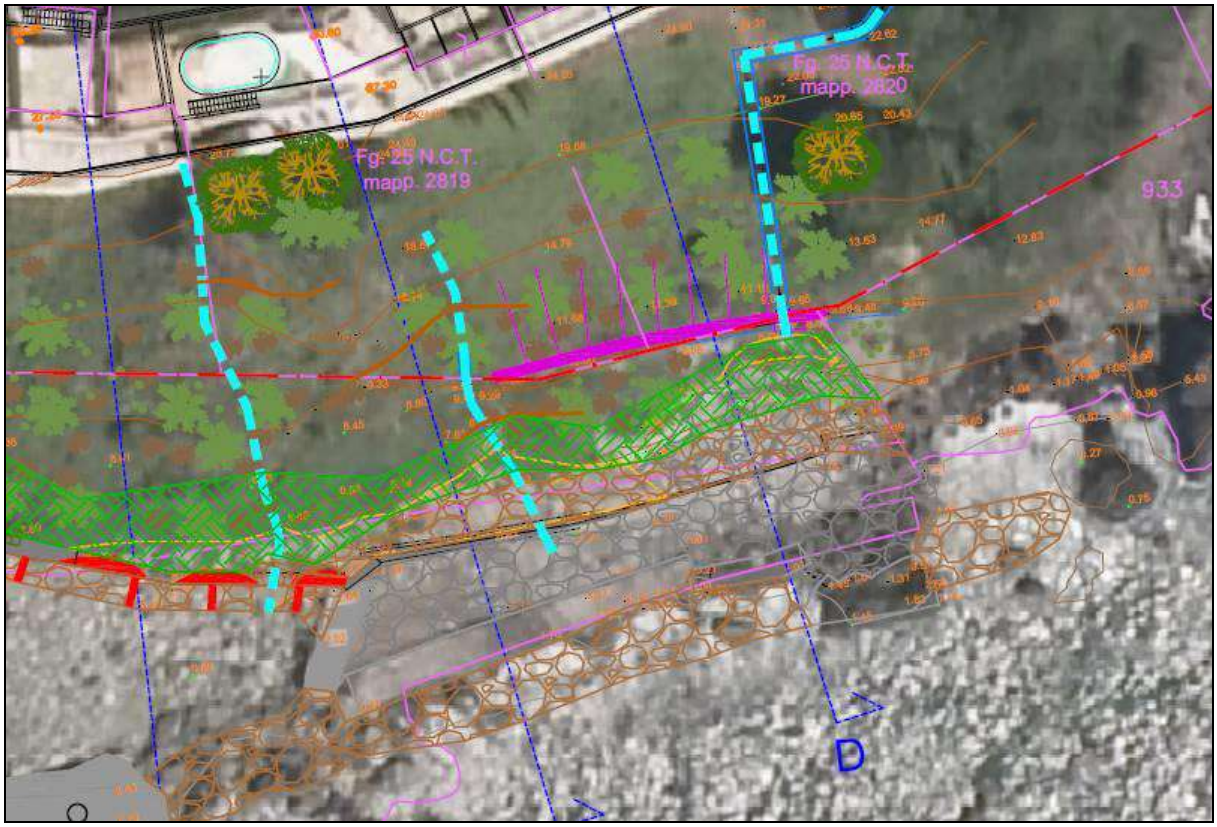


Figura 39 - Estratto della planimetria di progetto (parte di levante).

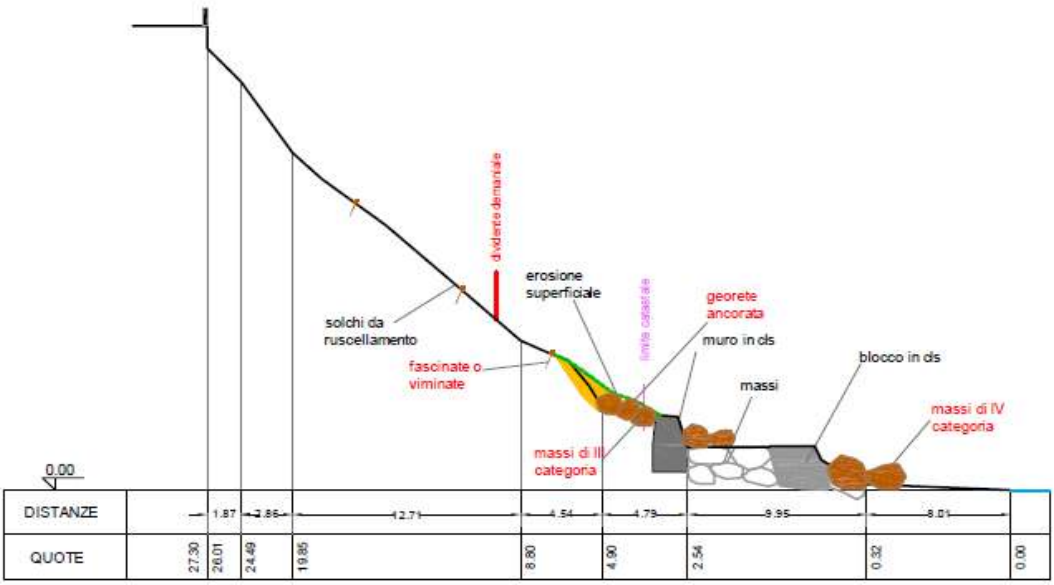


Figura 40 - Sezione C di progetto.

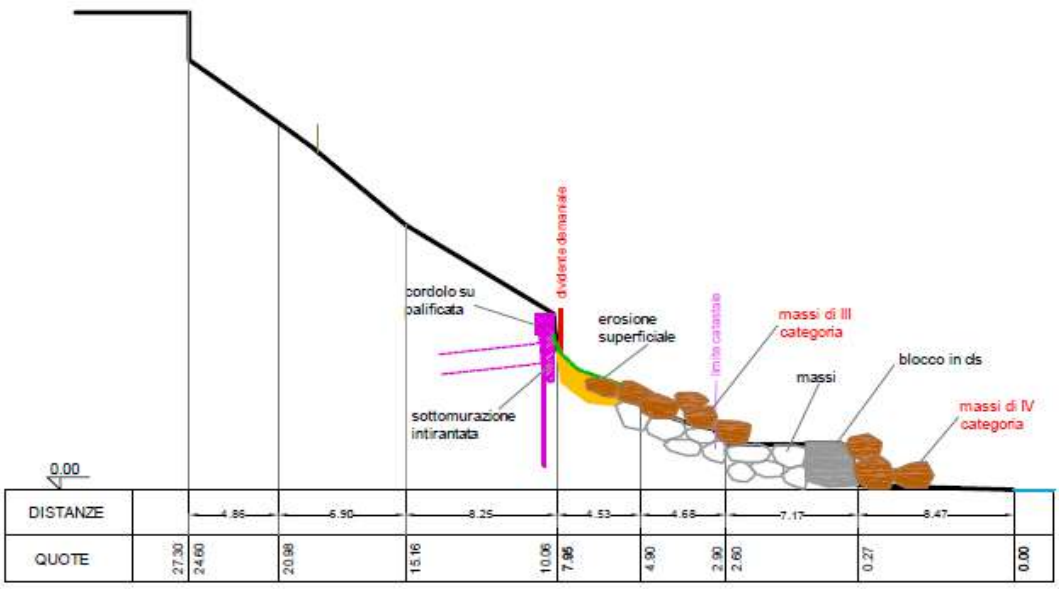


Figura 41 - Sezione D di progetto.

7.6 Stato della porzione medio-alta della scarpata.

Occorre evidenziare che, nel corso dei sopralluoghi eseguiti recentemente, si sono riscontrati segni di dissesto anche nella parte medio alta della scarpata.

Questa porzione di terreno tuttavia è molto acclive (80-90% di pendenza) e ricoperta in gran parte da vegetazione che nasconde le condizioni reali del terreno. La scarpata è quasi interamente rivestita e protetta da una georete sulla quale non è agevole salire. Si ritiene quindi indispensabile – nelle more dello sviluppo della progettazione e della esecuzione delle opere sulla fascia inferiore del versante - provvedere ad una pulizia generale della scarpata, al taglio della vegetazione e al rilievo dello stato attuale.

Nel presente progetto è stata comunque prevista una serie di interventi di consolidamento e ripristino della stabilità della coltre superficiale, adottando tecniche di ingegneria naturalistica, quali fascinate o viminate.

Si ritiene opportuno tuttavia approfondire tale ipotesi progettuale sulla base di un attento rilievo aggiornato dell'intera area che permetta di definire con precisione lo stato del versante per stabilire gli interventi da attuare.

Una particolare attenzione andrà posta alla verifica dei percorsi delle acque superficiali che provengono da monte e si incanalano lungo il versante: alcuni di questi afflussi sembra provengano dalla sede stradale soprastante (ci sono alcune griglie di raccolta) e vanno censiti e verificati.

Nelle operazioni di pulizia della scarpata e di taglio della vegetazione – indispensabile per mettere in luce lo stato del terreno sottostante – si raccomanda l'esecuzione di sfalci e tagli degli arbusti di maggiori dimensioni e delle piante infestanti, evitando la rimozione degli apparati radicali; si raccomanda infine di mantenere, ove possibile, alcuni filari di arbusti disposti trasversalmente al pendio: scopo di tali accorgimenti è quello di evitare di sfoltire e denudare la scarpata lasciandola indifesa ed esposta al dilavamento di acque superficiali.

Una zona che dovrà essere attentamente ispezionata e verificata è quella della prominenza rocciosa che emerge dal profilo della scarpata nella parte medio-alta della scarpata sotto il mappale 2819, corrispondente al civ. 6C.

Come ben evidenziato nella relazione geologica, tale ammasso roccioso appartiene alla formazione dei Micascisti di Torretta Pallavicini e si presenta alterato e variamente fratturato, con superfici di discontinuità ossidate; l'intersezione reciproca delle numerose superfici di frattura presenti comporta la scomposizione degli affioramenti in massi e blocchi di dimensioni da decimetriche a metriche e la superficie di scistosità è orientata a franapoggio rispetto al pendio, determinando condizioni di precaria stabilità.

8 ASPETTI IDRAULICO-MARITTIMI.

8.1 Indagine meteo-marina sul paraggio

Le eccezionali mareggiate abbattutesi sul litorale ligure nel corso dell'autunno 2018 e 2019 hanno arrecato ingenti danni alle opere di difesa pre-esistenti, poste alla base della scarpata, spostando e disgregando elementi di calcestruzzo di ingente mole, erodendo in maniera significativa la spiaggia, aprendo brecce alla base delle opere murarie e escavando larghe parti di terreno al piede del pendio.

Il paraggio in questione si presenta molto aperto ai mari di libeccio e – in misura minore – di meridione e di scirocco, con un settore di traversia principale compreso tra 185° e 220° N.

Vale la pena di osservare che il mare di libeccio – per questo paraggio - rappresenta il mare dominante, potendo sviluppare maggiore potenza, avendo a disposizione un maggiore *fetch*, ovvero una maggiore estensione di mare libero, sul quale il vento è in grado di suscitare ed accrescere il moto ondoso che si propaga verso costa.

Le altre direzioni di provenienza infatti (meridione e scirocco) sono parzialmente limitate dalla presenza delle isole di Corsica e Sicilia e possono produrre mari meno perniciosi e onde di altezza minore.

Tuttavia – per il sito in questione – il mare di scirocco rappresenta quello più dannoso, pur non essendo il più vigoroso: infatti i due punti maggiormente vulnerabili del tratto di litorale in esame sono le due aperture, appunto rivolte a scirocco, tra lo spuntone di roccia presente a levante e i moli di calcestruzzo a ponente.

Qui il mare penetra senza ostacoli e la ristrettezza del passaggio ne aumenta l'energia incidente (che si concentra in pochi metri) e l'effetto di risacca che sottrae materiale.

Le indagini geologiche, già condotte dallo Studio Associato Bellini nell'ambito della progettazione edilizia dei fabbricati di via della Costa e approfondite e ripetute dai geologi coinvolti nella presente progettazione ([2]) hanno rilevato in questo tratto di costa la presenza di un contatto tra rocce anfibolitiche (dure e compatte), a levante ed i micascisti (deboli e fratturati), a ponente.

[2] Si veda la Relazione geologica a firma del dott. geol. Andrea Vigo e della dott.ssa geol. Silvia Torchio.



Figura 42 - Vista prospettica della costa (foto di ottobre 2020): indicazione dei punti vulnerabili, dove l'aggressione del moto ondoso è maggiore.

Da studi già compiuti per paraggi limitrofi sono state estratte le caratteristiche d'onda al largo per la direzione di provenienza 210° e per tempi di ritorno di 50 e 100 anni:

Tempo di ritorno	Altezza d'onda	Periodo d'onda	Durata maregg.
R (anni)	Ho (m)	T (sec)	D (ore)
50	8,14	11,85	4,70
100	8,83	12,34	4,30

Con questi dati è possibile valutare, mediante metodi empirici ma attendibili, l'altezza d'onda incidente sull'opera, sapendo che la propagazione sotto costa dei fronti d'onda è strettamente legata all'andamento delle batimetriche.

Va da sé che il dimensionamento degli elementi lapidei sarà eseguito - a favore di sicurezza – sulla base dell'altezza d'onda più rilevante, ovvero quella associata alla direzione di provenienza di libeccio (210°N, vedi tabella I).

In mancanza di dati precisi sulla morfologia dei fondali antistanti il paraggio, sono state eseguite misure speditive, rilevando le profondità in diversi punti, sino ad una distanza di circa 60-70 metri da terra e correlandole tra loro con linee iso-batimetriche. Sono stati altresì rilevati gli scogli isolati semi-sommersi.

Si è verificato che nella fascia immediatamente antistante la linea di riva attuale (davanti ai muri paraonde in cls) la profondità è di circa 70-80 cm, mentre nella zona più a levante, al piede della prominenza rocciosa, il fondale si abbassa sino a circa 100-150 cm.

La profondità di 2 metri è a circa 30 metri dalla linea di riva, mentre quella dei 4 metri è a più di 60 metri.

Ai fini del calcolo dell'altezza d'onda incidente si è considerato il fondale a ridosso dell'opera da verificare pari a:

d = 2 m

Per profondità inferiori infatti il metodo semplificato di propagazione del moto ondoso verso costa non è più attendibile e in ogni caso le onde perderebbero la propria stabilità nel frangimento.

In base a questo dato è stato possibile stimare le condizioni dei fronti d'onda che raggiungono la riva. Si è fatto ricorso alla formula sperimentale di Resio (si veda tabella I allegata):

$H = H_o \cdot (L_P / L_{Po})^{0,75}$

Per un evento associato ad un tempo di ritorno di 100 anni, si ottiene:

Ho = altezza d'onda al largo = 8,83 m

Hs = altezza d'onda a terra = 2,76 m

Per i successivi calcoli di dimensionamento della scogliera si adotta un valore di

Hs = 2,80 m.

Tale valore, associato ad un periodo di ritorno di **100 anni**, è ritenuto sufficientemente prudenziale.

8.2 Dimensionamento della scogliera

La scogliera di massi naturali avrà angolo di inclinazione di circa 30° (1 si 1,5). Sarà formata da massi naturali a spigoli vivi sovrapposti in almeno due strati con mutuo incastro. Per la stima del peso dei massi da porre in opera è stata usata la formula empirica di Hudson:

$$W_{50} = (\gamma s \cdot H^3) / (K_D \cdot \Delta^3 \cdot \text{cotang}\beta)$$

che è stata riscritta recentemente dalla W.E.S. di Vicksburg (Missouri):

$$H / (\Delta \cdot D_{50}) = (K_D \cdot \text{cotang}\beta)^{1/3}$$

Avendo assunto:

H = 2,80 m (altezza d'onda di progetto con R = 100 anni)

γs = 2,60 t/m^3 (peso specifico dei massi)

γ = 1,03 t/ m^3 (peso specifico dell'acqua di mare)

$\Delta = (\gamma s / \gamma) - 1$ = 1,52 (adimensionalizzazione dei pesi specifici)

K_D = 2,00 (onde frangenti sulla scogliera, realizzata con scogli con spigoli vivi)

cotangβ = 1,50 (inclinazione della mantellata di massi)

Si adotta una altezza d'onda prudenziale per la verifica di progetto: la massima onda del treno d'onde di una mareggiata è statisticamente più elevata di quella media calcolata di un 27% in più: l'altezza d'onda assunta risulta quindi pari a:

Hp = 1,27 x H = 3,56 m.

Si ottiene allora (vedi tabella III):

$D_{50} \approx 1{,}60$ m

a cui corrisponde:

$W_{50} \approx 8{,}4$ t

I massi verranno posti in opera con un peso variabile tra 0,75 W_{50} e 1,25 W_{50}. Ciò significa che la pezzatura sarà compresa nell'intervallo:

W = 6,30 – 10,50 tonnellate (massi di IV^ categoria).

I massi di grande peso (la IV categoria prevede massi di peso unitario superiore a 7 tonnellate) saranno quelli posti a difesa della linea di riva, in prossimità della battigia.

I massi che verranno posti più in alto, a copertura e protezione della base della scarpata, ovvero al piede del cordolo su pali, potranno avere peso unitario inferiore, essendo certamente meno sollecitati. Per essi si prevede la fornitura e posa di massi di III categoria (peso unitario tra e 7 tonnellate).

8.3 Stima della risalita dell'onda lungo la scogliera (run-up)

La scogliera di massi naturali, disposta a protezione del piede della scarpata, a valle del cordolo, dovrà avere lunghezza, pendenza e scabrezza tali da evitare o ridurre al minimo il fenomeno di risalita dell'onda.

Una scogliera troppo "liscia", con massi accostati tra loro, o con pendenza troppo dolce, finirà per favorire la corsa dell'onda verso l'alto e mettere in crisi la struttura del cordolo. Nella figura n. 1 è schematizzata la dinamica del fenomeno, con riportate le grandezze in gioco:

Hs = altezza d'onda incidente sull'opera

d = profondità al piede della scogliera

β = inclinazione del fondale

θ = pendenza della mantellata

R = massima quota di risalita dell'onda (*run-up*).

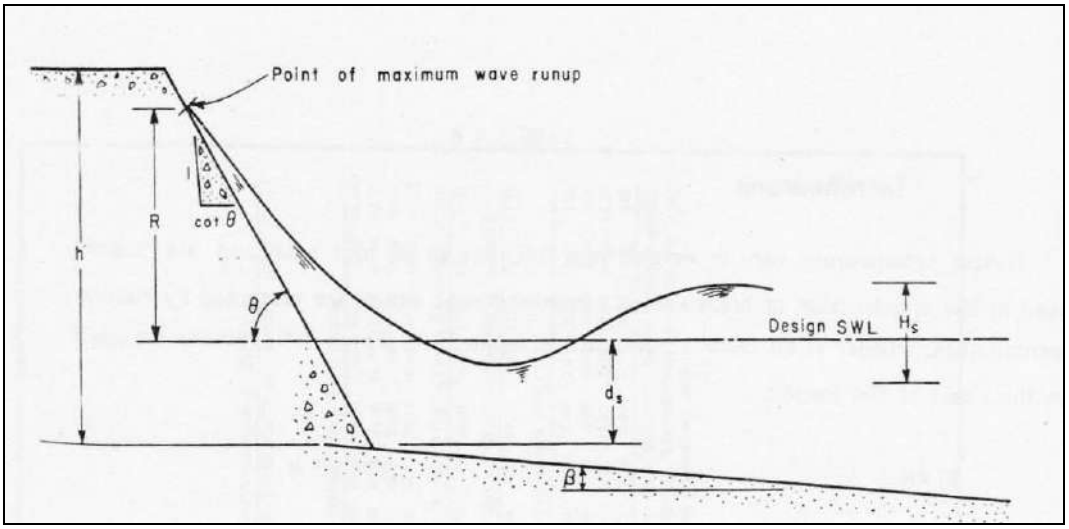


Figura 43 – Schematizzazione del fenomeno di Run-up sulla scogliera

Esistono formulazioni empiriche che permettono di stimare questo fenomeno, in funzione dell'altezza d'onda incidente, della forma dell'onda, della pendenza della scarpata, della sua rugosità e conformazione.

Nel grafico riportato nella figura seguente è rappresentata la curva del rapporto R/Hs in funzione di:

- pendenza della scarpata θ : nel nostro caso 1 su 3
- parametro dell'onda Hs/gT^2 : nel nostro caso 0,0025
- rugosità della scogliera: nel nostro caso "*rubble-mound slope*".

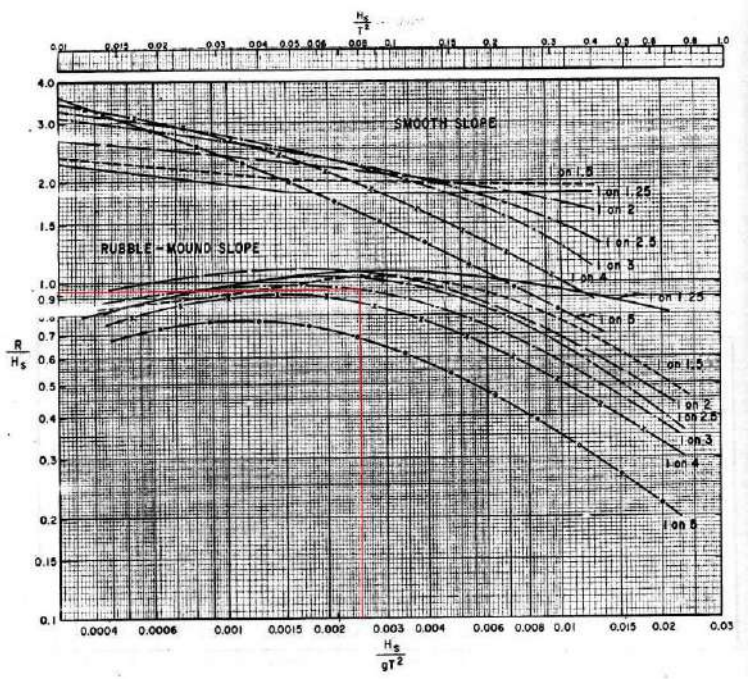


Figura 44 - Stima empirica del run-up R

Risulta un valore di

R/Hs = 0,95.

La massima risalita dell'onda sulla scogliera pertanto è stimata pari a:

R = 2,66 m

molto inferiore alla quota di massima elevazione della scogliera (circa 7.00 m s.l.m.).

Si osserva che se la mantellata di massi risultasse troppo compatta e quindi con minore rugosità, si dovrebbe fare riferimento alla parte più alta del grafico in figura 2 (*smooth slope*) e, a parità di condizioni idrodinamiche (Hs/gT^2) e di pendenza (1 su 3), risulterebbe un rapporto R/Hs pari a 2,4 e quindi un run-up di circa 6,7 m.

CLIMA ONDOSO AL LARGO DEL MAR LIGURE **Tabella I**

PER DIVERSI SETTORI DI PROVENIENZA (Boccotti, 1986)

Legenda :

alfa =	direzione di provenienza della mareggiata
w =	parametro dimensionale variabile in funzione di alfa
v =	parametro dimensionale variabile in funzione di alfa
R =	tempo di ritorno
Ho =	altezza dell'onda al largo
To =	periodo caratteristicodell'onda
D =	persistenza dell'onda Ho

alfa	**120**	**[°N]**
w	**0,387**	**[m]**
v	**7,0**	**[m]**

R [anni]	Ho [m]	To [s]	D [h]
1,0	2,30	6,29	8,44
5,0	3,22	7,45	6,08
10,0	3,59	7,87	5,46
25,0	4,06	8,37	4,84
50,0	4,42	8,73	4,47
100,0	4,76	9,06	4,15

alfa	**150**	**[°N]**
w	**0,502**	**[m]**
v	**11,0**	**[m]**

R [anni]	Ho [m]	To [s]	D [h]
1,0	2,84	7,00	8,88
5,0	4,06	8,37	6,27
10,0	4,55	8,86	5,61
25,0	5,17	9,44	4,95
50,0	5,63	9,85	4,56
100,0	6,08	10,24	4,23

alfa	**180**	**[°N]**
w	**0,534**	**[m]**
v	**7,0**	**[m]**

R [anni]	Ho [m]	To [s]	D [h]
1,0	3,40	7,66	7,80
5,0	4,63	8,93	5,79
10,0	5,12	9,40	5,24
25,0	5,77	9,97	4,67
50,0	6,25	10,38	4,32
100,0	6,72	10,76	4,03

alfa	**210**	**[°N]**
traversia principale		

R [anni]	Ho [m]	To [s]	D [h]
1,0	3,79	8,08	9,80
5,0	5,72	9,93	7,00
10,0	6,48	10,57	6,00
25,0	7,45	11,33	5,10
50,0	8,14	11,85	4,70
100,0	8,83	12,34	4,30

PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO VERSO RIVA (RHM, 1987). **Tab. II**

Direzione di provenienza del moto ondoso — α [° N]
Tempo di ritorno — R [anni]

Grandezze al largo	Altezza d'onda	H_o	[m]
	Periodo di picco	T_{Po}	[s]
	Lunghezza d'onda	L_{Po}	[m]
Grandezze sotto costa	Profondità	h	[m]
	Lunghezza d'onda	L_P	[m]
	Altezza d'onda	H	[m]
	Periodo di picco	T_P	[s]
	Periodo dell'onda	T	[s]

d = 2,00 m

α	R	H_o	T_{Po} (1)	L_{Po}	d/L_{Po}	d/L_P	L_P	H (2)	T_P	T (3)	H/H_o
120°	1	2,30	6,85	73,2	0,027	0,06747	29,6	1,17	4,88	4,49	0,508
	5	3,22	8,10	102,4	0,020	0,05763	34,7	1,43	5,40	4,97	0,444
	10	3,59	8,55	114,2	0,018	0,05455	36,7	1,53	5,59	5,14	0,427
	25	4,06	9,09	129,1	0,015	0,04964	40,3	1,69	5,88	5,41	0,417
	50	4,42	9,49	140,6	0,014	0,04791	41,7	1,78	6,02	5,54	0,402
	100	4,76	9,85	151,4	0,013	0,04612	43,4	1,86	6,16	5,67	0,392
150°	1	2,84	7,61	90,3	0,022	0,60570	3,3	0,24	2,20	2,02	0,084
	5	4,06	9,09	129,1	0,015	0,04964	40,3	1,69	5,88	5,41	0,417
	10	4,55	9,63	144,7	0,014	0,04791	41,7	1,79	6,04	5,56	0,394
	25	5,17	10,26	164,5	0,012	0,04426	45,2	1,96	6,32	5,82	0,380
	50	5,63	10,71	179,1	0,011	0,04233	47,2	2,07	6,50	5,98	0,368
	100	6,08	11,13	193,4	0,010	0,04032	49,6	2,19	6,68	6,15	0,360
180°	1	3,40	8,32	108,1	0,018	0,05455	36,7	1,51	5,55	5,10	0,444
	5	4,63	9,71	147,3	0,014	0,04791	41,7	1,80	6,05	5,57	0,388
	10	5,12	10,21	162,9	0,012	0,07260	27,5	1,35	5,25	4,83	0,264
	25	5,77	10,84	183,5	0,011	0,04233	47,2	2,09	6,52	6,00	0,361
	50	6,25	11,28	198,8	0,010	0,04032	49,6	2,21	6,70	6,17	0,353
	100	6,72	11,70	213,8	0,009	0,03821	52,3	2,34	6,90	6,35	0,348
210°	1	3,79	8,79	120,6	0,017	0,05296	37,8	1,59	5,69	5,23	0,419
	5	5,72	10,80	181,9	0,011	0,04233	47,2	2,08	6,51	5,99	0,364
	10	6,48	11,49	206,1	0,010	0,04032	49,6	2,23	6,73	6,20	0,344
	25	7,45	12,32	237,0	0,008	0,03598	55,6	2,51	7,15	6,58	0,337
	50	8,14	12,88	258,9	0,008	0,03598	55,6	2,57	7,23	6,65	0,315
	100	8,83	13,41	280,9	0,007	0,03362	59,5	2,76	7,49	6,89	0,312

NOTE :

(1) $T_P = 9 * \pi * (H / 4g)^{0,5}$ periodo di picco dell'onda

(2) $H = H_o * (L_P/L_{Po})^{0,75}$ altezza dell'onda calcolata con il metodo di Resio

(3) $T = 0,92 * T_P$ periodo dell'onda

Tabelle di Wiegel : interpolazione lineare tra i valori

h/Lo	x	h/L	y
478000		480300	
	478405		**480705**
479000		481300	

Calcolo della stabilità dei massi secondo la formula di Hudson (*) **Tab. III**

Dati: ***Note***

Altezza d'onda al piede dell'opera	**H**	2,80	[m]	
Altezza d'onda di picco della mareggiata (+27%	**Hp**	3,56	[m]	
Periodo di ritorno dell'onda	**R**	100,0	[anni]	
Angolo di attacco dei fronti d'onda	α	90,0	[°]	
Coeff. caratteristico dei massi della scogliera	$\mathbf{K_D}$	2,00	-	(a)
Peso specifico dei materiali	γ_s	2,60	[t/m^3]	
Peso specifico dell'acqua marina	γ_w	1,03	[t/m^3]	
Rapporto altezze-lunghezze della scogliera	**a/b**	0,67	-	(b)
Angolo della scogliera sull'orizzontale	β	0,59	[rad]	

Ricavati:

Inclinazione della scogliera sull'orizzontale	**cotang**β	1,50	-	
Peso specifico adimensionalizzato	Δ	1,52	-	(c)

dalla: $\mathbf{H/(\Delta\ D_{50}) = (K_D\ cotang\beta)^{1/3}}$

si ottiene:	$\mathbf{D_{50}}$	1,62	[m]	
da cui	$\mathbf{W_{50}}$	8,39	[t]	(d)

Peso minimo dei massi di scogliera:	$\mathbf{W_{min}}$	6,29	[t]	(e)
Peso massimo dei massi di scogliera	$\mathbf{W_{max}}$	10,49	[t]	(e)

Note

(*) Formula modificata dalla W.E.S. di Vicksburg (Missouri)

(a) Massi naturali a spigoli vivi, disposti alla rinfusa con onde frangenti (vedi tabella IV)

(b) Scarpata del paramento 1 su 1,5

(c) $\Delta = [(\gamma_s/\gamma_w)-1]$

(d) Peso medio di un solido a forma cubica e di uno a forma sferica

(e) Il peso medio oscilla in un intervallo tra 0,75 e 1,25 W_{50}.

9 ASPETTI DELLA CANTIERIZZAZIONE

La esecuzione di tutti gli interventi sopra descritti comporta l'impiego di mezzi operativi adatti a trasportare, movimentare, assemblare le varie opere. Si può generalmente prevedere la necessità di impiego di escavatori cingolati, escavatori a ragno, pale gommate, dumper, betoniere.

Sulla base dei sopralluoghi eseguiti, della conoscenza dei luoghi acquisita durante i precedenti lavori e valutati i vari vincoli cogenti lo scrivente ritiene che la cantierizzazione non possa che essere eseguita da terra.

I fondali antistanti i luoghi ove occorre intervenire sono ingombri di scogli semisommersi, dislocati dalle mareggiate, che creano notevoli problemi di accesso ad un mezzo marittimo. Le profondità non sono elevate e a 15-20 metri da riva (distanza massima a cui potrebbe arrivare lo sbraccio di una gru su un pontone) il fondale è di soli 2 metri. La batimetrica dei -5 m si trova a circa 80-100 metri da riva.

In queste condizioni non è possibile far avvicinare un pontone che, carico, ha bisogno di almeno 2,50-3,00 m di fondale con mare perfettamente calmo.

Si tenga conto poi che il limite della ZSC, all'interno del quale è molto complicato eseguire operazioni marittime, è molto vicino alla linea di riva.

Per queste ragioni è opportuno prevedere di realizzare una pista di avvicinamento sulla quale far transitare i mezzi operativi: l'accesso più agevole è dalla rampa adiacente al campo sportivo al limite occidentale della spiaggia di Marina Grande. I mezzi possono percorrere la spiaggia e arrivare agevolmente sino all'ultimo pennello. Da qui in avanti si dovrà costruire un passaggio creando una pista in materiale arido (tout-venant) opportunamente analizzato e controllato. Il percorso da coprire è di circa 90 metri: ipotizzando la costruzione di una pista di larghezza 3 metri e spessore di circa 80-100 cm si dovrà impiegare un volume di materiale lapideo di circa 200 mc.

Tale materiale, a fine lavori, potrà poi essere utilizzato per ripascere la spiaggia.



Figura 45 - Vista complessiva dell'area: in giallo il percorso dei mezzi sulla spiaggia di Marina Grande e in rosso il tracciato della nuova pista.

10 CONCLUSIONI

Lo stato di forte alterazione della parte inferiore del versante sottostante i fabbricati residenziali di via della Costa civ. 6, causato dalle mareggiate eccezionali del 29-30 ottobre 2018, ripetute nel

novembre 2019 e dalle precipitazioni di forte intensità del 23-24 novembre 2019 è stato verificato e attentamente valutato nel corso di diversi sopralluoghi, eseguiti sia dai tecnici incaricati dalla Committenza, sia funzionari del Comune di Arenzano.

Il dissesto che crea allarme nei residenti è stato oggetto di descrizione e rapporto, mediante una relazione tecnica preliminare, che è stata trasmessa e illustrata anche agli uffici della Agenzia del Demanio e della Regione Liguria.

L'area interessata dalle criticità, infatti, ricade interamente in area del Demanio marittimo.

Le maggiori criticità sono costituite da erosioni del piede della scarpata nella parte di levante e sgrottamenti e distacchi strutturali del muraglione in calcestruzzo posto a difesa della parte di ponente, all'estremo est della spiaggia di Marina Grande.

L'evidente fenomeno di erosione in atto, in particolare sul sedime del Demanio marittimo, mette a rischio la stabilità dell'intero versante e – se trascurata e non arrestata con opere di contrasto e difesa – può estendere il pericolo anche alle costruzioni presenti in sommità al versante e alla strada comunale via della Costa; sotto la scarpata, pochi metri all'interno transita inoltre la galleria della ex sede ferroviaria, oggi trasformata in passeggiata pubblica di proprietà comunale (lungomare Fabrizio De Andrè).

E' quindi chiaramente urgente e necessario intervenire con opere di rinforzo delle scogliere già esistenti, di sistemazione delle porzioni di terreno scalzate dai marosi, con la riparazione delle reti protettive esistenti e con sottomurazioni e consolidamenti dell'opera muraria posta alla base del versante.

L'intero intervento verrà eseguito da terra, non potendo accedere all'area dal mare, essendo i fondali troppo poco profondi per consentire l'avvicinamento di un pontone; la zona antistante l'area di intervento inoltre è interessata dalla ZSC marina n. 1332477 e pertanto soggetta a particolare salvaguardia ambientale.

L'area è tutelata anche dal punto di vista paesaggistico e ricade in zona soggetta a vincolo idrogeologico.

Il progetto è pertanto corredato da una Relazione Paesaggistica, una Relazione Geologica e una Relazione di Incidenza e dallo Studio Preliminare Ambientale necessario per la attivazione della procedura di VIA.

Non è stato necessario redigere la Verifica Preventiva di Interesse Archeologico, in ragione del fatto che non sono presenti scavi, l'opera è realizzata interamente da Privati non supera l'importo di 1.000.000 di euro.