Committente:

COMUNE DI ARENZANO

Via S. Pallavicino, 39 - 16011 Arenzano (GE)

Oggetto:

INTERVENTI DI DIFESA DELLA COSTA E DELL'ABITATO DI ARENZANO
LOTTO 1: SCOGLIERA SOMMERSA DI PONENTE, RIFIORIMENTO SCOGLIERA PIAZZALE DEL MARE

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Titolo elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA
(documento redatto dal Dott. Geol. Roberto De Franchi)

Progettista:

INGEPRO Ingegneri Associati

Corso Torino 17/6 sc.A - 16129 Genova
Tel. 010.5740568 - fax : 010.4211059
e-mail: studio@ingepro.eu - PEC: studio@pec.ingepro.eu
C.F. e P. IVA: 02726060995

Revisione	Data	Redatto da:	Verificato da:	Approvato da:	Descrizione
0	14.06.2024	RX	SC	RG	Emissione

Firmato digitalmente da **Riccardo Giammarini**
O = Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova
C = IT

Nome elaborato: P087_PF_R04_Rel_geologica

Scala:

Commessa:	Livello prog:	Elaborato:
P087	PF	R04

COMUNE ARENZANO (GE)

INTERVENTI DI DIFESA DELLA COSTA ED ABITATO DI ARENZANO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE GEOLOGICA

DATA	*REVISIONE*	*DESCRIZIONE*
17-05-2024	Rev 0	Emissione in bozza per commenti

STUDIO GEOLOGICO
Dott. Geol. Roberto De Franchi
Via Dante 2/82 – 16121.- Genova;
Tel 0100986545 - 3356371274
e-mail : robertodefranchi@libero.it
Consulenze geologiche - Indagini geognostiche- Prove geotecniche in sito - Sondaggi penetrometrici statico-dinamici -Monitoraggi geotecnici ed ambientali



SOMMARIO

1 PREMESSA 3

1.1 ASPETTI NORMATIVI 3

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO 7

3 ASSETTO DEL LITORALE 10

4 CAMPIONAMENTO E ANALISI DEL MATERIALE 24

5 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO 29

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO 29

6.1 PARAMETRI SISMICI AL SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO-ORIZZONTALE 29

6.2 EFFETTI DI SITO - AMPLIFICAZIONE LOCALE 32

6.3 PARAMETRI SISMICI AL SITO EFFETTIVO 34

7 STIMA DEI CEDIMENTI 37

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE CON INDICAZIONI PER LE CARATTERISTICHE DEI MASSI DELLE SCOGLIERE 40

1 PREMESSA

La presente relazione fa parte della progettazione di fattibilità tecnica ed economica relativa ad una serie di interventi di difesa della costa ed abitato di Arenzano.

In particolare si tratta della realizzazione di una scogliera sommersa di fronte all'arenile nel tratto compreso tra il porto e la foce del T. Cantarena ed il ripristino e rinforzo della scogliera esistente a protezione del Piazzale del mare.

1.1 ASPETTI NORMATIVI

Gli aspetti normativi specifici di carattere geologico cui farà riferimento la presente relazione, sono relativi alle discipline legislative di seguito riportate e sono restituiti graficamente nella Tavola 1.

1.1.1 Autorità di Bacino Distretto Appennino Settentrionale

L'Autorità di distretto dell'Appennino Settentrionale è un ente pubblico non economico, di rilievo nazionale, vigilato dal Ministero della Transizione Ecologica.

Nasce a seguito della riforma distrettuale avviata con l'art. 51 della legge 28 dicembre 2015, n. 221 (cd. Collegato Ambientale). Nell'arco di due anni – dal 2016 al 2018 – attraverso alcuni provvedimenti attuativi della riforma distrettuale, tra i quali in particolare il d.m. 25 ottobre 2016, n. 294 e il d.p.c.m. 4 aprile 2018, l'Autorità si è strutturata e organizzata ed è divenuta pienamente operativa, prendendo il posto delle Autorità di bacino previste dalla legge 183/1989, soppresse ex legge nel 2015.

L'Autorità di distretto si occupa, in primo luogo, di pianificazione di bacino: elabora e approva il Piano di bacino distrettuale e i relativi stralci tra cui in particolare quelli previsti dall'art. 63 comma 10 lettera a) del d.lgs. 152/2006, ossia il "Piano di gestione del rischio di alluvioni" e il "Piano di gestione delle acque", due importanti piani direttori in materia di alluvioni e di acque, redatti ai sensi delle direttive europee 2000/60/CE e 2007/60/CE.

Provvede ad aggiornare il quadro conoscitivo in termini di pericolosità da alluvione e da dissesti geomorfologici attraverso l'emanazione e l'aggiornamento del ***Piano di gestione del rischio di alluvioni PGRA*** e l'elaborazione del ***PAI dissesti***.

Queste specifiche cartografie si riferiscono esclusivamente alle aree emerse.

1.1.1.1 PGRA

Il *Piano di gestione del rischio di alluvioni,* come già accennato, è previsto dalla Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. 'Direttiva Alluvioni') e mira a costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, al fine di ridurre le conseguenze negative nei confronti della salute umana, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche.

È stato approvato, ai sensi degli articoli 57, 65 e 66 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con d.p.c.m. 1° dicembre 2022, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 31 del 7.02.2023.

Dallo stralcio della cartografia riportata in Tavola 1, la spiaggia e la parte più esterna del Piazzale del Mare risultano situate in *zona a Pericolosità da Alluvione in ambito costiero P3.*

Le zone P3 sono inondabili, per ingressione delle acque marine, da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 50 anni. La definizione delle aree P3 è basata su elaborazioni modellistiche tenendo conto dell'attuale andamento della linea di riva e delle statistiche del clima meteromarino.

Per quanto riguarda gli interventi i progetto si rileva che non sono in contrasto con la Disciplina di Piano attualmente in vigore (*aggiornamento e revisione del PGRA ai sensi dell'art. 7 del D.Lgs 49/2010….secondo ciclo di gestione, dicembre 2021*) e non necessitano di specifico nulla-osta o autorizzazione da parte degli uffici competenti.

1.1.1.2 PAI dissesti

Nella seduta della Conferenza Istituzionale Permanente (CIP) del 28 marzo 2024 è stato adottato in via definitiva il PAI dissesti e le relative misure di salvaguardia. Con la pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale n.82 del 8 aprile 2024 dell'avviso di adozione del PAI e delle misure di salvaguardia quest'ultime diventano pienamente vigenti.

Nello stralcio della *Mappa di Pericolosità da dissesti di natura geomorfologica* riportato in Tavola 1 l'area del piazzale del Mare risulta classificato in zona P1, mentre tutte le spiagge ricadono al di fuori delle zone a pericolosità geomorfologica.

Anche in questo caso si rileva che gli interventi in progetto non sono in contrasto con la Disciplina di Piano attualmente in vigore (la Disciplina di Piano attualmente in vigore

(*Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica – PAI dissesti, Marzo 2024*) e non necessitano di specifico nulla-osta o autorizzazione da parte degli uffici competenti.

1.1.2 Piano di Bacino Regionale

Per quanto riguarda la normativa di Piano di Bacino Regionale (riassorbita ed integrata da quella di Distretto sopra descritta) l'area a terra rientra nel *Piano di Bacino Ambiti 12-13* approvato con DCP n. 65 del 12/12/2002 e s.m.i ai sensi del DL 180/98 e smi.

Dall'analisi della cartografia e della normativa specifica si possono effettuare le seguenti considerazioni:

- Sulla Carta della suscettività al dissesto tutta l'area relativa alle spiagge risulta cartografata in area Pg0 - Suscettività Molto Bassa, mentre la zona relativa al Piazzale del Mare risulta classificata in area Pg1 - Suscettività Bassa Tipo B2 – Discariche dimesse e riporti antropici.
- Sulla Carta del rischio geologico tutta la zona della costa prospiciente il progetto viene considerata in classe R0 – Rischio geologico lieve o trascurabile.
- Nella *Carta delle Reticolo idrografico Regionale* l'area è compresa tra la foce del Rio Cantarena a NE e del Rio San Martino o delle Piane a SW che sottendono rispettivamente un bacino di circa 4.84 e 2.52 kmq.
- Nella Carta delle fasce di inondabilità in corrispondenza della foce del Rio Cantarena è presente una vasta area identificata in fascia C, mentre in corrispondenza della foce del Rio S. Martino (o Rio delle Piane) non sono presenti fasce inondabili.
- Nella Carta del rischio idraulico tutta la zona della costa prospiciente il progetto viene considerata esterna alle aree a rischio idraulico.

Sulla base della cartografia sopra citata e della disciplina specifica si può pertanto dichiarare che l'intervento sotto questo aspetto non ha nessuna problematica od interferenza, risulta pertanto compatibile con la normativa di piano di bacino e non necessita di alcuna autorizzazione o nulla osta da parte dell'ufficio regionale locale competente.

1.1.3 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda il vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. n. 3267 del 30.12.1923, della L.R. 4/99 e secondo la perimetrazione del PdB ambiti 12-13, tutta la zona relativa alla costa ed alle spiagge risulta perimetrata in vincolo idrogeologico, mentre a monte della strada Aurelia buona parte di Villa Pallavicini e del centro storico del paese risulta esclusa dalla normativa di vincolo.

In relazione alla tipologia degli interventi in progetto non è necessaria nessuna autorizzazione specifica.

1.1.4 NORME TECNICHE – D.M. 17.01.2018

L'indagine è svolta conformemente a quanto prescritto dal D.M. (Min. Infrastrutture) 17.01.2018 (Approvazione norme tecniche per le costruzioni).

L'obiettivo di questo studio è quello di definire le caratteristiche geologiche e geomorfologiche della zona di intervento e valutare le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti, ai sensi ed in ottemperanza alle *Norme tecniche* vigenti.

1.1.5 ZONA SISMICA

Conformemente a quanto riportato nella nuova classificazione sismica ai sensi della D.G.R. n. 216 del 17.03.2017 e s.m.i. **il Comune di Arenzano è classificato in zona sismica 4**.

Stabilite le caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito, saranno definite le categorie di sottosuolo e le condizioni topografiche necessarie per la valutazione della risposta sismica locale (§ 3.2.2 del D.M. 17.01.2018).

Saranno perciò forniti i parametri sismici che definiscono la pericolosità sismica di base del sito, per la determinazione dell'azione sismica di progetto (§ 3.2 del D.M. 17.01.2018).

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area in esame interessa il tratto di costa compreso tra il Porto di Arenzano e il Piazzale del Mare.



Dal punto di vista geologico il territorio di Arenzano è caratterizzato da una notevole complessità geologica e strutturale rappresentata da varie unità e litotipi del Dominio oceanico Piemontese-Ligure. La principale è rappresentata dall''Unità Tettonometamorfica di Voltri (definita comunemente *ofioloti del gruppo di Voltri*) costituita dalla classica sequenza di rocce ofiolitiche, peridotiti , gabbri e basalti che a seguito del metamorfismo conseguente all'orogenesi regionale si sono trasformate in serpentiniti, metagabbri e metabasalti.

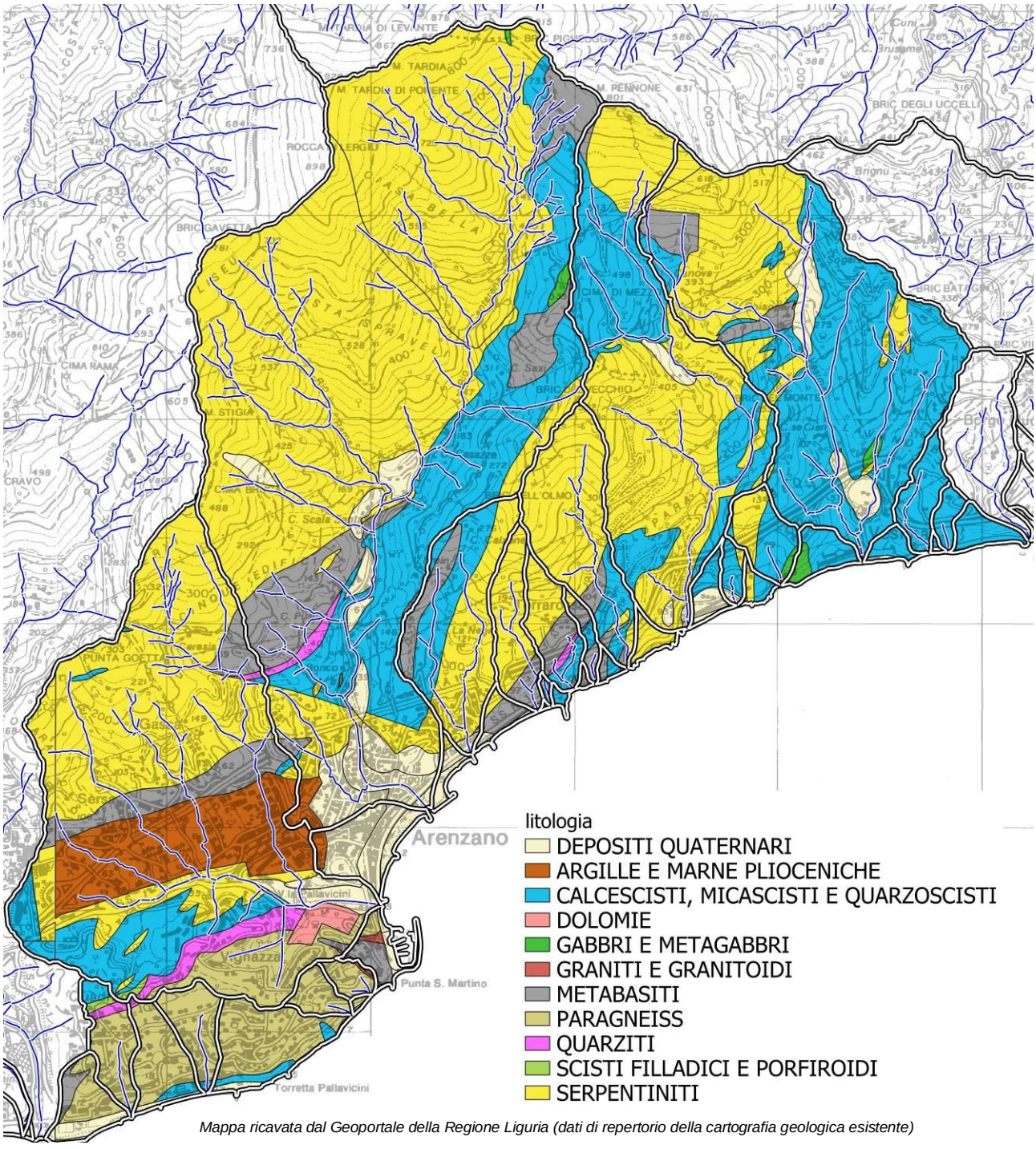
Sovrapposte alle ofioliti si trovano le coperture sedimentarie di età giurassica e cretacea composte da depositi pelagici silicei e carbonatici trasformate in rocce metamorfiche rappresentate da quarziti e calcescisti

Al margine sud occidentale le unità ofiolitiche sono in contatto tettonico con l'Unità Tettonometamorfica di Arenzano (comunemente denominato *Massiccio cristallino di Arenzano,* perlopiù affiorante o subaffiorante nella zona della Pineta) costituiti da metasedimenti e paragneiss.

Nell'immediato interno ad ovest del nucleo abitato, sovrapposti ai complessi metamorfici si ritrovano inoltre dei lembi pliocenici (*Formazione delle Argille di Ortovero*) che sono depositi sedimentari di mare aperto, costituiti da litotipi marnoso-argillosi e conglomeratici.

La composizione delle alluvioni alla foce dei due corsi d'acqua che sfociano nel paraggio in studio risulta evidentemente eterogenea e connessa alla composizione litologica dei loro bacini idrografici che ricalcano la complessa morfologia dell'entroterra.

Dal punto di vista litologico possiamo sintetizzare che nei bacini idrografici dei corsi d'acqua che vanno a sfociare sul tratto di costa in esame affiorano prevalentemente serpentiniti e calcescisti cui localmente sono sovrapposte i depositi pliocenici e misura minore le metabasiti e le restanti formazioni geologiche.



Mappa ricavata dal Geoportale della Regione Liguria (dati di repertorio della cartografia geologica esistente)

In corrispondenza del tratto di costa prospiciente l'area di intervento, come substrato geologico sottostante ai depositi quaternari, è presente principalmente la formazione

pliocenica delle *Argille di Ortovero* che è costituita da argille giallastre con intercalazioni di sabbie e conglomerati talora minuti in matrice rossastra con la frequente presenza di lenti marnose grigio azzurre.

Nel paraggio costiero interessato dalle opere a progetto non sono presenti affioramenti o scogli (che si ritrovano invece più a levante) che possano testimoniare la presenza di roccia affiorante o subaffiorante a poca profondità, per cui sulla base dell'assetto fisiografico generale è possibile stimare uno spessore di sedimenti marini di circa 10-20 m circa.

Dal punto di vista geomorfologico il territorio di Arenzano presenta un andamento molto articolato con morfologie aspre e molto incise verso monte che si raccordano ad una fascia a debole pendenza, e con forme addolcite, impostata sui depositi pliocenici che delimitano la peculiare forma spianata per terrazzamento marino della zona del promontorio della Pineta.

Il reticolo idrografico dei due torrenti che sfociano nel paraggio in studio risulta molto articolato e complesso in conseguenza dell'evoluzione tettonica della zona e della differenza di comportamento meccanico delle rocce del substrato.

Il Rio san Martino (o rio delle Piane) scorre con andamento orientato da Ovest verso Est e presenta gli affluenti di maggiore importanza in sponda sinistra (con andamento orientato circa nord-sud); il Torrente Cantarena che ha un bacino sensibilmente più grande scorre invece con orientamento principale nord-sud e presenta i maggiori affluenti in sponda sinistra (vedi stralcio carta del reticolo idrografico in tav Geo-T1).

3 ASSETTO DEL LITORALE

La storia evolutiva della spiaggia di Arenzano è stata analizzata in vari studi a supporto della progettazione dei diversi interventi che si sono sviluppati e realizzati negli ultimi vent'anni ed è stata ben sintetizzata nella Relazione generale cui si rimanda integralmente.

Di seguito si riportano le osservazioni e la descrizione dello stato attuale sulla base dei sopralluoghi che sono stati appositamente effettuati in questa fase.

Si è anche fatta una valutazione della tipologia dei massi utilizzati per la realizzazione delle scogliere e dei pennelli (molto eterogenei sotto l'aspetto litologico) maniera da fornire indicazioni per la fornitura dei massi necessari alla realizzazione degli interventi in progetto

° ° °

Partendo dal molo di sottoflutto del porto, il paraggio è caratterizzato da una spiaggia di circa 110 m, delimitata a Nord dal pennello in massi in destra orografica della foce del Rio S. Martino (o Rio delle Piane). Si tratta di una spiaggia di natura prevalentemente sabbiosa e sabbiosa ciottolosa.







°° - ** - °°

Il tratto terminale del rio Rio S. Martino, prima della zona litorale, è tombinato per circa 40 m, dalla Via Aurelia fino allo sbocco a mare che è delimitato da due pennelli in massi di cui quello in sponda sinistra di dimensioni sensibilmente maggiori



I massi del pennello in sponda destra hanno una forma prevalentemente tabulare e sono costituiti in prevalenza da quarziti ed areniti chiare (oltre l'80% di quelli a vista) mescolati ad altri litotipi chiari, Gneiss, e in misura molto ridotta a serpentiniti (< del 5 %)

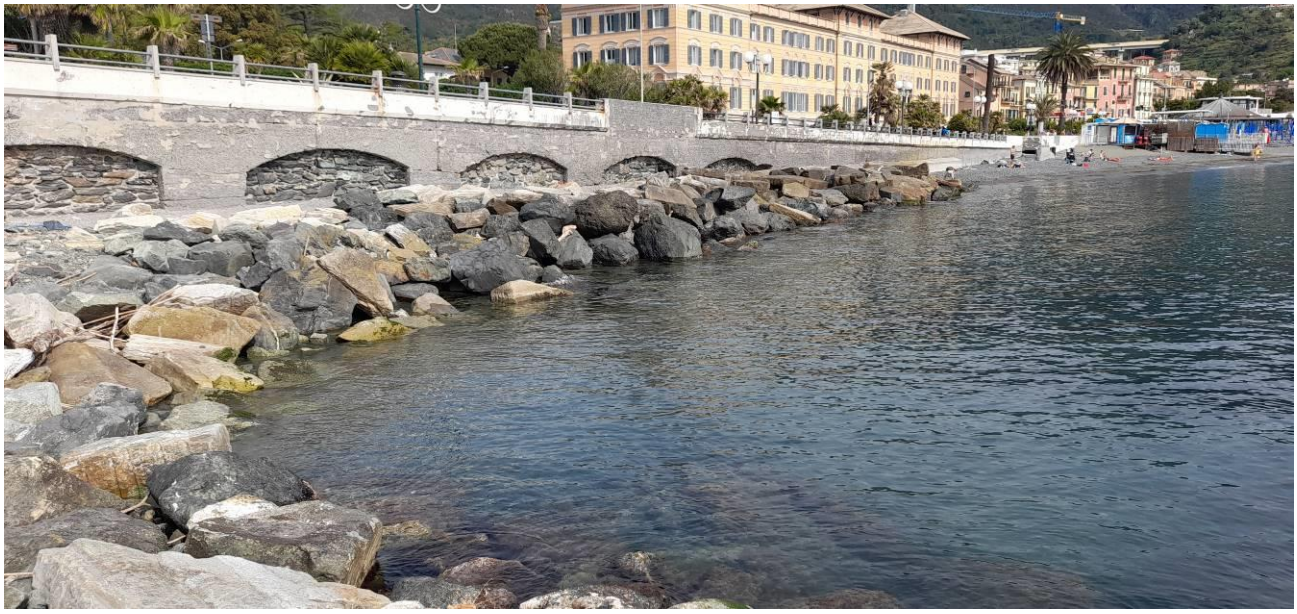


Nel pennello in sponda sinistra sono invece nettamente prevalenti i massi di litotipi ofiolitici metabasiti , basalti e serpentiniti (oltre 90 %) frammisti a litotipi d gneiss.



°° - ** - °°

Il pennello in sponda sinistra si raccorda con una scogliera radente di una cinquantina realizzata a protezione dello scalzamento della muratura di sostegno della passeggiata





In questo caso la litologia dei massi della scogliera è più eterogenea con un nucleo di rocce ofiolitiche a forma più arrotondata (ca 40% basalti e 20% serpentiniti), cui sono sovrapposti massi di forma tabulare costituiti da quarziti e areniti chiare.

°° - ** - °°

A levante della scogliera radente si sviluppa la spiaggia del centro del paese che si sviluppa per circa per 430 m in direzione NNE sino alla foce del torrente Cantarena; è suddivisa in 2 celle da un pennello posto in posizione circa baricentrica costituito da un nucleo in calcestruzzo con rivestimento e prolungamento a mare in massi.

La cella più a ponente è costituita da sedimenti eminentemente ciottolosi e ciottoloso-sabbiosi ed è e caratterizzata da una forma fortemente asimmetrica in relazione alla direzione del trasporto litoraneo dei sedimenti. Sono molto evidenti i fenomeni erosivi in corrispondenza degli appoggi delle strutture balneari fisse nel tratto più a SW.









°° - ** - °°

Il pennello che divide le due celle, come accennato ha un nucleo in calcestruzzo calpestabile e la una protezione esterna in massi che sono prevalentemente costituiti da gneiss (circa 80%) ed in minor misura da ofioliti con colorazione più scura , serpentiniti e calcescisti







°° - ** - °°

La spiaggia della cella più a levante, che si sviluppa per circa 240m, è più profonda e con una forma arcuata all'incirca simmetrica rispetto ai due pennelli che la delimitano. I sedimenti sono prevalentemente sabbiosi con componente ghiaioso ciottolosa prevalente in prossimità della battigia





°° - ** - °°

La foce del T. Cantarena, dopo il tratto tombinato che scorre sotto all'Aurelia ed al piazzale attiguo, è delimitato a ponente da un pennello con il nucleo calpestabili in cls, bordi e prolungamento in massi, e a levante dalla scogliera che delimita la colmata del

Piazzale del mare. Tale colmata deriva da riempimenti successivi dei materiali di scavo delle gallerie ferroviarie e autostradali e di riporti di vario genere nelle epoche successive.





I massi che contornano il pennello in sponda destra e l'argine in sponda destra e ne costituiscono il prolungamento sono in prevalenza costituiti da graniti chiari e gneis (ca 80%-90%) e in minor misura da calcescisti e prasiniti.









°° - ** - °°

La mantellata in massi presente su tutti i lati esterni della colmata ha subito a seguito delle ultime mareggiate più intense (in particolare quella dell'ottobre del 2018) ha subito importanti fenomeni di sconnessione e parziale scalamento e sommersione dei massi più esterni.





Per questo motivo non garantisce più una adeguata protezione alla muratura che delimita il fronte a mare che ha subito tutta una serie di lesioni in diversi punti ed importanti fenomeni di scalzamento e svuotamento del sottofondo della base del muro per almeno 3/4 del suo sviluppo.



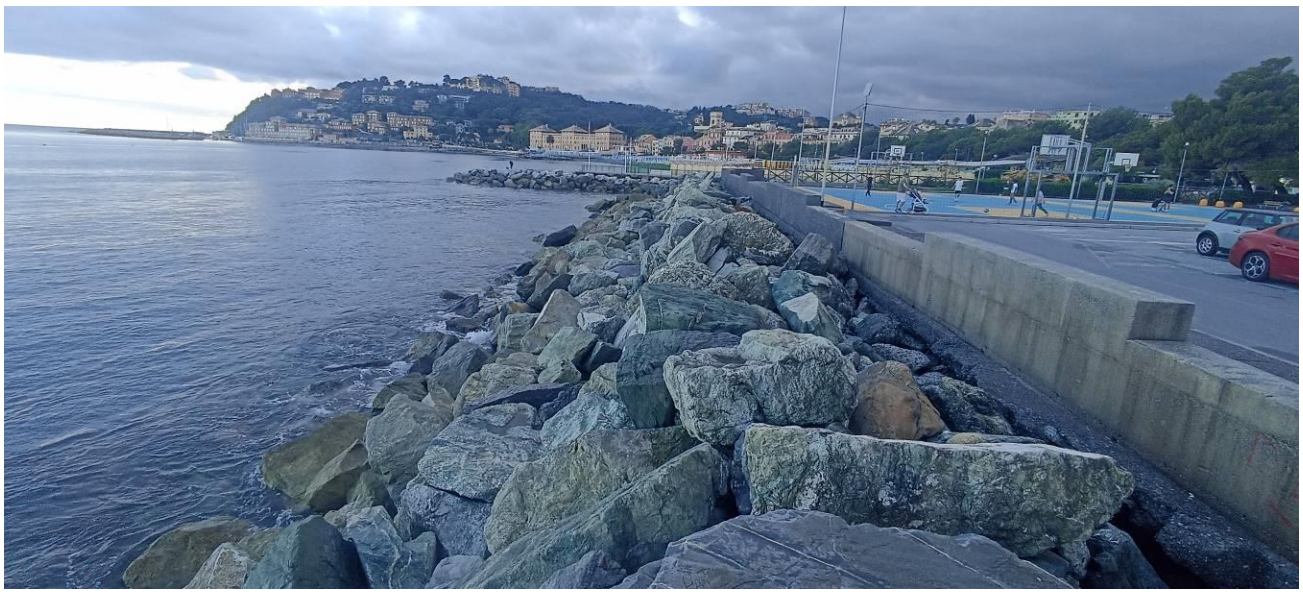


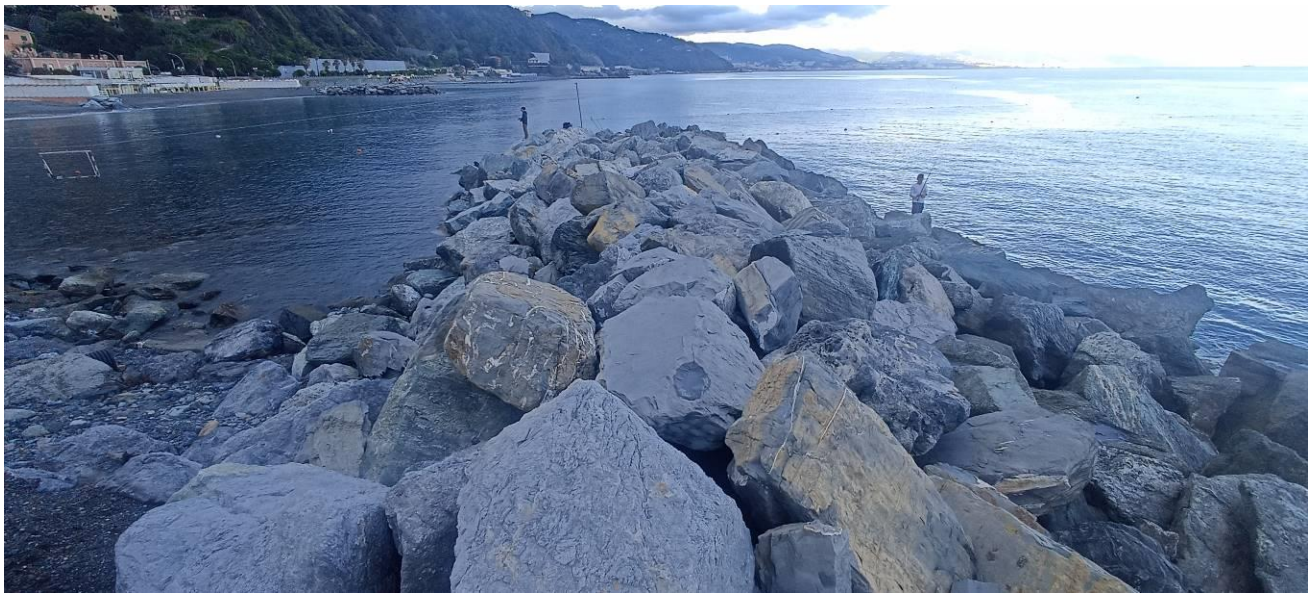




I massi che costituiscono la mantellata sono caratterizzati da una estrema eterogeneità sia dal punto di vista litologico sia dal punto di vista dimensionale e di forma in relazione alla diversa epoca di posa.

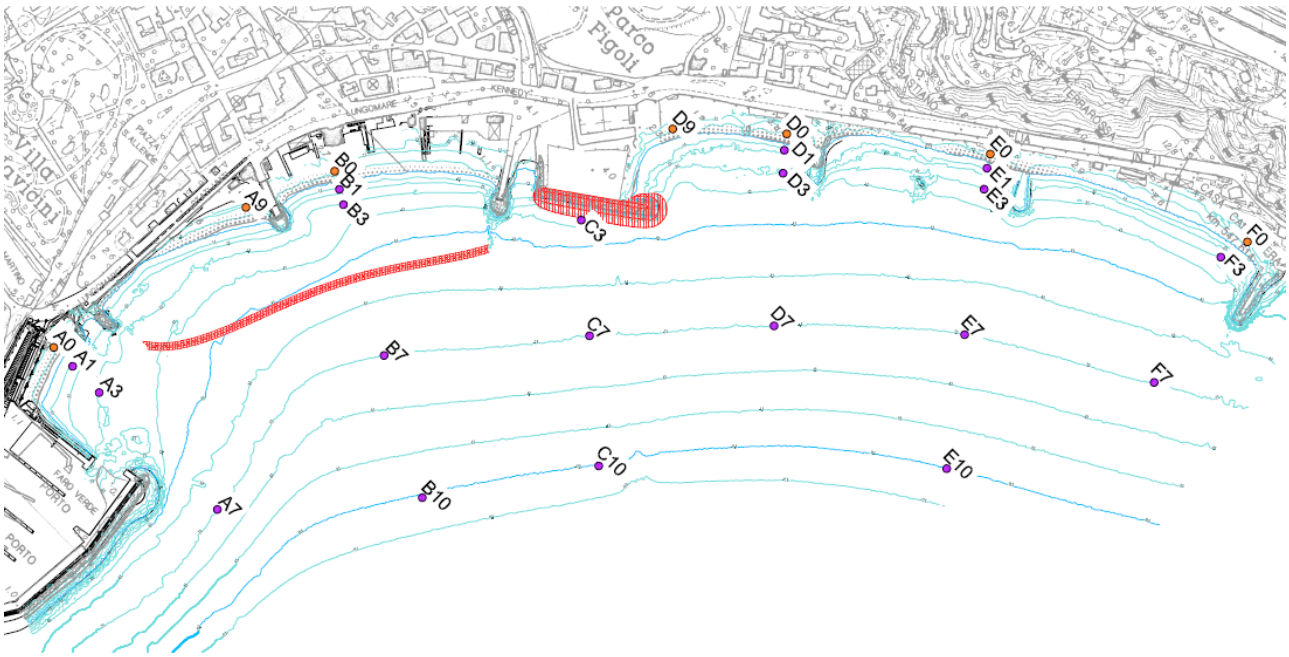
In alcuni settori sono nettamente prevalenti litotipi chiaro verdastri come prasiniti, calcescisti serpentiniti, in altre zone sono invece prevalenti litotipi, probabilmente di più recente fornitura, costituiti da gneiss, graniti e calcari e calcari dolomitici.



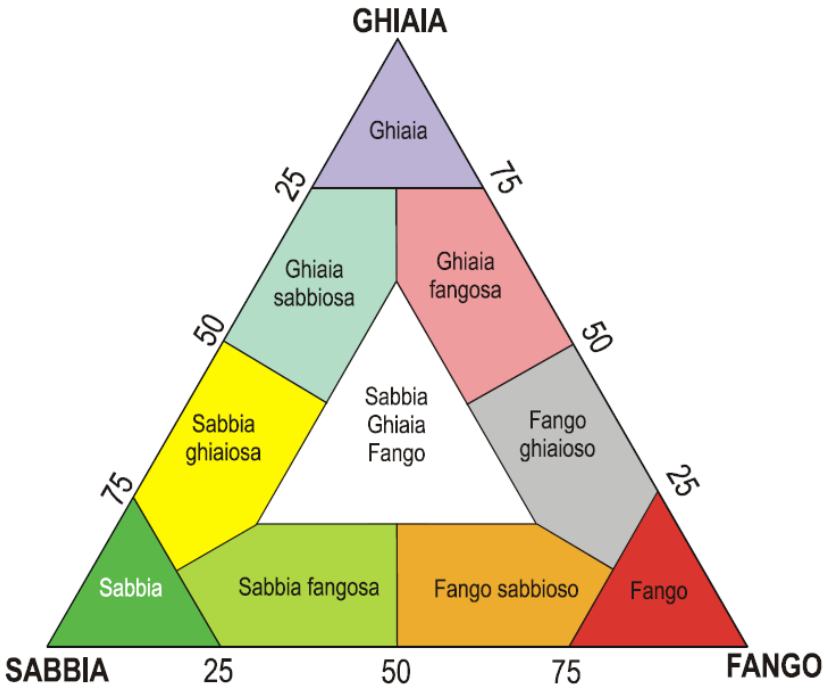


4 CAMPIONAMENTO E ANALISI DEL MATERIALE

Nell'anno 2021 e 2022 sono stati eseguiti un totale di 26 campionamenti di cui 7 a terra e 19 a mare, ubicati come rappresentato nella figura seguente.



Su questi campioni sono state effettuate delle analisi granulometriche di laboratorio e in base ai risultati delle analisi è stata redatta una carta sedimentologica (Tavola GEO-T4 immagine 1) utilizzando la classificazione di Shepard (1954) tramite la quale il sedimento viene classificato attraverso il seguente diagramma ternario a partire dai dati delle diverse componenti granulometriche principali



I certificati delle analisi granulometriche sono riportati in allegato e nella tabella

sottostante sono sintetizzati i risultati più significativi

Campioni Sedimento ARENZANO : prelievi dicembre 2021 (a mare) e gennaio 2022 (a terra)

Campione	COORDINATE GAUSS BOAGA (m)		quota (m)	D50 (mm)	Classi granulometriche				Classificazione SHEPARD (1954)
	E	N			% ciottoli	% ghiaia	% sabbia	% pelite	
A0	1474992,11	4916401,00	0,5	17	59,88	2	38,08	0,04	GHIAIA SABBIOSA
A1	1475021,78	4916401,03	-1	0,18	0	0,1	98,83	1,07	SABBIA
A3	1475063,65	4916401,30	-3	0,18	1,36	1,7	95,95	0,99	SABBIA
A7	1475249,38	4916402,52	-7	0,5	2,8	5,83	90,67	0,7	SABBIA
A9	1475033,61	4916663,54	0,5	8	69,49	26,97	3,54	0	GHIAIA
B0	1475075,15	4916762,36	0,5	18	95,62	3	1,34	0,04	GHIAIA
B1	1475093,34	4916751,80	-1,5	0,2	0	0,01	96,8	3,19	SABBIA
B3	1475108,71	4916742,96	-3	0,24	0	0,28	98,9	0,82	SABBIA
B7	1475259,25	4916656,02	-7	0,18	0	0,39	96,95	2,66	SABBIA
B10	1475402,22	4916574,06	-10	0,16	0	0,01	97,78	2,21	SABBIA
C3	1475308,99	4916918,93	-3,4	0,21	0,26	0,37	98,58	0,79	SABBIA
C7	1475406,85	4916834,10	-7	0,16	0	0,09	96,82	3,09	SABBIA
C10	1475516,83	4916738,77	-10	0,16	0	0,03	98,04	1,93	SABBIA
D0	1475403,54	4917149,45	0,5	6	61,42	14,11	23,99	0,48	GHIAIA
D1	1475414,64	4917134,77	-1,8	0,21	0	0,01	99,19	0,8	SABBIA
D3	1475431,60	4917115,68	-3	0,19	0	0	98,44	1,56	SABBIA
D7	1475545,00	4916987,96	-7	0,17	1,98	1,17	94,51	2,34	SABBIA
D9	1475309,39	4917063,21	0,5	2,5	23,35	36,38	39,87	0,4	GHIAIA SABBIOSA
E0	1475580,49	4917294,67	0,5	12	79,87	19,19	0,31	0,63	GHIAIA
E1	1475589,07	4917280,93	-1	0,2	0,35	1,43	96,75	1,47	SABBIA
E3	1475603,46	4917262,07	-3	0,18	0	0,61	98,54	0,85	SABBIA
E7	1475702,76	4917131,87	-7	0,17	0,32	0,23	96,02	3,43	SABBIA
E10	1475794,30	4917011,85	-10	0,16	0	0,12	96,86	3,02	SABBIA
F0	1475853,35	4917428,82	0,5	12	90,85	8,67	0,21	0,27	GHIAIA
F3	1475844,35	4917395,78	-3	0,18	0	0,33	98,82	0,85	SABBIA
F7	1475890,44	4917244,21	-7	0,14	0	0,59	95,83	3,58	SABBIA

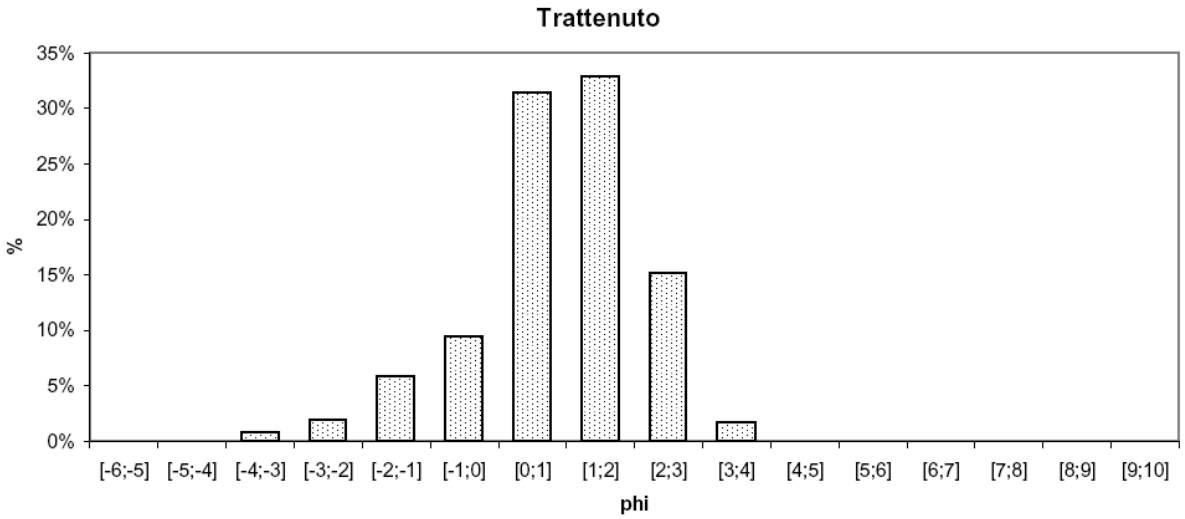
Nel complesso emerge che nella parte emersa della spiaggia sia prevalente la componente di ghiaia e ciottoli (così come evidenziato anche dalle osservazioni dirette effettuate in questa fase e descritte nel paragrafo precedente), mentre i campioni della zona sommersa evidenziano una netta prevalenza di sabbia.

Per effettuare una valutazione generale della classazione granulometrica sull'intero areale è stata presa in considerazione anche la variazione della frazione più fine di pelite e del diametro medio: si è potuto quindi cartografare l'aumento della frazione di pelite (Tavola GEO-T4 immagine 2) e la diminuzione del diametro medio (Tavola GEO-T4 immagine 3) in funzione della profondità e della distanza dalla costa e dal paraggio del porto.

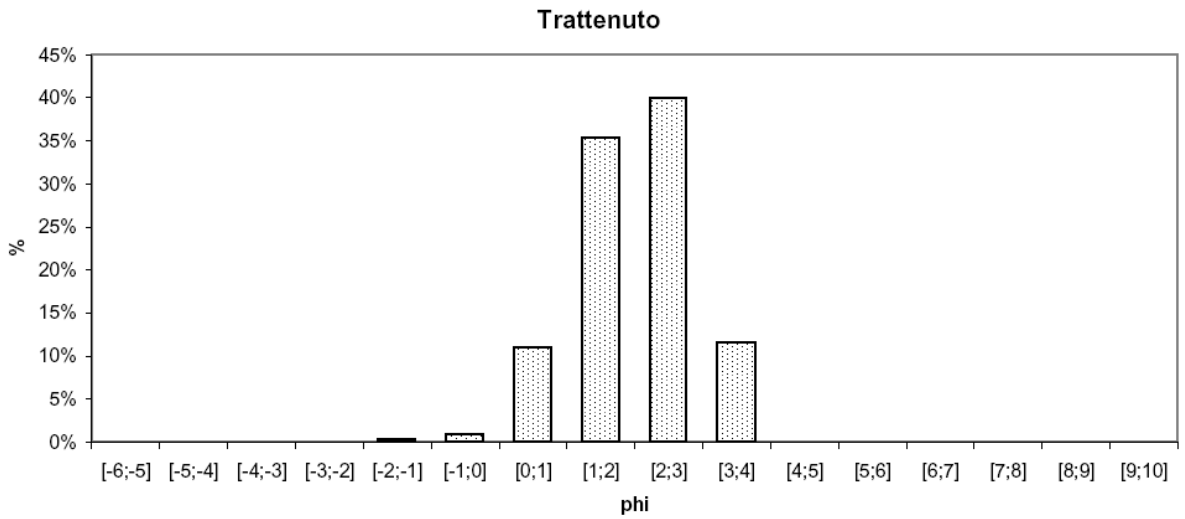
* * ° ° ° **

I campioni più prossimi e rappresentativi del fondale ove sono previsti gli interventi in questo progetto sono A3-A7 e B3-B7 per la scogliera sommersa di ponente e C3 per il rifiorimento della scogliera del Piazzale del Mare.

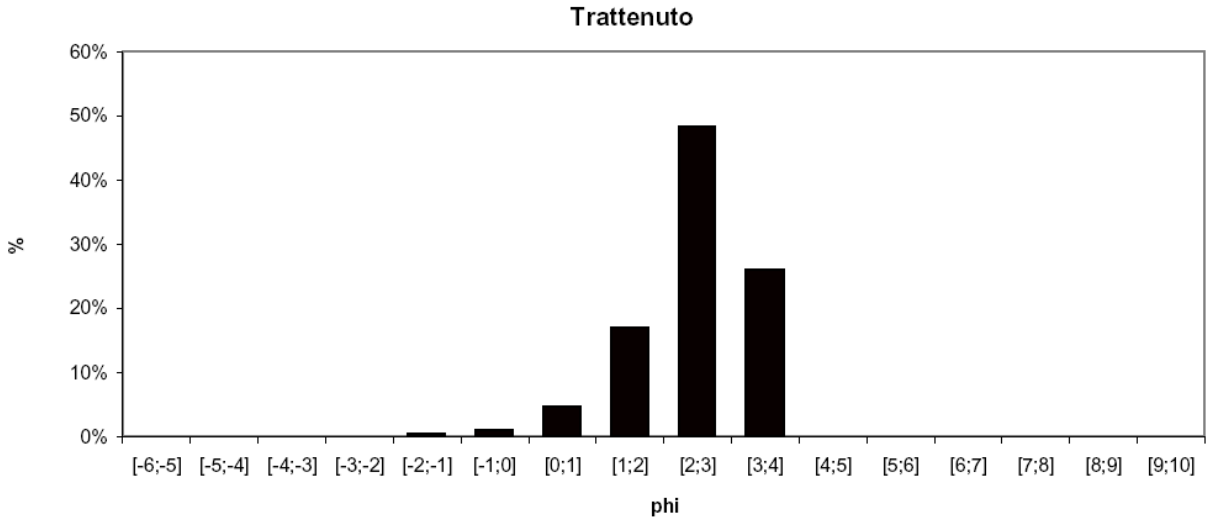
Id. Campione :	A7	Data Ricevimento : 20/01/2022
Descrizione :	sabbia medio-fine	Data Prova : 31/01/2022



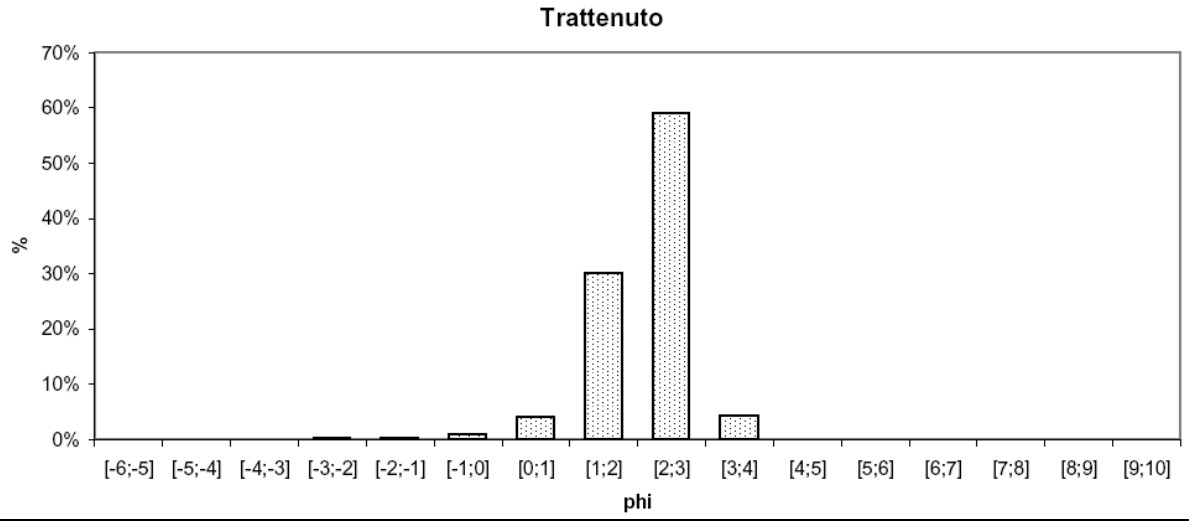
Id. Campione :	B3	Data Ricevimento : 20/01/2022
Descrizione :	sabbia medio-fine	Data Prova : 28/01/2022



Id. Campione :	B7	Data Ricevimento : 20/01/2022
Descrizione :	sabbia fine	Data Prova : 01/02/2022



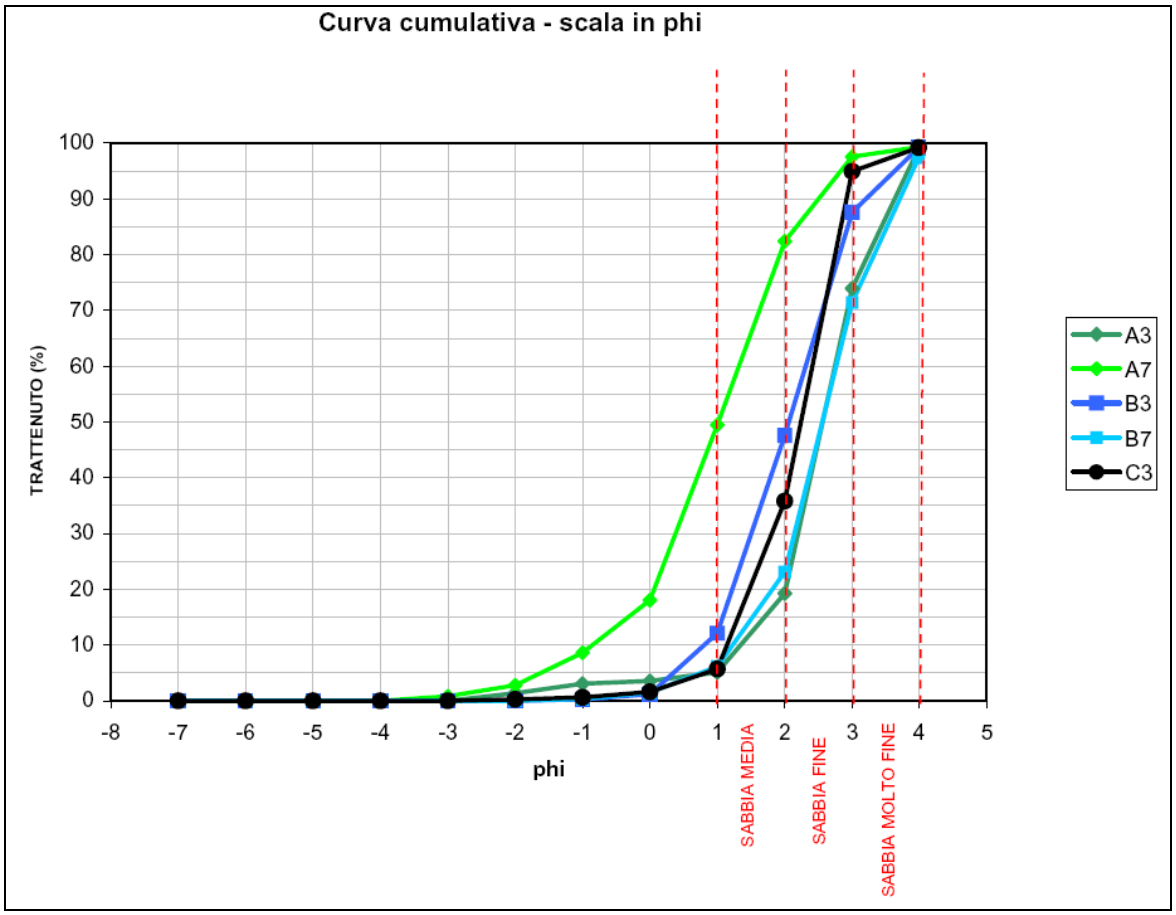
Id. Campione :	C3	Data Ricevimento : 20/01/2022
Descrizione :	sabbia fine	Data Prova : 28/01/2022



Per questi campioni è stata analizzata nel dettaglio la granulometria in base alla scala di Udden-Wentworth (1922).



In base alla percentuale trattenuta in relazione al diametro espresso in phi i campioni hanno messo in evidenza una netta prevalenza di sabbia fine e medio-fine che corrisponde ad un diametro dei granuli compreso tra 0.125 e 0.5 mm.



5 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Sulla base della documentazione bibliografica disponibile, delle osservazioni dirette e delle valutazione sulla analisi granulometriche analizzate nel paragrafo precedente, e tenendo presente la tipologia e le dimensioni degli interventi in progetto, è possibile definire un modello geologico del sottosuolo molto semplice e costituito da un unico strato di depositi marini molto uniformi di spessore compreso tra 10 e 20 m.

E' costituito da sabbia fine e medio fine sciolta o debolmente addensata per il quale è possibile valutare i seguenti parametri geotecnici medi.

angolo d'attrito efficace	ϕ = 31-33°
coesione efficace	c' = 0 kPa
peso di volume saturo	γ_s = 18.5 KN/m^3

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

In riferimento al D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" del Ministero delle Infrastrutture, l'accelerazione orizzontale massima al suolo prevista per il sito in esame ($\mathbf{a_{max}}$) può essere valutata in funzione della situazione stratigrafica (coefficiente stratigrafico S_S) e topografica (coefficiente topografico S_T) locale:

$$\mathbf{a_{max}} = S \cdot a_g = (S_S \cdot S_T) \cdot a_g$$

essendo $\mathbf{a_g}$ l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido con superficie orizzontale (suolo di categoria A quale definita al § 3.2.2).

6.1 PARAMETRI SISMICI AL SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO-ORIZZONTALE

I valori di $\mathbf{a_g}$ sono ricavati dai dati forniti dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Ministero delle Infrastrutture) e pubblicati sul sito www.cslp.it.

Sul sito istituzionale sopra citato è fornito il foglio elettronico "Spettri-NTC.xls"; mediante le coordinate geografiche in gradi sessadecimali, oppure l'indicazione del comune di riferimento, vengono definiti, per un suolo rigido (categoria A), oltre al valore di $\mathbf{a_g}$, il fattore di accelerazione massima del suolo ($\mathbf{F_0}$), ed il periodo caratteristico ($\mathbf{T_C^*}$) dello spettro (zona a velocità di risposta lineare) riferiti a tempi di ritorno ($\mathbf{T_R}$) compresi tra 30 e 2475 anni.

L’esatto periodo di ritorno per la definizione dell’azione sismica per ogni stato limite, si ottiene sulla base di caratteristiche specifiche dell’opera in progetto:

- la sua vita nominale (V_N), la classe d’uso ed il corrispondente coefficiente d’uso (C_U), nonché il periodo di riferimento sismico (V_R) e la probabilità di superamento dello stato limite di progetto (P_{VR}).

Il valore **V_N** viene ricavato dalla seguente tabella:

	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

La **classe d’uso** ed il coefficiente d’uso **C_U** sono legati alle conseguenze di un collasso e di mancanza di operatività dell’opera:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l’ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d’uso III o in Classe d’uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergen-za. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie ex-traurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l’ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Ad ogni classe d’uso è riferito un coefficiente d’uso come illustrato di seguito:

CLASSE D’USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Il valore del periodo di riferimento sismico (**V_R**) si ricava dal calcolo seguente:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La probabilità di superamento dello stato limite di progetto (**P_{VR}**) viene definita dalla tabella seguente:

Stati Limite	P_{V_R}: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Il periodo di ritorno sismico T_R, viene calcolato, in funzione di V_R e P_{VR} , mediante l'espressione logaritmica:

$T_R = - V_R$ / ln (1- P_{VR})

Di seguito si riportano i dati di input utilizzati riferiti sia alla posizione della scogliera sommersa in progetto nel tratto di ponente che al progetto di rifiorimento della scogliera a protezione del piazzale del mare a levante, considerando per entrambi gli interventi la **tipologia di costruzione 2** e la ***classe d'uso II***:

Scogliera sommersa nel tratto di ponente:

Coordinate geografiche		Latitudine (rif. datum ED50) *[°]*	44,403462
		Longitudine (rif. datum ED50) *[°]*	8,688851
Tipologia di costruzione	2	Vita nominale (V_N) *[anni]*	50
Classe d'uso	II	Coefficiente d'uso (C_U) *[-]*	1
Periodo di riferimento sismico (V_R) $V_R = V_N \cdot C_U$		*[anni]*	50

Rifiorimento della scogliera a protezione del piazzale del mare:

Coordinate geografiche		Latitudine (rif. datum ED50) *[°]*	44,406098
		Longitudine (rif. datum ED50) *[°]*	8,690525
Tipologia di costruzione	2	Vita nominale (V_N) *[anni]*	50
Classe d'uso	II	Coefficiente d'uso (C_U) *[-]*	1
Periodo di riferimento sismico (V_R) $V_R = V_N \cdot C_U$		*[anni]*	50

Definito il periodo di ritorno per ogni stato limite, si ricavano i corrispondenti parametri **a_g, F_0 e T_C***, su sito rigido-orizzontale.

La tabella seguente riassume i parametri del moto sismico al sito di riferimento, su suolo rigido orizzontale, per i T_R calcolati (sulla base del tipo di opere e classe d'uso), per

i diversi stati limite:

Scogliera sommersa nel tratto di ponente:

STATI LIMITE		Pv_R	T_R	a_g	F_0	T_C*
		[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLE - Stati limite esercizio	SLO	81	30	0,020	2,575	0,159
	SLD	63	50	0,026	2,557	0,193
SLU -Stati limite ultimi	SLV	10	475	0,056	2,594	0,296
	SLC	5	975	0,068	2,672	0,318

Rifiorimento della scogliera a protezione del piazzale del mare:

STATI LIMITE		Pv_R	T_R	a_g	F_0	T_C*
		[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLE - Stati limite esercizio	SLO	81	30	0,020	2,575	0,159
	SLD	63	50	0,026	2,556	0,193
SLU -Stati limite ultimi	SLV	10	475	0,056	2,592	0,296
	SLC	5	975	0,068	2,667	0,318

6.2 EFFETTI DI SITO - AMPLIFICAZIONE LOCALE

6.2.1 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Il valore di **S_S** (coefficiente di amplificazione stratigrafica) può essere calcolato assegnando al tipo di suolo interessato dall'intervento una delle categorie seguenti:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per ogni categoria di suolo viene fornito il seguente valore di S_S , funzione di a_g e F_0:

Categoria sottosuolo	S_S
A	1,00
B	$1{,}00 \le 1{,}40 - 0{,}40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}20$
C	$1{,}00 \le 1{,}70 - 0{,}60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}50$
D	$0{,}90 \le 2{,}40 - 1{,}50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}80$
E	$1{,}00 \le 2{,}00 - 1{,}10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}60$

essendo F_0, come detto, il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale al sito rigido-orizzontale di riferimento.

Per quanto riguarda la definizione della categoria di suolo, nel caso in esame può essere presa in considerazione la categoria di suolo **"E"**.

Il valore del fattore stratigrafico è, per ogni stato limite:

Amplificazione stratigrafica **S_S** =	**1,6**	[-]

6.2.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Il valore di **S_T** (coefficiente di amplificazione topografica) si ricava dalla seguente tabella:

CATEGORIA TOPOGRAFICA	UBICAZIONE DELL'OPERA O DELL'INTERVENTO	FATTORE TOPOGRAFICO S_T
T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	- - -	1,0
T2 Pendii con inclinazione media i > 15°	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3 Rilevi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4 Rilevi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione i > 30°	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Il valore indicato vale per la sommità del pendio o la cresta del rilievo; per siti ubicati lungo il pendio tale valore va diminuito in proporzione alla quota del sito rispetto alla quota della sommità del pendio o della cresta del rilievo, riferiti alla quota di base del pendio.

Il valore S_T lungo un pendio è facilmente ricavabile dall'espressione:

$S_T = [(h'/H') \cdot 0{,}2] + 1$ per categorie **T2** e **T3**

$S_T = [(h'/H') \cdot 0{,}4] + 1$ per categoria **T4**

essendo (h'/H') il rapporto tra altezza del sito d'intervento ed altezza totale del pendio, entrambe definite rispetto alla base del versante.

Le categorie topografiche sopra indicate si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica solo se di altezza maggiore di 30 m.

Nel caso in esame, gli interventi risultano ubicati su superficie subpianeggiante, quindi avremo:

Categoria topografica	**T1**			
Quota sito / altezza rilievo (h'/H')	-	Amplificazione topografica S_T =	**1**	[-]

6.3 PARAMETRI SISMICI AL SITO EFFETTIVO

Sulla tabella seguente sono ricavati i valori di a_{max} , k_H e k_V, in funzione della categoria di suolo prescelta, per ogni stato limite. I coefficienti sismici k_H e k_V sono determinati in funzione di β_s (se l'intervento riguarda stabilità dei pendii, fondazioni e fronti di scavo o rilevati,); in funzione di β_m (se l'intervento riguarda opere di sostegno).

Scogliera sommersa nel tratto di ponente:

RISPOSTA SISMICA LOCALE - Determinazione di a_{max} , k_H e k_V

E **CATEGORIA DI SUOLO PRESCELTA**

Per stabilità dei pendii e fondazioni

	su sito rigido-piano			tenendo conto degli effetti di sito									
	a_g	F_0	$F_0 \cdot a_g$	$F_0 \cdot a_g$	S_S	S_T	S	a_{max}		β_s	k_H		k_V
	[g]	[-]	[g]	[g]	[-]	[-]	[-]	[g]	[m/s^2]	[-]	[-]		[-]
SLO	0,020	2,575	0,051	0,051	1,600	1,000	1,600	**0,032**	0,309	0,20	**0,0063**	±	**0,0032**
SLD	0,026	2,557	0,065	0,065	1,600	1,000	1,600	**0,041**	0,402	0,20	**0,0082**	±	**0,0041**
SLV	0,056	2,594	0,144	0,144	1,600	1,000	1,600	**0,089**	0,871	0,20	**0,0178**	±	**0,0089**
SLC	0,068	2,672	0,182	0,182	1,600	1,000	1,600	**0,109**	1,066	0,20	**0,0217**	±	**0,0109**

Per fronti di scavo e rilevati

	su sito rigido-piano			tenendo conto degli effetti di sito									
	a_g	F_0	$F_0 \cdot a_g$	$F_0 \cdot a_g$	S_S	S_T	S	a_{max}		β_s	k_H		k_V
	[g]	[-]	[g]	[g]	[-]	[-]	[-]	[g]	[m/s^2]	[-]	[-]		[-]
SLD	0,026	2,557	0,065	0,065	1,600	1,000	1,600	**0,041**	0,402	0,47	**0,0192**	±	**0,0096**
SLV	0,056	2,594	0,144	0,144	1,600	1,000	1,600	**0,089**	0,871	0,38	**0,0338**	±	**0,0169**

Per opere di sostegno

	su sito rigido-piano			tenendo conto degli effetti di sito									
	a_g	F_0	$F_0 \cdot a_g$	$F_0 \cdot a_g$	S_S	S_T	S	a_{max}		β_m	k_H		k_V
	[g]	[-]	[g]	[g]	[-]	[-]	[-]	[g]	[m/s^2]	[-]	[-]		[-]
SLD	0,026	2,557	0,065	0,065	1,600	1,000	1,600	**0,041**	0,402	0,47	**0,0192**	±	**0,0096**
SLV	0,056	2,594	0,144	0,144	1,600	1,000	1,600	**0,089**	0,871	0,38	**0,0338**	±	**0,0169**

LEGENDA

Su sito rigido-piano

a_g accelerazione orizzontale massima attesa al suolo, **al sito rigido-piano di riferimento**

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

Effetti di sito

S_S coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T coefficiente di amplificazione topografica

S coefficiente di amplificazione ($S = S_S \cdot S_T$)

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al suolo, **al sito effettivo** ($a_{max} = a_g \cdot S$)

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima (per stabilità dei pendii, fronti di scavo o rilevati, fondazioni)

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima (per opere di sostegno)

k_H coefficiente sismico orizzontale ($k_H = a_{max} \cdot \beta_s$) o ($k_H = a_{max} \cdot \beta_m$)

k_V coefficiente sismico verticale ($k_V = \pm 0{,}5 \cdot k_H$)

Rifiorimento della scogliera a protezione del piazzale del mare:

RISPOSTA SISMICA LOCALE - Determinazione di a_{max} , k_H e k_V

E **CATEGORIA DI SUOLO PRESCELTA**

Per stabilità dei pendii e fondazioni

	su sito rigido-piano			tenendo conto degli effetti di sito									
	a_g	F_0	$F_0 \cdot a_g$	$F_0 \cdot a_g$	S_S	S_T	S	a_{max}		β_s	k_H		k_V
	[g]	[-]	[g]	[g]	[-]	[-]	[-]	[g]	[m/s²]	[-]	[-]		[-]
SLO	0,020	2,575	0,051	0,051	1,600	1,000	1,600	**0,032**	0,310	0,20	**0,0063**	±	**0,0032**
SLD	0,026	2,556	0,066	0,066	1,600	1,000	1,600	**0,041**	0,402	0,20	**0,0082**	±	**0,0041**
SLV	0,056	2,592	0,144	0,144	1,600	1,000	1,600	**0,089**	0,874	0,20	**0,0178**	±	**0,0089**
SLC	0,068	2,667	0,182	0,182	1,600	1,000	1,600	**0,109**	1,071	0,20	**0,0218**	±	**0,0109**

Per fronti di scavo e rilevati

	su sito rigido-piano			tenendo conto degli effetti di sito									
	a_g	F_0	$F_0 \cdot a_g$	$F_0 \cdot a_g$	S_S	S_T	S	a_{max}		β_s	k_H		k_V
	[g]	[-]	[g]	[g]	[-]	[-]	[-]	[g]	[m/s²]	[-]	[-]		[-]
SLD	0,026	2,556	0,066	0,066	1,600	1,000	1,600	**0,041**	0,402	0,47	**0,0193**	±	**0,0096**
SLV	0,056	2,592	0,144	0,144	1,600	1,000	1,600	**0,089**	0,874	0,38	**0,0339**	±	**0,0169**

Per opere di sostegno

	su sito rigido-piano			tenendo conto degli effetti di sito									
	a_g	F_0	$F_0 \cdot a_g$	$F_0 \cdot a_g$	S_S	S_T	S	a_{max}		β_m	k_H		k_V
	[g]	[-]	[g]	[g]	[-]	[-]	[-]	[g]	[m/s²]	[-]	[-]		[-]
SLD	0,026	2,556	0,066	0,066	1,600	1,000	1,600	**0,041**	0,402	0,47	**0,0193**	±	**0,0096**
SLV	0,056	2,592	0,144	0,144	1,600	1,000	1,600	**0,089**	0,874	0,38	**0,0339**	±	**0,0169**

LEGENDA

Su sito rigido-piano

a_g accelerazione orizzontale massima attesa al suolo, **al sito rigido-piano di riferimento**

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

Effetti di sito

S_S coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T coefficiente di amplificazione topografica

S coefficiente di amplificazione ($S = S_S \cdot S_T$)

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al suolo, **al sito effettivo** ($a_{max} = a_g \cdot S$)

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima (per stabilità dei pendii, fronti di scavo o rilevati, fondazioni)

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima (per opere di sostegno)

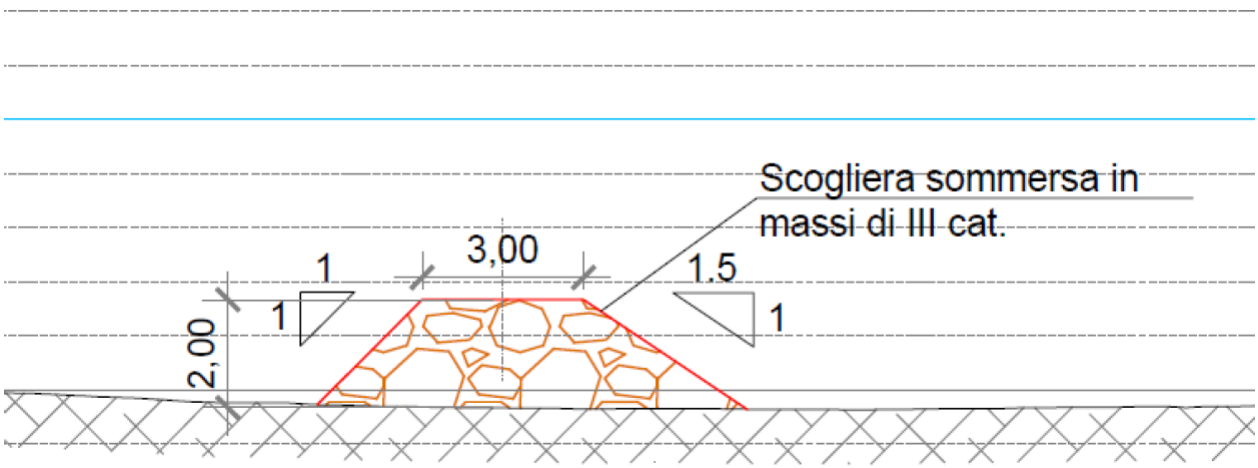
k_H coefficiente sismico orizzontale ($k_H = a_{max} \cdot \beta_s$) o ($k_H = a_{max} \cdot \beta_m$)

k_V coefficiente sismico verticale ($k_V = \pm 0{,}5 \cdot k_H$)

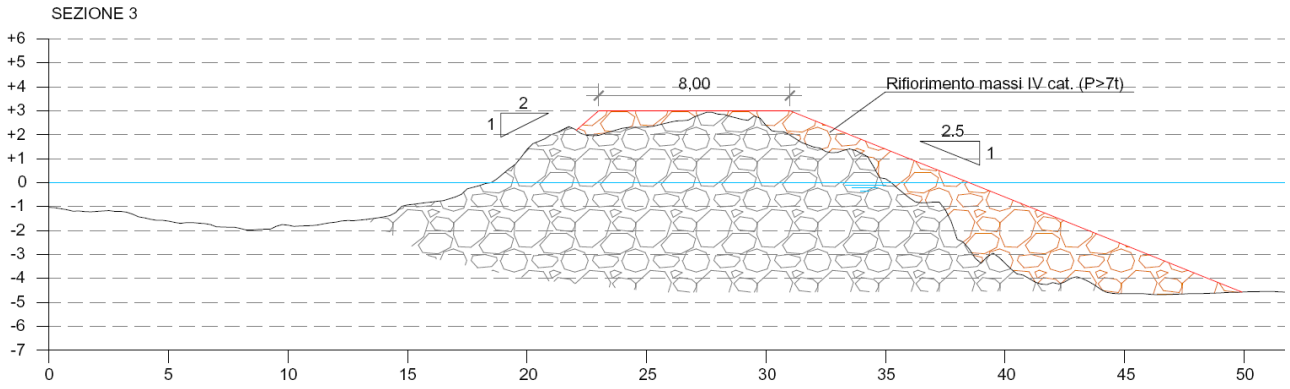
7 STIMA DEI CEDIMENTI

In questo paragrafo viene effettuata una stima dei cedimenti attesi per il terreno naturale del fondo marino sottostante alle opere principali in progetto.

Come valori di carico sono stati utilizzati quelli prevedibili in relazione alla geometria dell'opera e sintetizzabili considerando un tratto di scogliera di lunghezza unitaria e con riferimento alle sezioni tipo progettuali in cui gli spessori dell'incremento di carico sono quelli massimi.



- Sezione tipo scogliera sommersa a Ponente



Sezione rifiorimento della scogliera Piazzale del Mare

Per la valutazione degli incrementi di carico si è considerata una porosità della scogliera di circa il 10-15%; di seguito vengono illustrate le 3 casistiche distinte in base agli elaborati progettuali disponibili:

1 - Scogliera sommersa a Ponente:

Peso di volume immerso scogliera ⇨ 13 kN/mc (con spessore massimo ca 2m)
Incremento di pressione efficace massima sul fondo ⇨ ca 26 kPa

***Rifiorimento scogliera Piazzale del Mare**:*

In questo caso si sono valutate due situazioni che presentano spessori e caratteristiche differenti:

2 - Rifiorimento della scogliera emersa:
Peso di volume scogliera emersa ⇨ 23 kN/mc (con spessore massimo ca 1.5m)
Incremento di pressione efficace massima sul fondo ⇨ ca 34.5 kPa

3 - Rifiorimento della scogliera sommersa:
Peso di volume immerso scogliera ⇨ 13 kN/mc (con spessore massimo ca 3.5m)
Incremento di pressione efficace massima sul fondo ⇨ ca 45.5 kPa

In questo caso l'incremento di carico della scogliera emersa agisce verticalmente sulla scogliera esistente, mentre quello della scogliera sommersa interferisce anche direttamente sul fondale ed ha uno spessore decisamente maggiore.

Per effettuare una valutazione dei cedimenti in modo semplificato si è utilizzato il metodo di Terzaghi che calcola il cedimento dovuto alla consolidazione dei depositi naturali del fondale, per il quale si è assunto il comportamento alla Mohr-Coulomb, utilizzando un range dei coefficienti delle costanti elastiche ricavati dalla letteratura sulla base del tipo di materiale presente così come è stato individuato nei campionamenti e nelle prove di laboratorio.

Relazione di Terzaghi: $\Delta H = mv \Delta pH$

nella quale

Δp incremento di pressione sul fondo dovuta alla nuova scogliera

$mv = 1/Ed$ modulo di compressibilità (con Ed cautelativamente pari 7800 Kpa)

H spessore dello strato soggetto a consolidazione : valore massimo stimato cautelativamente pari a 20 m

Da cui si ricavano i seguenti valori per ogni casistica illustrata in precedenza:

1 - Scogliera sommersa a Ponente: ΔH = ca 6 cm

2 - Rifiorimento della scogliera emersa: ΔH = ca 9 cm

3 - Rifiorimento della scogliera sommersa: ΔH = ca 11 cm

Si tratta evidentemente di valori molto bassi in relazione soprattutto all'esiguo spessore delle nuove scogliere in progetto, e comunque questi valori devono essere considerati come del tutto indicativi.

In ogni caso in considerazione della natura prettamente granulare del sedimento si possono prevedere cedimenti prevalentemente di tipo immediato che potranno essere scontati dal fondo nel corso dei tempi di costruzione dell'opera.

Inoltre per quanto riguarda la scogliera sommersa si deve precisare che il valore del cedimento valutato in precedenza non tiene conto dell'effetto di compenetrazione ed affossamento che si verifica al contatto tra il materiale del riempimento e il fondo marino sia durante lo sversamento del materiale sia nelle fasi immediatamente successive.

È evidente infatti che il primo strato di sedimenti, in fase di lavoro, soprattutto in relazione alla granulometria fine della sabbia, si trova in condizioni prossime alla fluidità o comunque con grado di addensamento sensibilmente ridotto.

La prevista posa di uno strato di pietrame tout-venant di base ridurrà comunque sensibilmente l'effetto della compenetrazione dovuta alla deposizione dei massi più grandi.

Infine si deve rilevare che il materiale sarà soggetto a un certo cedimento nel corso della costruzione per assestamento anche dovuto all'effetto del moto ondoso.

Si può pertanto valutare complessivamente un cedimento massimo dovuto ad entrambi i fattori (consolidazione e compenetrazione) valutabili in ca 20-30 cm

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE CON INDICAZIONE PER LE CARATTERISTICHE DEI MASSI PER LE SCOGLIERE

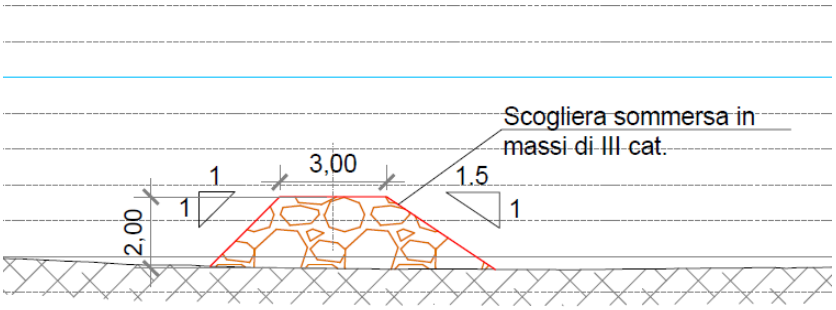
Il progetto prevede la realizzazione di una scogliera sommersa e del rifiorimento della scogliera presente a mare del piazzale del Mare.

La scogliera sommersa è prevista nella parte occidentale del lotto di intervento nella parte compresa tra il pennello in sponda sinistra del T. San Martino ed il pennello in sponda destra del T. Cantarena.



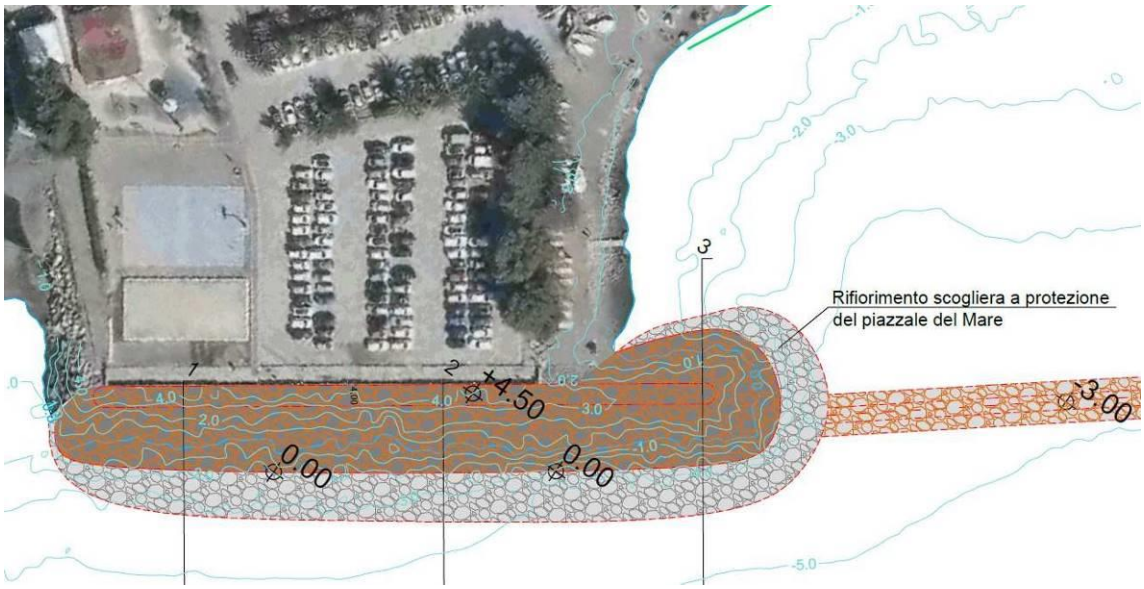
La scogliera avrà lunghezza pari a circa 400 m, altezza pari a circa 2 m e ingombro complessivo in pianta pari a circa 8 m con una larghezza in testa pari a ca 3m. Si svilupperà approssimativamente a largo della batimetrica -5 m, con raccordo a ponente su batimetriche inferiori verso ponente. .

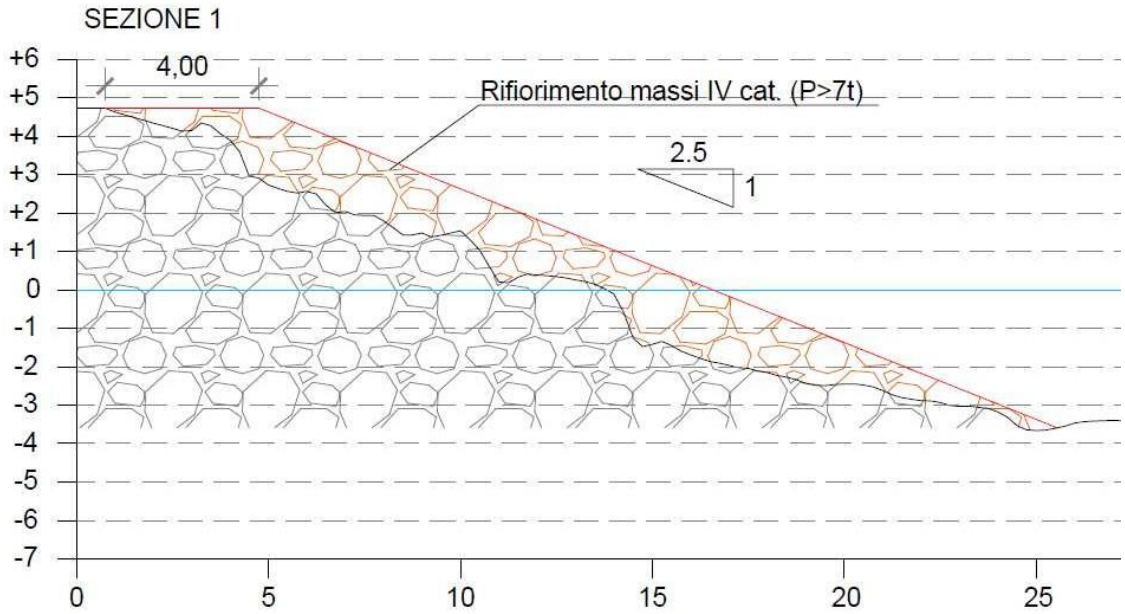
La scogliera verrà realizzata in massi di III categoria, imbasati su uno strato di fondo in pietrame tout venant per distribuire in maniera omogenea i carichi sul fondale sabbioso; la pendenza verso mare è di 1/1.5, verso terra di 1/1.



Il rifiorimento della scogliera del piazzale del Mare verrà eseguito con massi di IV e III categoria in maniera da saturare il più possibile i vuoti; la posa e la sistemazione dei massi

sarà effettuata, posati in parte da terra e in parte via mare, mantenendo le quote di sommità dell'opera e consolidandone il corpo, fino al piede di appoggio sul fondale sabbioso al fine di garantire un idoneo imbasamento dei massi stessi.





Si ritiene essenziale inoltre prima della posa dei massi provvedere al riempimento dei vuoti ed alla sottomurazione con calcestruzzo del muro posto a valle del piazzale del mare per evitare l'incremento dei fenomeni di scalzamento e di danneggiamento della struttura stessa

°° - ** - °°

Come descritto in precedenza i massi presenti nella scogliera di protezione del piazzale del mare e nei pennelli adiacenti, sono caratterizzati da una estrema eterogeneità litologica e cromatica che peraltro in un qualche misura ricalca anche la variabilità delle rocce dei substrati geologici del territorio di Arenzano e del suo intorno.

Pertanto si ritiene che sotto l'aspetto dell'inserimento paesaggistico e di visuale non sussistano particolari preclusioni otto l'aspetto della natura litologica alla scelta i massi da utilizzare per gli interventi in progetto ad eccezione di quelli ricavati da rocce calcaree uniformemente biancastre calcaree con tessitura molto fine del tipo di quelle di ambiente apuano.

Dal punto di vista litotecnico i massi da utilizzare devono rispondere ai requisiti essenziali di compattezza, omogeneità, durabilità; essere privi di porzioni alterate, giunti, fratture e piani di sfaldamento, e risultare inoltre inalterabili all'acqua di mare e pertanto dovranno avere le seguenti caratteristiche**:**

- non presentare tagli lisci di cava
- rispondere ai requisiti essenziali di compattezza, omogeneità, durabilità, essere esenti da giunti, fratture e piani di sfaldamento,
- avere una resistenza alla compressione semplice ≥ 60 MPa
- avere un peso specifico non inferiore a 2.650 Kg/mc.
- avere un coefficiente di usura adeguato che deve rispettare i seguenti limiti da determinarsi secondo uno dei seguenti metodi :

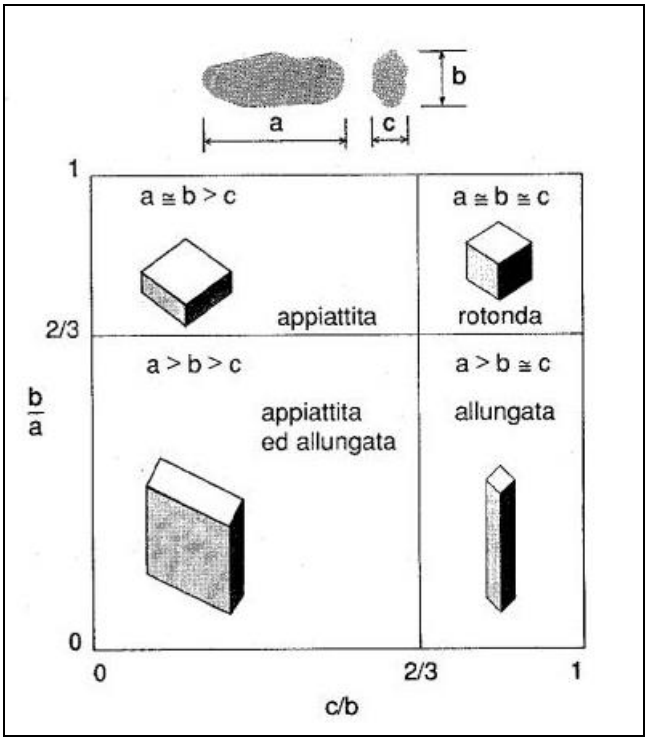
  - UNI EN 1341 UNI EN 1342 : resistenza all'abrazione < 1,5 mm
  - ASTM 131-76 (Los Angeles): perdita in peso ≤ 30%
  - Micro Deval (EN 1097-1:1996) : MDE ≤ 25

- risultare inalterabili all'acqua e al gelo:

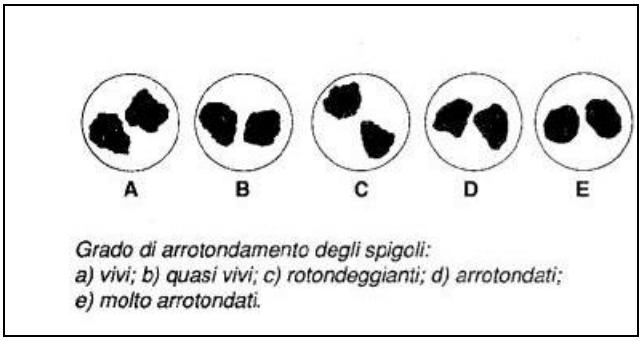
  - coefficiente di imbibizione (UNI EN 13383-2 par 8) ≤ 4%
  - resistenza chimica (ASTMC - 88 - 5 cicli solfato di sodio): perdita ≤ 10%
  - gelività (UNI EN 13383-2 par. 9) non geliva

- non devono presentare notevoli differenze tra le tre dimensioni. La loro forma è

definita dai rapporti di appiattimento b/a e di allungamento c/b (con a, b, c, i lati del prisma inviluppo e a > b > c), che devono sempre avere valori superiori a 2/3.



- Il grado di arrotondamento degli spigoli deve corrispondere almeno alla classe “vivi” o “quasi vivi secondo le definizioni della figura seguente



Grado di arrotondamento degli spigoli:
a) vivi; b) quasi vivi; c) rotondeggianti; d) arrotondati;
e) molto arrotondati.

- Per i litotipi classificabili come pietre verdi (serpentiniti, prasiniti, eclogiti, anfiboliti, , oficalciti), ci si dovrà attenere ai criteri relativi al loro utilizzo in funzione del loro contenuto di amianto, come previsto nell’allegato 4 del DM 14.05.1996 “Classificazione ed utilizzo delle pietre verdi in relazione al loro contenuto di amianto”

°° - ** - °°

Per quanto riguarda le cave idonee a fornire i massi per la realizzazione delle opere a progetto più vicine, si può far riferimento ad un elenco non esaustivo riportato nella

tabella seguente, tenendo conto della difficoltà di reperimento di questo materiale sul mercato in relazione alla forte domanda in questo periodo soprattutto dei massi di maggior dimensione.

Comune	*Località*	*Denominazione Cava*	*Litologia*
Genova	*Ge Pegli - Val Varenna*	*Cava Tana dei banditi (Cave Marchisio Srl)*	*Metabasiti; Anfiboliti;Serpentiniti*
Formazza (VB)	*Loc. Foppiano*	*Cava Bort (Domo Graniti S.R.L.)*	*Ortogneiss*
Ne (GE)	*Costa dei Sergi*	*Cava Costa dei Sergi (Cave Di Frisolino Srl)*	*Calcare*
Riccò (SP)	*Loc. M. Parodi*	*Monte Parodi (Dr Carlo Agnese)*	*Calcare*

°° - ** - °°

In riferimento alla tipologia dell'intervento previsto, in relazione al contesto logistico, geologico, geomorfologico ed idrogeologico del sito, si può concludere che non esiste nessuna pregiudiziale di carattere geologico alla realizzazione delle opere a progetto che pertanto risulta senz'altro fattibile sotto questo aspetto.

Non si individuano particolari e significative difficoltà o problematiche specifiche di ordine geologico.

La presente relazione e gli elaborati allegati costituiscono adempimento alle normative citate in premessa.

Genova, 17 maggio 2024

Dott. Geol. Roberto De Franchi

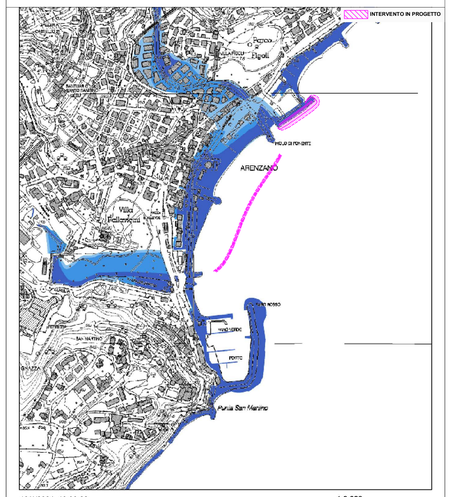


Allegati

- *GEO – T1 (INQUADRAMENTO NORMATIVO DI CARATTERE GEOLOGICO)*
- *GEO – T2 (INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO*
- *GEO – T3 (CARTA GEOLOGICA)*
- *GEO – T4 (CARTA SEDIMENTOLOGICA)*

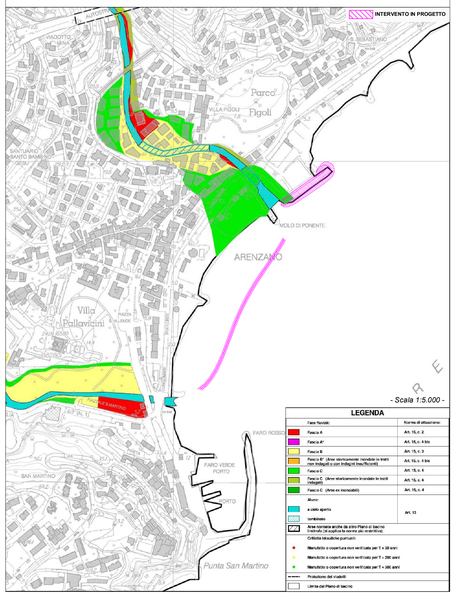
AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

STRALCIO MAPPA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE



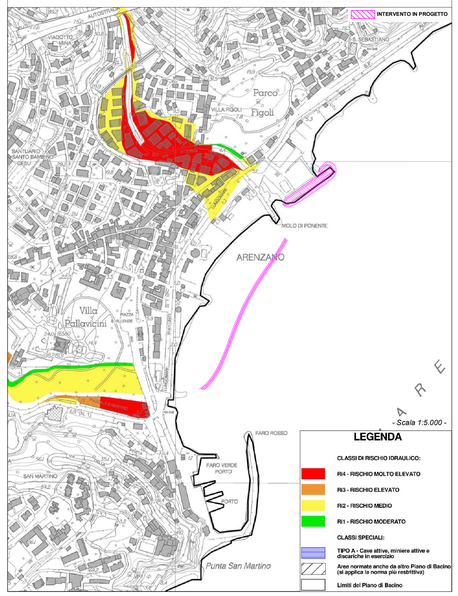
PIANO DI BACINO AMBITI 12 e13

STRALCIO CARTA DELLE FASCE DI INONDABILITA'



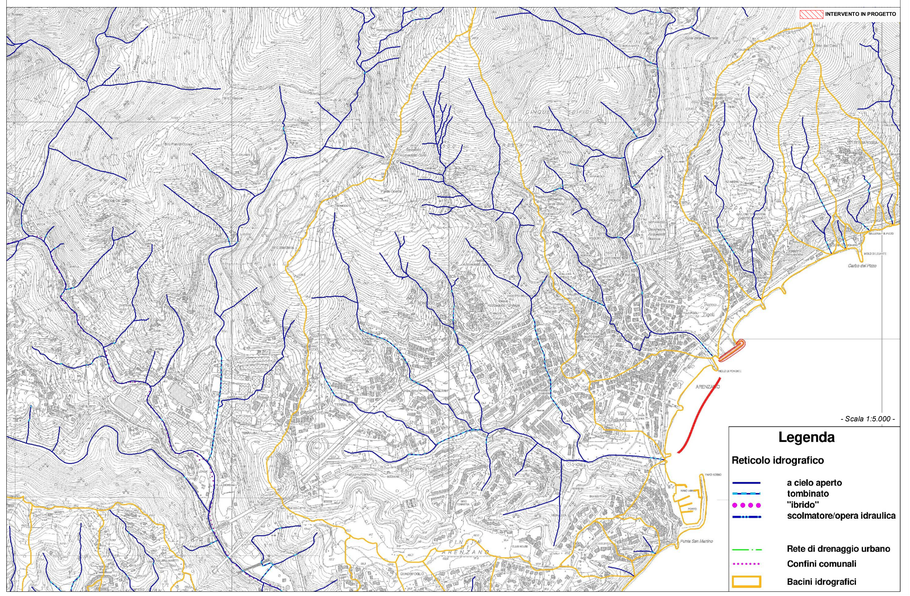
PIANO DI BACINO AMBITI 12 e13

STRALCIO CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO



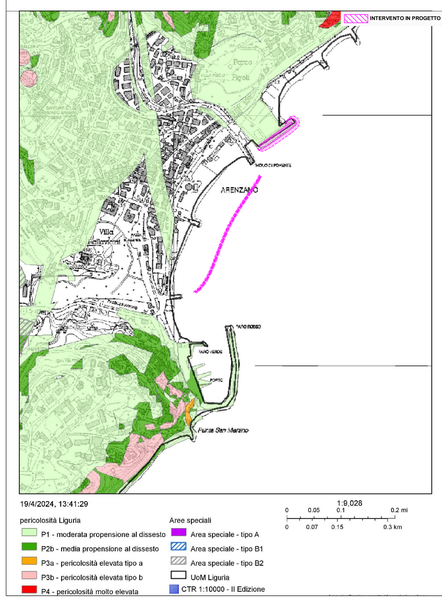
STRALCIO CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE

Approvato con DGR n. 1280 del 14/12/2023 - Scala 1:10.000 -



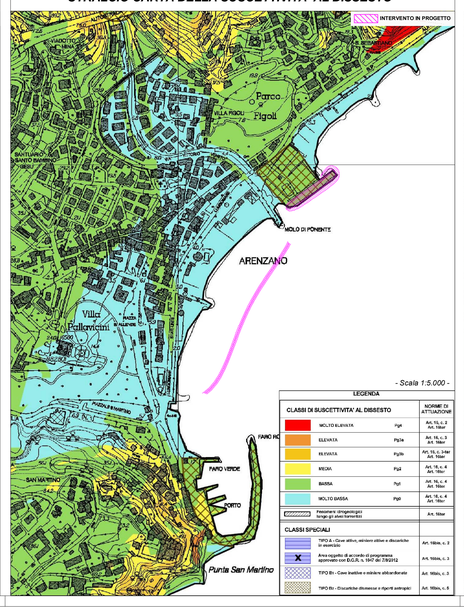
AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

STRALCIO MAPPA PAI "DISSESTI GEOMORFOLOGICI"



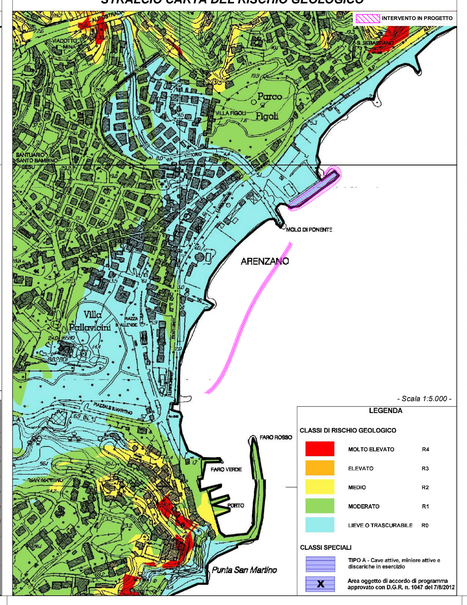
PIANO DI BACINO AMBITI 12 e13

STRALCIO CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO



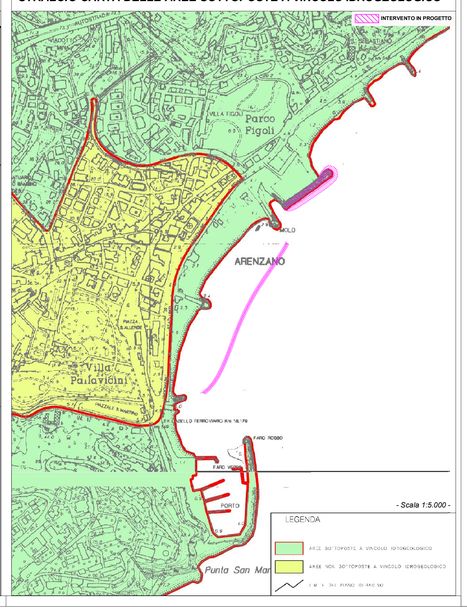
PIANO DI BACINO AMBITI 12 e13

STRALCIO CARTA DEL RISCHIO GEOLOGICO



PIANO DI BACINO AMBITI 12 e13

STRALCIO CARTA DELLE AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO



Committente:

COMUNE DI ARENZANO
Via S. Pallavicino, 39 - 16011 Arenzano (GE)

Oggetto:

INTERVENTI DI DIFESA DELLA COSTA ED ABITATO DI ARENZANO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Titolo elaborato:

- GEO-T1 -
INQUADRAMENTO NORMATIVO DI CARATTERE GEOLOGICO

Geologo:

Dott. Geol. De Franchi Roberto

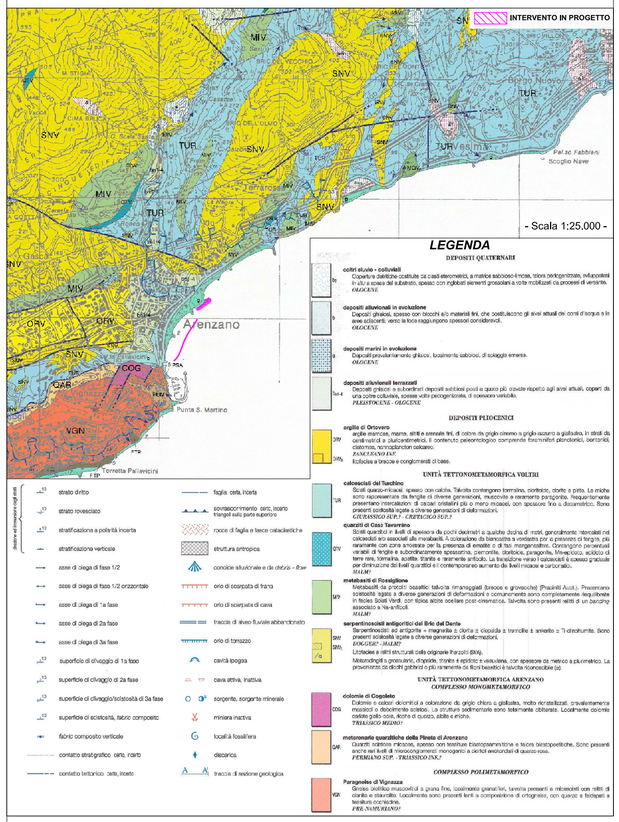
Via Dante 2/82 - 16121 Genova
Tel. 3356371274
e-mail: robertodefranchi@libero.it - PEC: robertodefranchi@pec.epap.it
C.F.: DFRRRT60T10E463R - P. IVA: 03289690103

Revisione	Data	Redatto da	Verificato da	Approvato da	Descrizione
0	03.05.2024	RDF		RDF	Emissione

Nome file:	Scala:	Commessa:	Livello prog.:	Elaborato:
GEO-T1.pdf	VARIE			PFTE

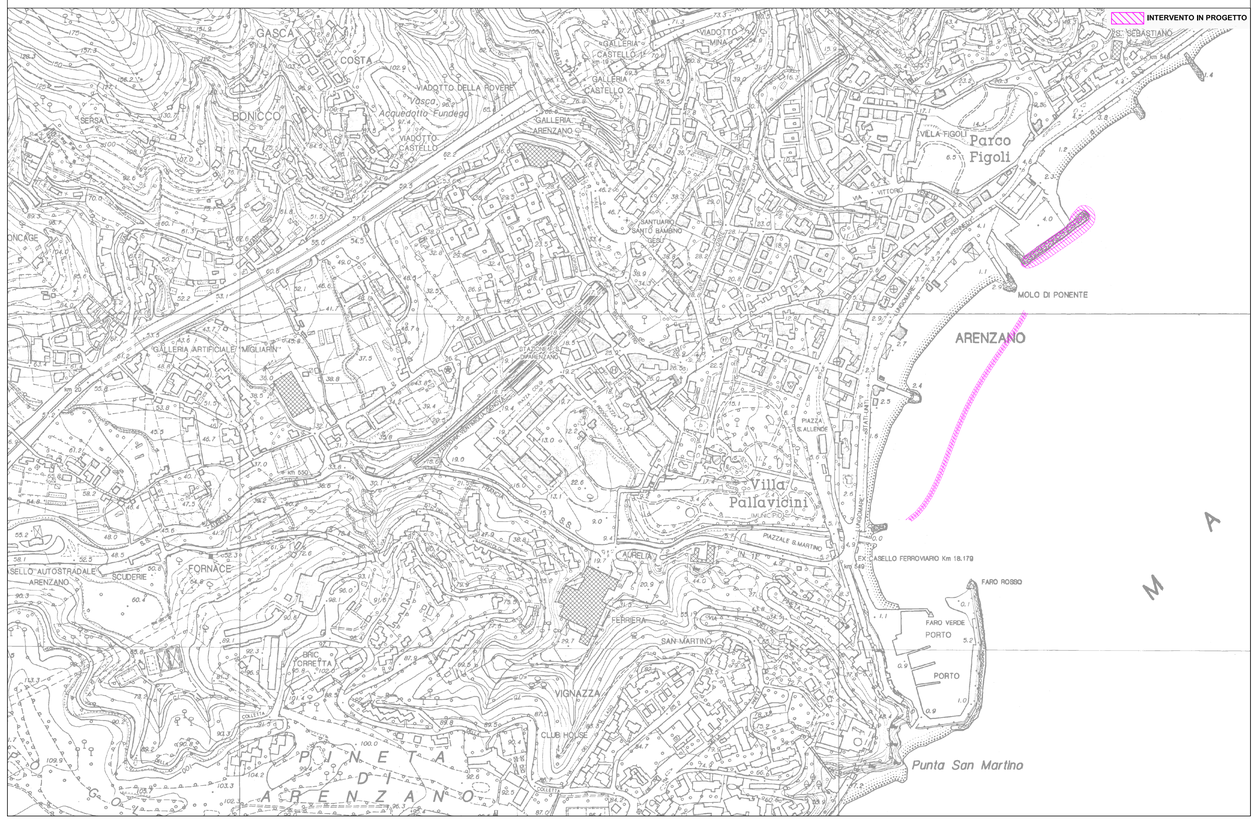
CARG - CARTE GEOLOGICHE - FOGLIO 213

STRALCIO CARTA GEOLOGICA



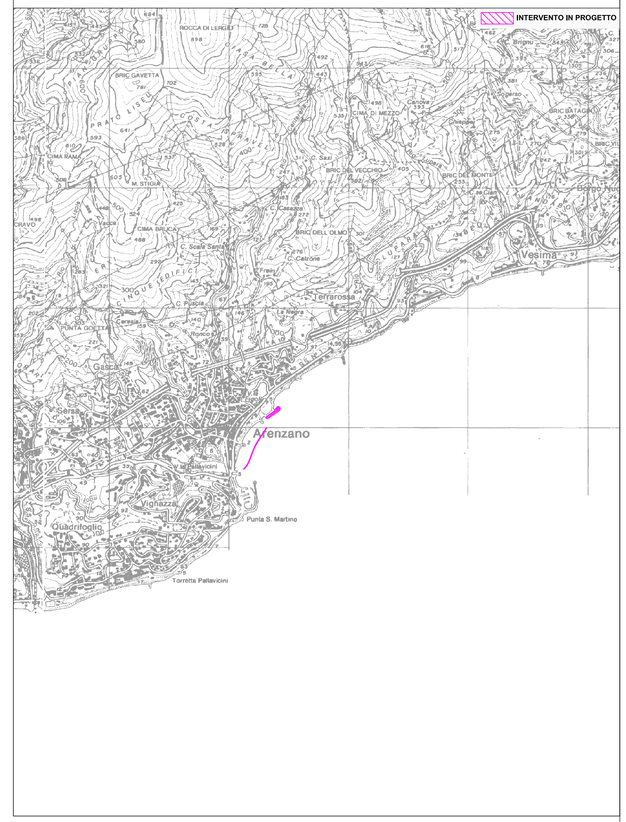
COROGRAFIA SU CTR

Estratti CTR 2013133-230014 in scala 1:5000



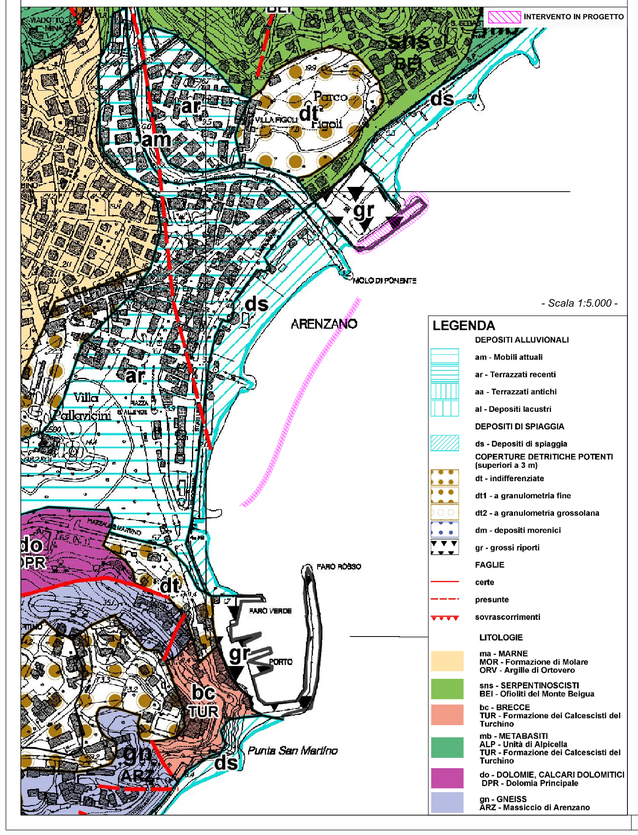
COROGRAFIA SU CARTA REGIONALE

Estratti Carta Regionale - ed. 1994/95 in scala 1:25000



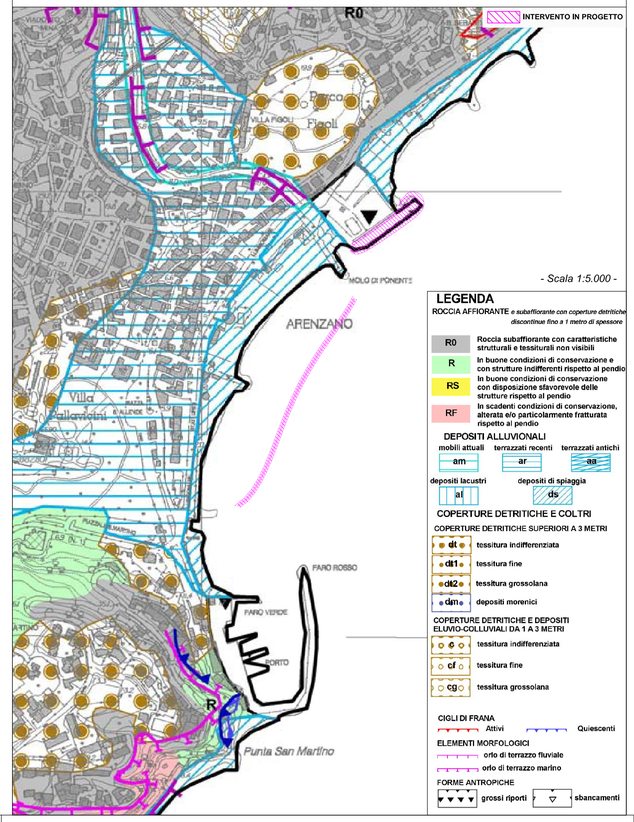
PIANO DI BACINO AMBITI 12 e13

STRALCIO CARTA GEOLITOLOGICA



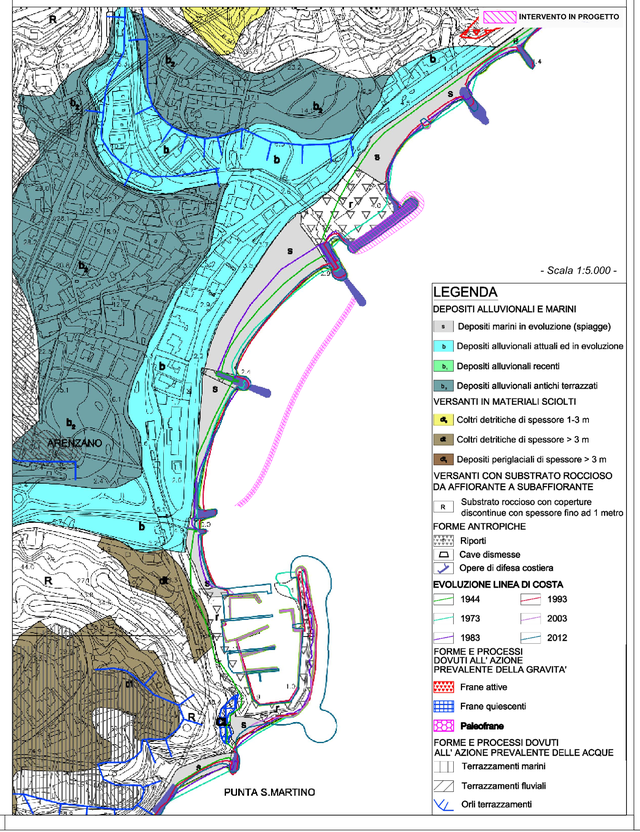
PIANO DI BACINO AMBITI 12 e13

STRALCIO CARTA GEOMORFOLOGICA



PIANO URBANISTICO COMUNALE

STRALCIO CARTA GEOMORFOLOGICA



Committente:

COMUNE DI ARENZANO

Via S. Pallavicino, 39 - 16011 Arenzano (GE)

Oggetto:

INTERVENTI DI DIFESA DELLA COSTA ED ABITATO DI ARENZANO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Titolo elaborato:

- GEO-T2 - INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Geologo:

Dott. Geol. De Franchi Roberto

Via Dante 2/82 - 16121 Genova
Tel. 3356371274
e-mail: robertodefranchi@libero.it - PEC: robertodefranchi@pec.epap.it
C.F.: DFRRRT60T10E463R - P. IVA: 03289690103

Revisione	Data	Redatto da:	Verificato da:	Approvato da:	Descrizione
0	03.05.2024	RDF		RDF	Emissione

Nome file:	Scala:	Commessa:	Livello prog.:	Elaborato:
GEO-T2.pdf	VARIE	PFTE		