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:

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

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 file: P087_PF_R01_studio-preliminare-ambientale

Scala:

Commessa:	Livello prog:	Elaborato:
P087	PF	R01

SOMMARIO

1. PREMESSA 4
2. INQUADRAMENTO GENERALE DEI LUOGHI 5
2.1 INQUADRAMENTO DEI LUOGHI E DESCRIZIONE DELL'AREA 5
2.2 EVOLUZIONE DELLA COSTA 7
2.2.1 Evoluzione storica da cartografia regionale 7
2.2.2 Evoluzione della costa da foto aeree 14
2.3 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA STATO ATTUALE DELLA SPIAGGIA 17
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO - AMBIENTALE 25
3.1 PROPRIETÀ DELLE AREE 25
3.2 IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PAESISTICO 26
3.2.1 Assetto insediativo 26
3.3 IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DELLA COSTA 26
3.4 PGRA - MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE FLUVIALE E COSTIERA 29
3.5 IL PIANO DI BACINO – AMBITI 12 E 13 30
3.5.1 Reticolo idrografico 30
3.5.2 Suscettività al dissesto 31
3.5.3 Rischio geologico 31
3.5.4 Fasce di inondabilità 32
3.6 STRUMENTI URBANISTICI LOCALI 33
3.6.1 PUC vigente 33
3.6.2 Progetto di Utilizzo delle Aree Demaniali (PUD) 34
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 36
5. VALUTAZIONE GENERALE DELLA SENSIBILITÀ AMBIENTALE DEL SITO .. 42
5.1 VINCOLI ARCHITETTONICI, ARCHEOLOGICI E PAESAGGISTICI 42
5.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO 44
5.3 ASPETTI AMBIENTALI E NATURALISTICI 45
5.3.1 Siti di Importanza comunitaria (ZSC) 45
5.3.2 Habitat Marini 46
5.3.3 Depurazione, scarichi 47
6. INDAGINI, STUDI E PROGETTI PRINCIPALI ESEGUITI E IN PROGRAMMA SUL TRATTO DI LITORALE IN ESAME 48
6.1 STUDI, PROGETTI E LAVORI ANNI 2003-2012 48
6.2 INTERVENTI RECENTEMENTE ESEGUITI E OPERE DI DIFESA COSTIERA IN PROGRAMMA 53
6.2.1 Programma generale dell'Amministrazione 53
6.2.2 Secondo lotto dei lavori relativi alla realizzazione della galleria scolmatrice del torrente Bisagno in Comune di Genova - ripascimento spiagge di Arenzano 53

6.2.3 Studio di prefattibilità 2019 di opere di aumento della resilienza della spiaggia....56

8. INDAGINI COMMISSIONATE DALL'AMMINISTRAZIONE COMUNALE (2022 E 2024) 57

8.1 INDICAZIONE INDAGINI 57

8.3 RILIEVO DI DETTAGLIO AREA A MARE E A TERRA (2021) 58

8.4 PRELIEVI DI MATERIALE DELLA SPIAGGIA EMERSA E SOMMERSA E ANALISI GRANULOMETRICHE 63

8.6 AGGIORNAMENTO DEL RILIEVO – PARTE A TERRA 65

8.7 STUDIO TECNICO-NATURALISTICO SUI FONDALI MARINI 65

8.8 STUDIO METEOMARINO 2022 (DHI S.R.L.) 68

8.8.1 Condizioni attuali ed ipotesi progettuali esaminate 69

8.8.2 Analisi stato attuale 70

9. IPOTESI DI INTERVENTI DI AUMENTO DELLA RESILIENZA DEL TRATTO DI LITORALE IN ESAME 71

9.1 CRITERI GENERALI DI IMPOSTAZIONE DEGLI INTERVENTI A PROGETTO 71

9.2 CRITICITÀ E CRITERI DI INTERVENTO 71

9.3 VALUTAZIONE DEGLI INTERVENTI GIÀ APPROVATI E CONTENUTI IN STUDI PREGRESSI 72

9.3.1 "Progetto Bisagno" 72

9.3.2 Studio di prefattibilità ambientale del Consorzio Bagni Marini Arenzano 73

9.4 SINTESI PROGETTI ESISTENTI: VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA 74

9.5 IPOTESI DI PROGETTO: OPERA A SUPPORTO DEGLI INTERVENTI DI RIPASCIMENTO E COMPARTIMENTAZIONE 75

9.5.1 Descrizione dell'intervento 75

9.5.2 Valutazione dell'efficacia 77

9.5.3 Quantitativi previsti 79

9.6 IPOTESI DI PROGETTO: RIFIORIMENTO DELLA SCOGLIERA A PROTEZIONE DEL PIAZZALE DEL MARE 80

9.6.1 Descrizione dell'intervento 80

9.6.2 Valutazione dell'efficacia 82

9.6.3 Quantitativi previsti 82

9.7 PREDIMENSIONAMENTO DELLE OPERE, MODALITÀ OPERATIVE 82

11. INDIVIDUAZIONE CONFIGURAZIONE DI PROGETTO, DIMENSIONAMENTI .. 83

11.1 DIMENSIONAMENTO DEI MASSI PER LE OPERE IN SCOGLIERA 83

11.2 STIMA DEI CEDIMENTI 92

11.3 SCELTA DEI MASSI 93

12. INTERFERENZE CON I PRINCIPALI ELEMENTI TECNICI ED AMBIENTALI PRESENTI 95

12.1 INTERFERENZA DEGLI INTERVENTI CON IL REGOLARE DEFLUSSO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SUBSUPERFICIALI 95

12.2 INFLUENZA SULLA SENSIBILITÀ AMBIENTALE DEL SITO E CRITERI OPERATIVI 95

12.2.1 Aspetti ambientali generali 95

12.2.3 Fanerogame marine / SIC 96
13. UTILIZZO DELLE RISORSE NATURALI 97
13.1 CRITERI DI SCELTA DEL MATERIALE DA UTILIZZARE – DISPONIBILITÀ DELLE RISORSE 97
13.2 CARATTERISTICHE DEI MASSI 97
13.3 APPROVVIGIONAMENTO IDRICO 98
14. PRODUZIONE E SMALTIMENTO DI RIFIUTI 98
15. VOLUMI DI TRAFFICO INDOTTI E CAPACITÀ DEL SISTEMA INFRASTRUTTURALE 98
16. INQUINAMENTO E DISTURBI AMBIENTALI 100
16.1 VALUTAZIONE DEGLI INQUINAMENTI INDOTTI 100
16.2 INQUINAMENTO DEL TERRENO NELLA ZONA DI INTERVENTO 100
16.3 INQUINAMENTO ACUSTICO 100
16.4 INQUINAMENTO ATMOSFERICO E DA POLVERI 102
16.5 INQUINAMENTO DELL'ACQUA 103
17. GENERAZIONE DI CONFLITTI PER L'USO DELLE RISORSE CON ALTRI INTERVENTI LIMITROFI 103
18. IMPATTO SUL PATRIMONIO NATURALE E STORICO 104
19. ASPETTI RIGUARDANTI IL RISCHIO ARCHEOLOGICO 104
20. COMPATIBILITÀ CON IL QUADRO NORMATIVO PAESAGGISTICO - AMBIENTALE 105
21. MITIGAZIONE DELL'IMPATTO DEGLI INTERVENTI 105
23. STIMA DEI COSTI, TEMPI DI ATTUAZIONE 106

1. PREMESSA

L'attuale assetto costiero del litorale di levante di Arenzano (ad Est del porto turistico) presenta un sistema composto da una serie di spiagge delimitate da moli ortogonali alla linea di costa: al centro del litorale è presente il rilevato del piazzale del mare, protetto da una scogliera in massi.

A seguito della grave mareggiata dell'ottobre 2018 è emerso in maniera evidente che ampi tratti della costa risultano inadeguati ad offrire difesa dalle mareggiate più intense, sia in termini di mantenimento delle spiagge, sia in funzione di protezione delle infrastrutture e dell'abitato retrostanti, in primo luogo la Via Aurelia, la passeggiata a mare, le strutture degli stabilimenti e gli edifici che si affacciano sull'Aurelia.

Essendo in corso e programmati diversi interventi di adeguamento delle opere costiere esistenti (v. dettagli nei paragrafi successivi), nell'ambito del progetto di ripascimento strutturale con utilizzo dei materiali di scavo dello scolmatore del torrente Bisagno, in corso di realizzazione da parte del Comune di Genova, l'Amministrazione Comunale nel dicembre 2021 ha affidato agli scriventi uno studio di fattibilità tecnica ed economica al fine di valutare l'opportunità di eseguire ulteriori interventi a complemento e completamento del quadro già programmato, al fine di migliorare le condizioni di resilienza del sistema costiero, anche nel medio/lungo termine.

Nello studio sono stati individuati una serie di interventi complementari al ripascimento, finalizzati ad ottimizzare la resilienza della fascia costiera: scogliera in massi sommersa parallela alla costa, potenziamento della scogliera a difesa del piazzale del mare.

Nel 2024 il Comune ha ottenuto specifico finanziamento di € 2.500.000 per questi interventi complementari: nel presente progetto sono sviluppati gli interventi complementari realizzabili con il finanziamento ottenuto, al quale il Comune aggiungerà una quota per ottenere un primo lotto funzionale efficace e significativo (importo complessivo del quadro economico pari a € 3.000.000).

L'Amministrazione Comunale ha quindi affidato agli scriventi il presente progetto di fattibilità tecnica ed economica del Primo Lotto di interventi.

La natura iniziale degli interventi era la loro complementarietà al ripascimento da materiale dello scolmatore Bisagno: visti i ritardi nell'effettuazione di tale ripascimento, è stata studiata l'efficacia degli interventi anche in assenza di ripascimento.

Dal momento che le opere di difesa costiera ricadono tra le opere di cui all'allegato IV al d.lgs. n. 152/2006 (Allegato IV alla parte seconda, comma 7 lettera n), ossia tra le opere da sottoporre alla procedura di verifica di assoggettabilità/ screening occorre procedere prima di tutto all'avvio di tale procedura.

Il presente studio preliminare ambientale è corredato di tutti gli studi di approfondimento ambientali per la valutazione di incidenza e la suddetta procedura di assoggettabilità.

2. INQUADRAMENTO GENERALE DEI LUOGHI

2.1 Inquadramento dei luoghi e descrizione dell'area



Foto 2.1: foto aerea 2019 (Ortofoto Geoportale Liguria)

Nella sopra riportata foto aerea i pennelli sono stati denominati in coerenza con quanto riportato nei progetti redatti negli scorsi anni dall'Amministrazione Comunale: tale denominazione è mantenuta in tutti i documenti di questo progetto.

L'area oggetto del presente primo lotto funzionale interessa il tratto di costa compreso tra il Porto di Arenzano e il piazzale di parcheggio a levante della foce del Torrente Cantarena.

Partendo dal molo di sottoflutto del porto, il paraggio di intervento 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): la spiaggia è costituita da sedimenti di natura sabbioso ghiaiosa.

La foce del Rio S. Martino, che risulta tombinata per circa 40 m, dalla Via Aurelia fino allo sbocco a mare, separa questo lembo sabbioso dalla spiaggia di Arenzano capoluogo che si sviluppa, per 480 m in direzione NNE, fino alla foce del Torrente Cantarena.

L'arenile è confinato da tre pennelli: il primo, alla foce del Rio S. Martino costituito da massi; il secondo in posizione intermedia e caratterizzato da un nucleo in calcestruzzo rivestito in massi ed il terzo, in destra alla foce del Cantarena, anch'esso realizzato da un nucleo in calcestruzzo e

protetto da scogliera. Entrambi i settori di spiaggia emersa descritti sono caratterizzati da una granulometria di natura sabbioso ghiaiosa.

Il piazzale di parcheggio a levante della foce del Torrente Cantarena è in larga parte costituito dai materiali di scavo delle gallerie ferroviarie e autostradali; la colmata è protetta da scogliere artificiali in massi per tutta la sua lunghezza.

A levante del piazzale, nel tratto NON oggetto del presente primo Lotto, si sviluppa la spiaggia del Pizzo per un tratto di 600 m. L'arenile è sezionato da tre opere trasversali: la prima due, sul settore di ponente, è realizzata in calcestruzzo, mentre il pennello centrale e quello del Carbo del Pizzo sono di tipo deformabile in massi.

Il secondo pennello a levante del piazzale del mare (pennello di Priapulla) era posizionato più a ponente: nel 2010-2012 è stato rimosso e ricostruito più a levante, in modo che la seconda e la terza cella costiera presentassero estensioni longitudinali analoghe.

A levante del Carbo del Pizzo, che corrisponde ad una dorsale rocciosa in calcescisti, riprende la falesia fino alla spiaggia di Lupara-Vesima.

2.2 Evoluzione della costa

2.2.1 Evoluzione storica da cartografia regionale

Si riportano alcuni stralci della cartografia tratta dal geoportale della Regione Liguria, che mostrano l'evoluzione della linea di costa, suddivisa in due periodi: 1973-1993 e 1993-2016 (non si ritiene significativo riportare le mappe del 1944)

La cartografia, tenendo conto dei limiti di rappresentazione legati soprattutto ai dati meno recenti, evidenzia quanto segue:

- periodo 1973÷1993: nel tratto a ponente del piazzale del mare ci sono modeste variazioni della linea di riva (il dato del 1983 sembra affetto da un errore di rappresentazione), con una rotazione in senso antiorario della seconda cella; a levante del piazzale l'evoluzione è legata alla costruzione di un pennello nella seconda cella, con limitate evoluzioni della liea di riva;
- periodo 1993÷2013: nel tratto a ponente del piazzale del mare emerge l'artretramento della porzione di ponente della prima cella, mentre la seconda cella appare in sostanziale equilibrio; a levante del piazzale anche in questo periodo l'evoluzione è legata allo spostamento del pennello tra le celle 2 e 3, con limitate evoluzioni della liea di riva.
- In genere, si nota, come riportato nella sintesi per i periodi 2003÷2013 e 2013÷2016, una modesta tendenza all'erosione lei tratti di spiaggia immediatamente a levante dei pennelli, e una tendenza all'accumulo nei tratti a ponente degli stessi: ciò è la comnferma del trasporto longitudinale di ridotta entità e prevalente verso levante, come definito in dettaglio nello studio DHI commissionato dal comune ed eseguito a supporto del presente progetto.

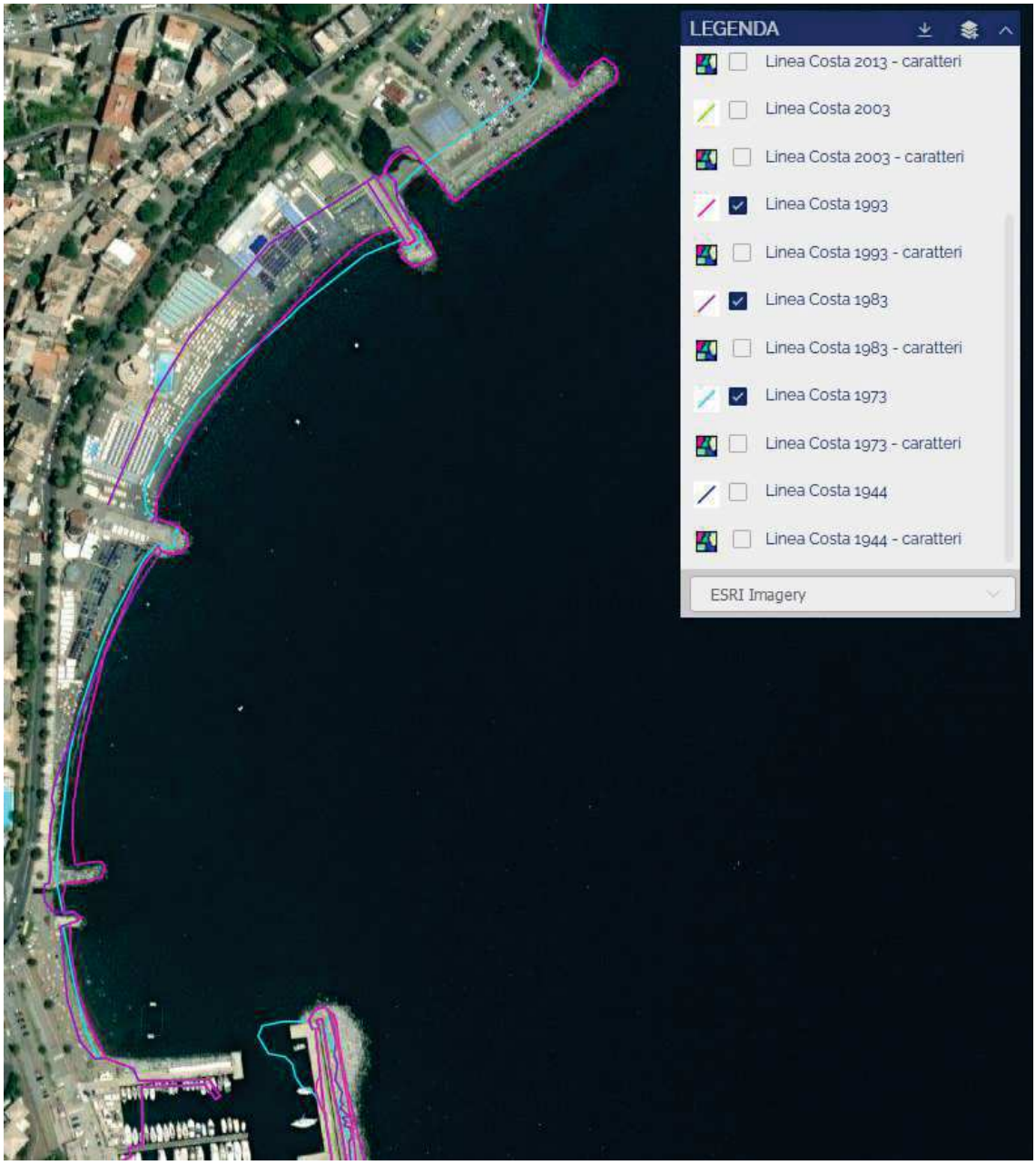


Figura 2.2: evoluzione linea di costa 1973-1993 – ponente (da geoportale Regione Liguria)



Figura 2.3: evoluzione linea di costa 1973-1993 – levante (da geoportale Regione Liguria)

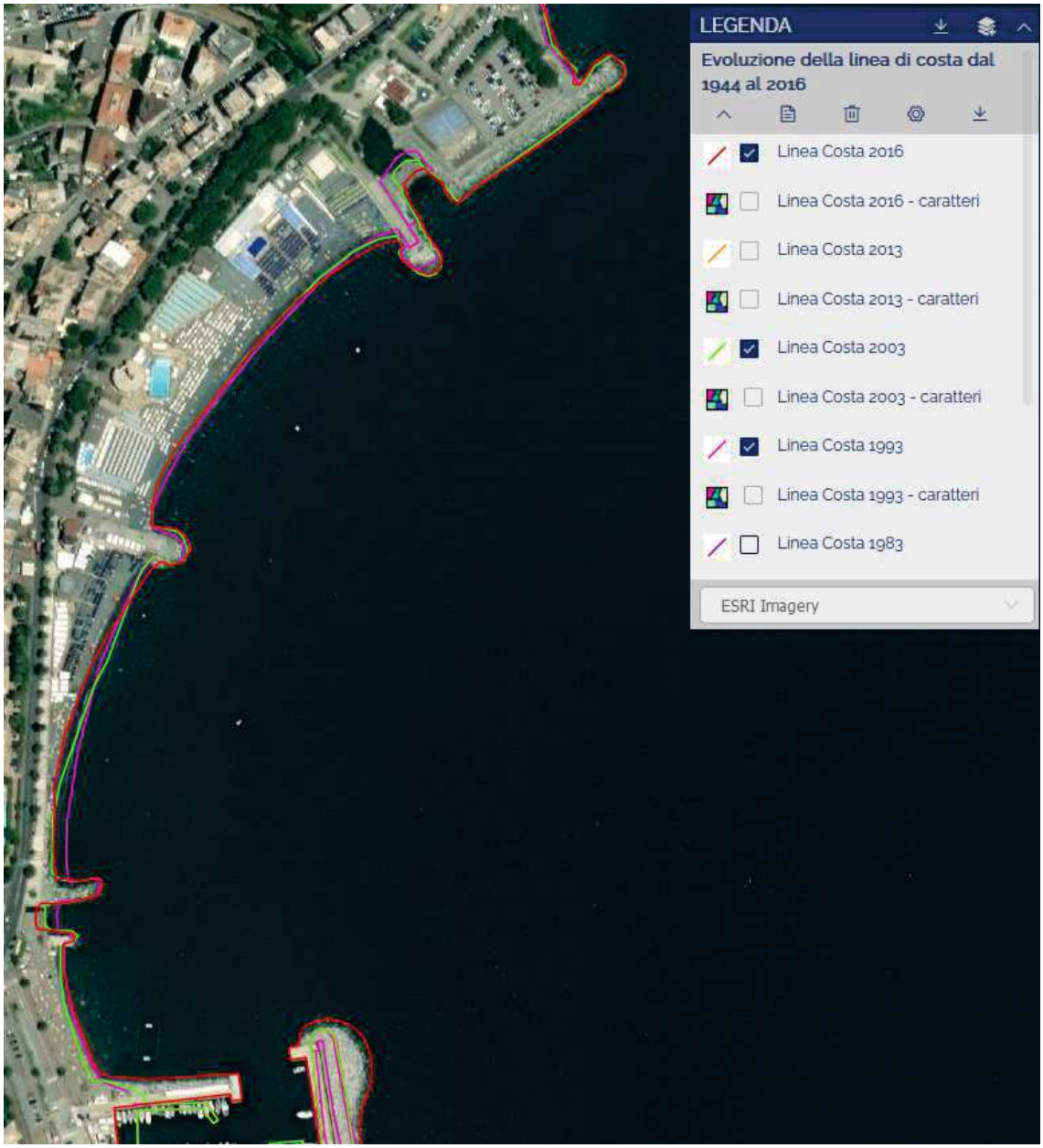


Figura 2.4: evoluzione linea di costa 1993-2013 – ponente (da geoportale Regione Liguria)



Figura 2.5: evoluzione linea di costa 1993-2013 – levante (da geoportale Regione Liguria)



Figura 2.6: evoluzione spiagge 2003-2013 (da geoportale Regione Liguria)



Figura 2.7: evoluzione spiagge 2013-2016 (da geoportale Regione Liguria)

2.2.2 Evoluzione della costa da foto aeree

Si presentano di seguito le foto aeree del litorale a levante del porto turistico dal settembre 2007 all'aprile 2020: dall'analisi delle foto aeree, che naturalmente offrono informazioni solo sulla consistenza della spiaggia emersa, emergono alcuni elementi significativi:

- lo spostamento del pennello *di Pria Pulla* (pennello G) nella spiaggia del Pizzo e le sue conseguenze sull'assetto delle ultime due celle di levante, la cui estensione varia molto negli anni, anche a seguito dei ripascimenti eseguiti, con ampiezza comunque sempre insufficiente ad assorbire la risalita delle onde durante mareggiate intense;
- la ridotta variabilità delle spiagge comprese tra il porto e il piazzale del mare, nelle quali l'orientazione della linea di costa e l'estensione della battigia appaiono pressoché costanti nel tempo.



settembre 2007



ottobre 2012



giugno 2014



aprile 2016



marzo 2017



aprile 2018



aprile 2020

2.3 Documentazione fotografica stato attuale della spiaggia

Si presentano di seguito alcune foto del litorale oggetto di analisi: nella foto aerea sottostante sono localizzate le foto con numerazione progressiva (citata nelle didascalie) e nella posizione di scatto.



Foto 2.8: foto aerea del pennello B e C a volo d'uccello (bird-eye view) - aprile 2024



Foto 2.9: foto aerea del pennello C e D a volo d'uccello (bird-eye view) - aprile 2024

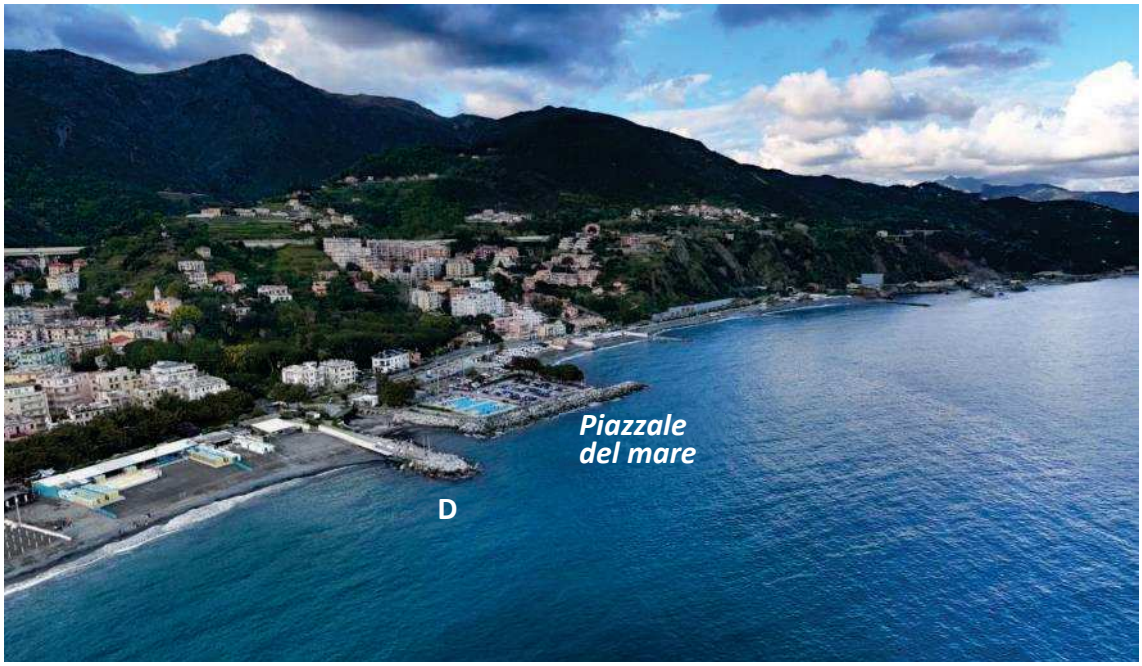


Foto 2.10: foto aerea del pennello D (Molo di Ponente) e il Piazzale del mare a volo d'uccello (bird-eye view) - aprile 2024

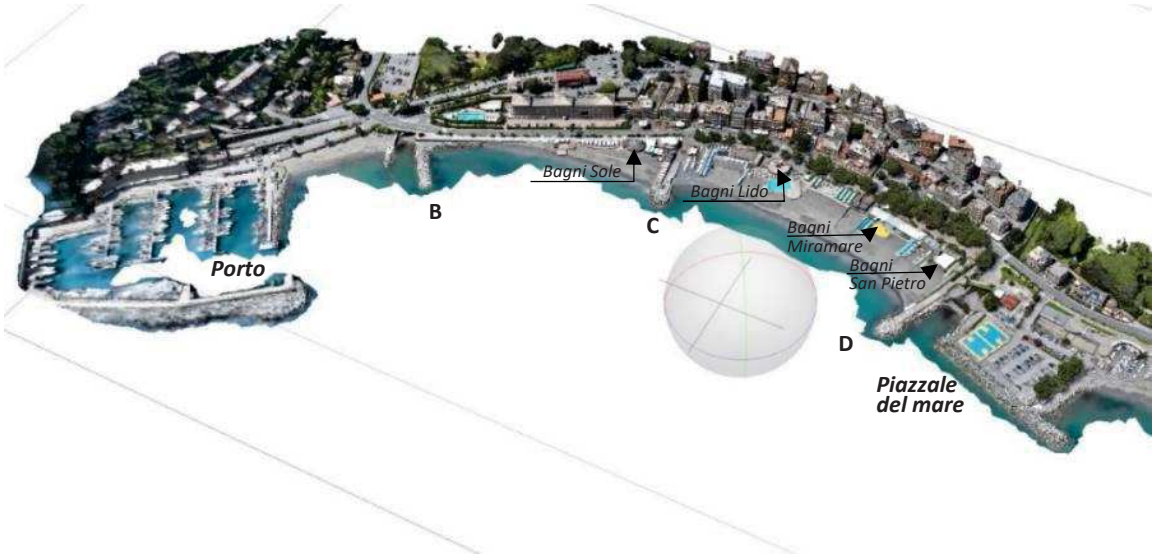


Foto 2.11: rilevo fotogrammetrico-3D 2024



Foto 2.12: Inquadramento foto

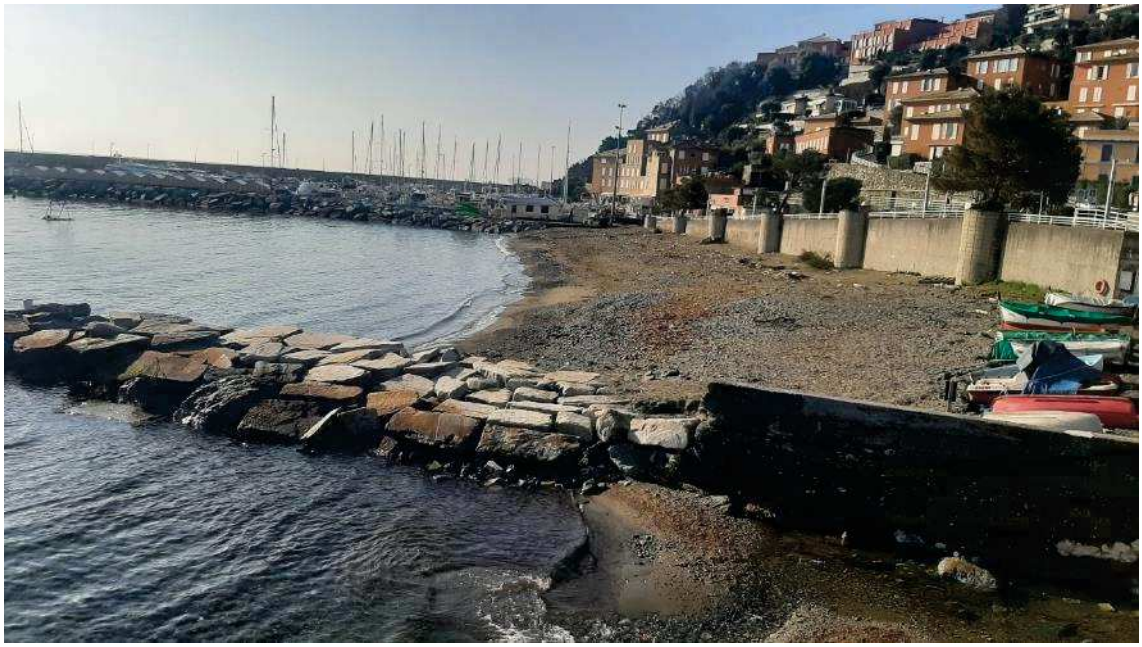


Foto 2.13: (Foto 1) tratto di spiaggia tra il Porto di Arenzano e il pennello B - marzo 2024



Foto 2.14: (Foto 2) tratto di spiaggia tra il pennello B e C - marzo 2024



Foto 2.15: (Foto 3) tratto di spiaggia tra il pennello B e C di fronte ai Bagni Sole - marzo 2024



Foto 2.16: (Foto 4) vista verso ponente del tratto di spiaggia tra il pennello C e D di fronte ai Bagni Lido - marzo 2024



Foto 2.17: (Foto 5) vista verso levante del tratto di spiaggia tra il pennello C e D di fronte ai Bagni Lido - marzo 2024



Foto 2.18: (Foto 6) vista verso Ponente del tratto di spiaggia tra il pennello C e D di fronte ai Bagni Miramare e Bagni San Pietro - marzo 2024



Foto 2.19: (Foto 7) vista verso Ponente del tratto di spiaggia tra il pennello C e D – marzo 2024



Foto 2.20: (Foto 8) vista foce tra Piazzale del Mare e pennello D – marzo 2024



Foto 2.21: (Foto 9) scogliera a protezione del piazzale lato ponente - marzo 2024



Foto 2.22: (Foto 10) scogliera a protezione del piazzale lato ponente - marzo 2024

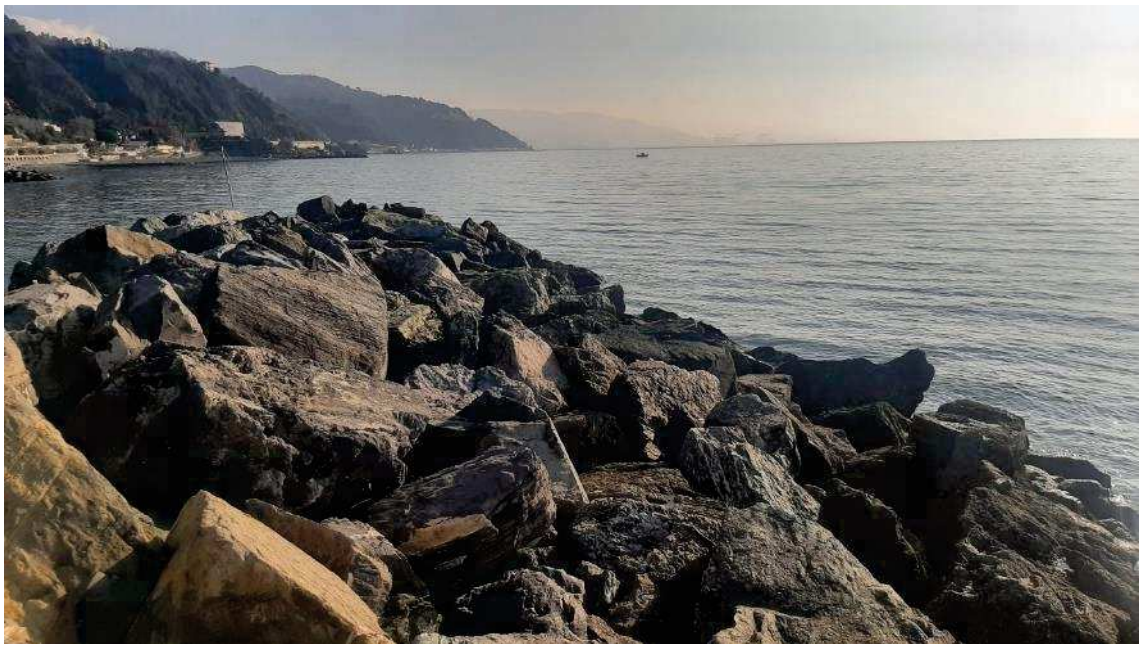


Foto 2.23: (Foto 11) scogliera a protezione del piazzale lato levante – marzo 2024

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO - AMBIENTALE

3.1 Proprietà delle aree

Come risulta dalla mappa dei SID (Sistema Informativo Demanio), le aree del litorale oggetto del presente primo lotto ricadono in demanio marittimo, la dividente demaniale corrisponde in larga parte al confine lato mare della passeggiata, tranne alcune eccezioni nella parte retrostante della spiaggia in due limitati tratti e in corrispondenza della foce dei torrenti.



Figura 3.1: Stralcio mappa SID (da www.mit.gov.it)

3.2 Il Piano Territoriale di Coordinamento paesistico

L'area interessata dagli interventi in progetto fa parte dell'Ambito Territoriale N. 52 "Arenzano". Si riportano di seguito le indicazioni per il territorio.

3.2.1 Assetto insediativo

L'area di intervento in prossimità del porto di Arenzano ricade in ambito Attrezzature Impianti a regime normativo di Consolidamento (AI-CO), sono consentiti quegli interventi sia di modificazione delle strutture esistenti sia di eventuale ampliamento dell'impianto che ne consolidino la presenza e ne migliorino l'inserimento nel contesto ambientale.



Figura 3.2: - P.T.C.P. della Regione Liguria: assetto insediativo

La parte del litorale in prossimità del centro storico di Arenzano ricade in Struttura urbana qualificata (SU) che vede al suo interno la presenza di impianti edificati e di ambienti costruiti di particolare valore storico-architettonico, facenti parte della storia insediativa e locale.

Il tratto di litorale dal piazzale del Mare fino all'estremità di levante, ricade in Tessuto Urbano. Trattandosi di parti del territorio nelle quali prevalgono, rispetto agli obiettivi propri dei Piano, le più generali problematiche di ordine urbanistico, le stesse non sono assoggettate a specifica ed autonoma disciplina paesistica.

3.3 Il Piano Territoriale di Coordinamento della costa

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

Si riportano di seguito i capitoli del PTC più importanti in cui vengono analizzate le problematiche dell'area di Arenzano:

- Capitolo 2.1 - ambiti progetto – AP21 Arenzano: *L'ambito comprende il tratto di litorale da Marina Grande al litorale di Arenzano. Il tema più rilevante riguarda le possibilità di intervento sul porto esistente. Sul tema concorrono esigenze contrapposte:*

- *da un lato la volontà di recuperare gli elementi di attrattività di Arenzano valorizzandone il patrimonio storico e i valori di paesaggio, nonché migliorando l'assetto del litorale e garantendo un adeguato livello di qualità delle acque marine;*

- *dall'altro la necessità di migliorare le caratteristiche del porto attuale, difficilmente agibile e poco ridossato. Il contemperare queste due esigenze implica la necessità di prefigurare un progetto complessivo sul litorale di Arenzano impostato sulle seguenti finalità:*

- *definitivo recupero della sede ferroviaria, dal confine con Cogoleto sino al porto, con contestuale verifica della possibilità di intercettare una parte del flusso dei sedimenti (che attualmente concorrono all'insabbiamento dell'imboccatura portuale) per il mantenimento della spiaggia di Marina grande e l'alimentazione del litorale sotto punta S. Martino. La verifica dovrà riguardare anche l'uso del materiale trasportato dal rio San Martino che attualmente concorre a determinare l'insabbiamento dell'imboccatura portuale;*

- *riordino e ampliamento degli spazi destinati al rimessaggio delle piccole imbarcazioni;*

- *adeguamento della struttura portuale per la soluzione dei problemi funzionali sopra accennati secondo i modi e le dimensioni che l'Amministrazione Comunale giudicherà più opportune e comunque all'interno dei limiti già tracciati dal Piano Paesistico, nei termini indicati nel fascicolo 2.2.2) garantendo la salvaguardia della spiaggia a ridosso del sottoflutto.*

- Capitolo 2.2.1 - Difesa costiera e ripascimento delle spiagge:

La spiaggia di Arenzano e Vesima, in linea naturale, era alimentata da parte delle alluvioni del Lerrone che ne superavano il capo e dai rivi locali (S. Martino, Cantarena e minori).

La spiaggia di Arenzano tra il porto ed il Pizzo può essere migliorata con opere di perfezionamento delle strutture di appoggio e con operazioni di ripascimento. Le residue spiagge più a levante sono fortemente compromesse dalle opere di difesa. L'importanza di questo litorale, ultimo residuo della costa genovese, impone un serio studio per un intervento di creazione di nuove spiagge al servizio dell'area metropolitana.

Tra il Comune di Arenzano e Voltri vi è una costa alta molto povera di sedimenti già in linea naturale e privata negli ultimi decenni anche della scarsa alimentazione proveniente da Ponente a causa delle opere marittime costruite ad Arenzano (ultimo il pennello del Pizzo).

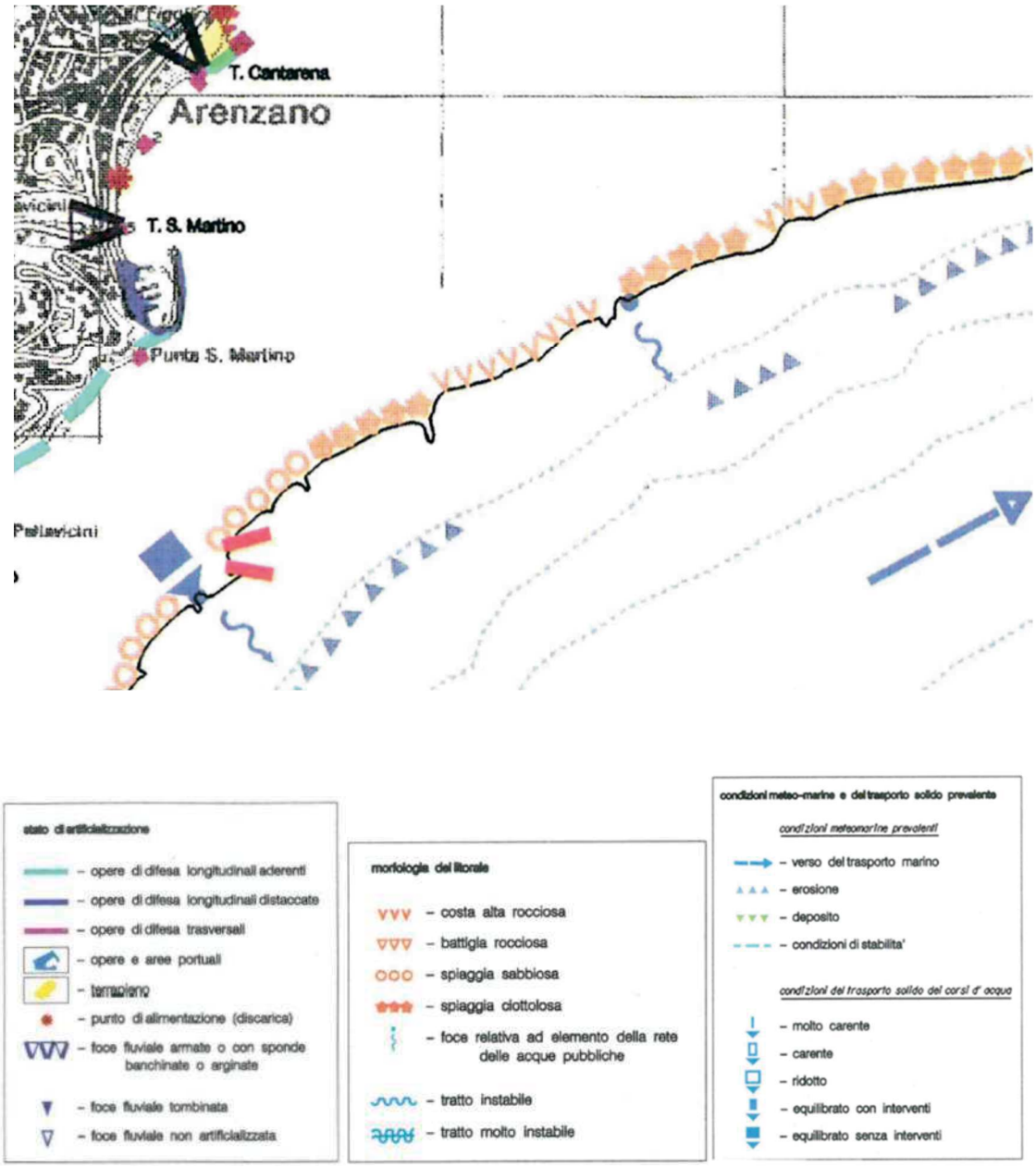


Figura 3.3: - P.T.C. della Costa Regione Liguria: Difesa costiera e ripascimento delle spiagge

3.4 PGRA - Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera

Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è previsto dalla Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. 'Direttiva Alluvioni'), recepita a livello nazionale con il D.Lgs. n. 49/2010, 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.

Il litorale oggetto di studio ricade pressocché totalmente in area a pericolosità P3, salvo una limitata zona protetta dal Molo di Ponente alle vicinanze dei bagni Lido, nella fascia di spiaggia più arretrata ricade in area P2- dominio costiero. Nela zona della foce del Torrente Cantarena area arretrata ricade in pericolosità P1- Dominio fluviale.

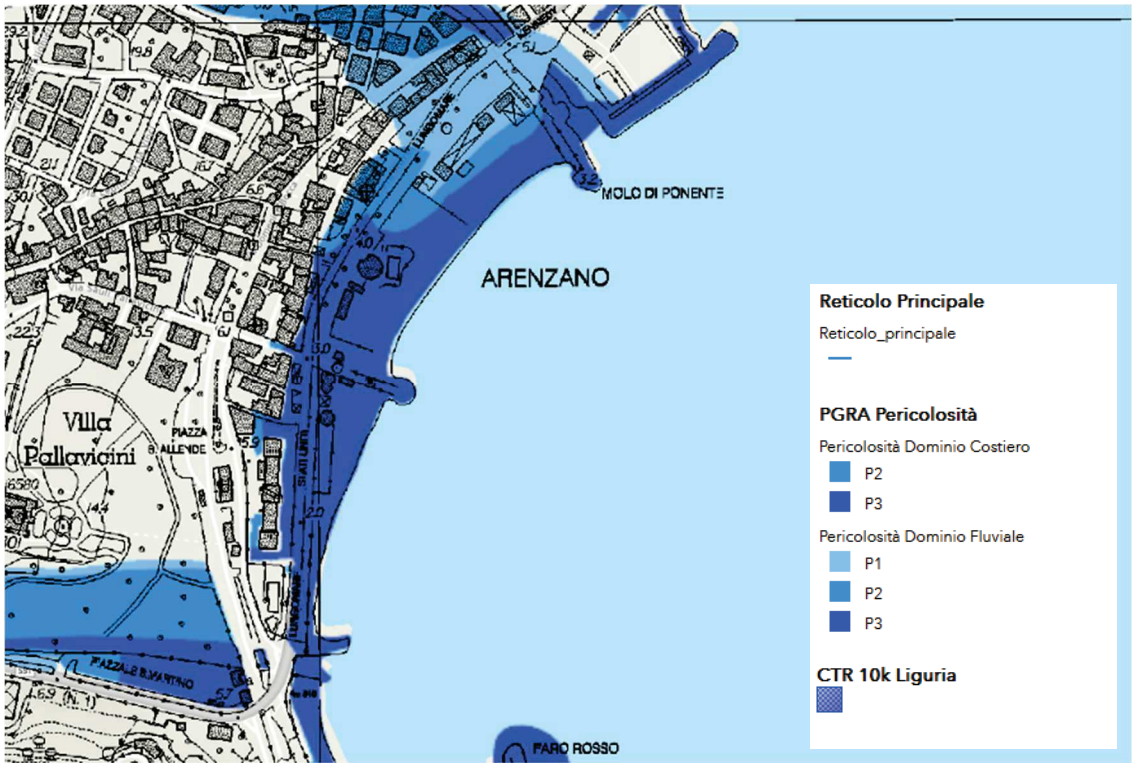


Figura 3.4: - Stralcio PGRA - Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera

Al momento è in corso di redazione e/o adozione il regolamento che norma gli interventi ammissibili in tali zone.

3.5 Il Piano di Bacino – Ambiti 12 e 13

Il territorio del Comune di Arenzano ricade all'interno del Piano di Bacino – ambiti 12 e 13, approvato con delibera di Consiglio Provinciale n° 65 del 12.12.2002; ultima variante approvata DSG n. 115 del 06.12.2021 entrata in vigore il 12.01.2022.

Gli interventi ricadono in aree a mare: si riportano gli stralci cartografici relativi alla zona costiera.

3.5.1 Reticolo idrografico

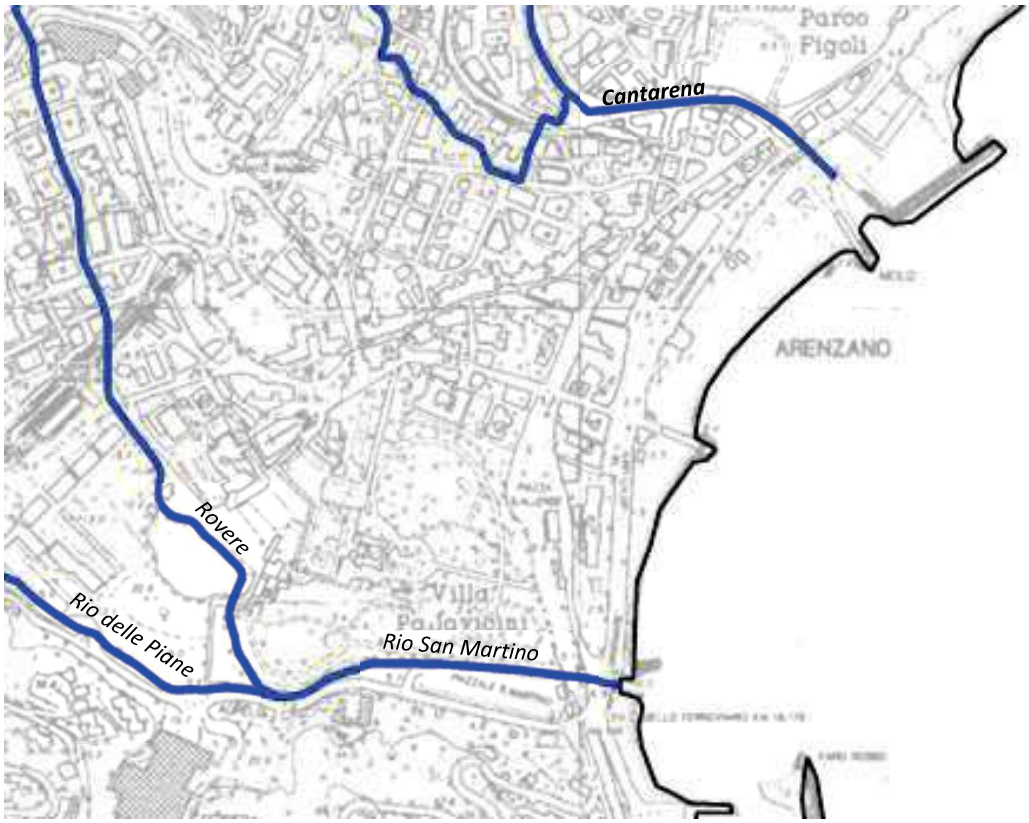


Figura 3.1: Piano di Bacino – Ambiti 12 e 13 - Carta del reticolo idrografico

I corsi d'acqua che sfociano nel tratto di litorale in esame sono, da ponente a levante,

-il Bacino idrografico (identificativo-709): Rio San Martino, formato da Rio Delle Piane (bacino 2.5 kmq), affluente Rovere

-il Bacino idrografico (identificativo-711) il torrente Cantarena (bacino 4.9 kmq), e un rio senza nome.

3.5.2 Suscettività al dissesto

Le aree di intervento ricadono in aree a suscettività molto bassa. La zona del Piazzale del Mare invece ricade in suscettività bassa.

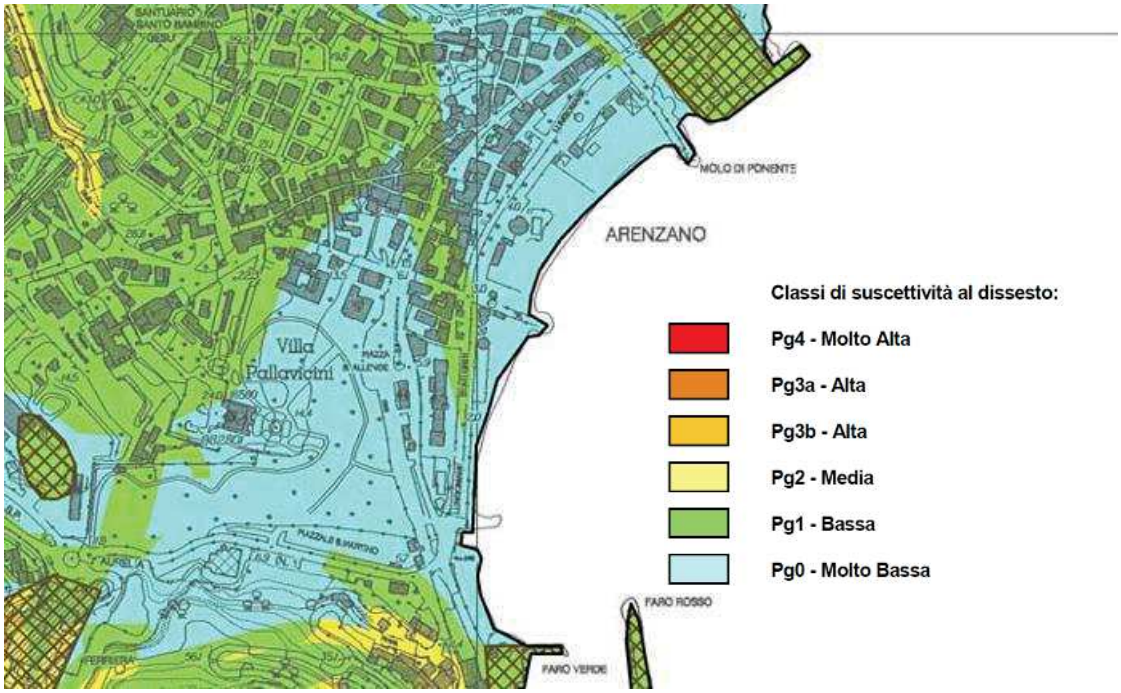


Figura 3.2: Piano di Bacino – Ambito 12 e 13 –Carta della suscettività al dissesto dei versanti

3.5.3 Rischio geologico

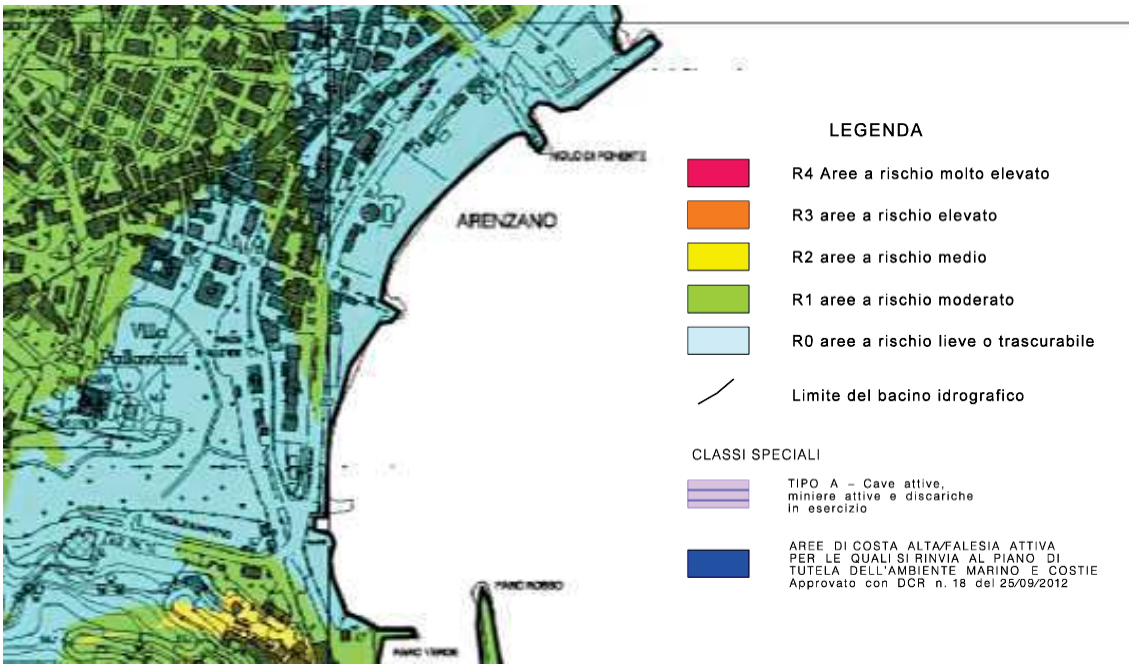


Figura 3.3: Piano di Bacino – Ambito 12 e 13 - Stralcio Carta del rischio geologico

Le aree oggetto di intervento sono classificate come area a rischio lieve o trascurabile.

3.5.4 Fasce di inondabilità

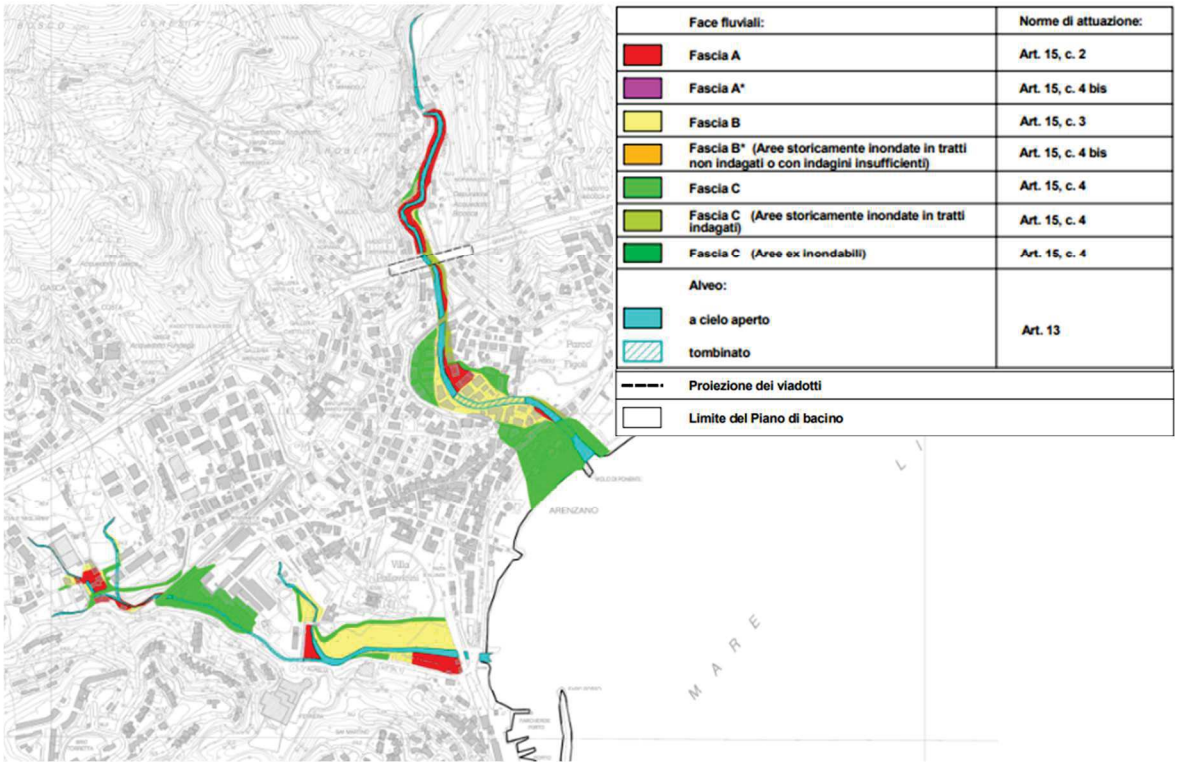


Figura 3.4: Piano di Bacino – Ambito 12 e 13 –Carta delle face di inondabilità

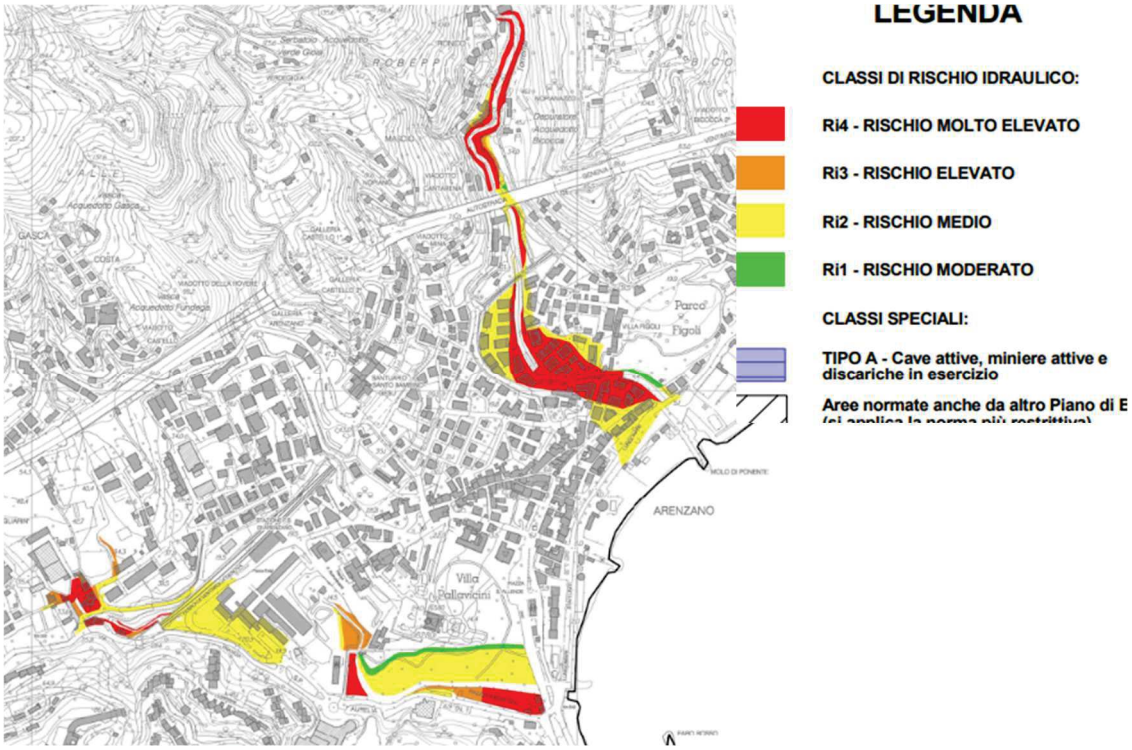


Figura 3.5: Piano di Bacino – Ambito 12 e 13 –Carta del rischio idraulico

3.6 Strumenti urbanistici locali

3.6.1 PUC vigente

Il P.U.C. (Piano Urbanistico Comunale) è stato approvato con DGR 754/2017, da ultimo variato con Deliberazione del Consiglio Comunale n.ro 6 del 28/03/2019.



Figura 3.6: Stralcio PUC vigente nel Comune di Arenzano – Struttura

Il litorale di Arenzano ricade in ambito Arco costiero 12 R. L'ambito è debolmente insediato e presenta unità fisiografiche molto diverse connotate da diversi livelli di artificializzazione. La lettura dell'esistente ci restituisce così un panorama costiero con alcune disomogeneità, fratture e discontinuità ed una certa confusione tra i "territori" pedonali, di sosta e viabilistici.

Prevalente indirizzo di pianificazione è dunque la *riqualificazione* dell'ambito ed il raggiungimento di una continuità spaziale di fruizione, articolata per tratti a diversa modalità di percorso, in modo da *valorizzare* la risorsa territoriale nel suo insieme ma anche i pregi e le peculiarità ambientali e paesaggistiche per parti differenziate, da operarsi, con una serie puntuale di unità di intervento a diverso grado di incisività *evolutiva*.

Gli obiettivi della disciplina per quanto riguarda gli arenili prevedono di coordinare il PUC con le strategie e gli interventi più opportuni di consolidamento delle spiagge nel quadro di riferimento progettuale del PUD.

Il tratto di arenile tra il piazzale del Mare e il pennello di estremo levante ricade nell'unità di intervento 12.5 per la ristrutturazione dell'arenile, delle attrezzature pubbliche e degli spazi per la sosta veicolare. Questa unità di intervento ha come obiettivi, in conformità con il PUD, di riqualificazione e consolidamento in particolare delle spiagge, delle aree verdi e delle relazioni tra spazi liberi della costa ed accessibilità.

3.6.2 Progetto di Utilizzo delle Aree Demaniali (PUD)

Il Comune di Arenzano è dotato di PUD, adottato con delibera C.C. 60 del 15/12/2010.

Nel documento sono identificate le varie destinazioni delle aree come sotto rappresentato.



Figura 3.5: PUD Comune di Arenzano – Stato attuale

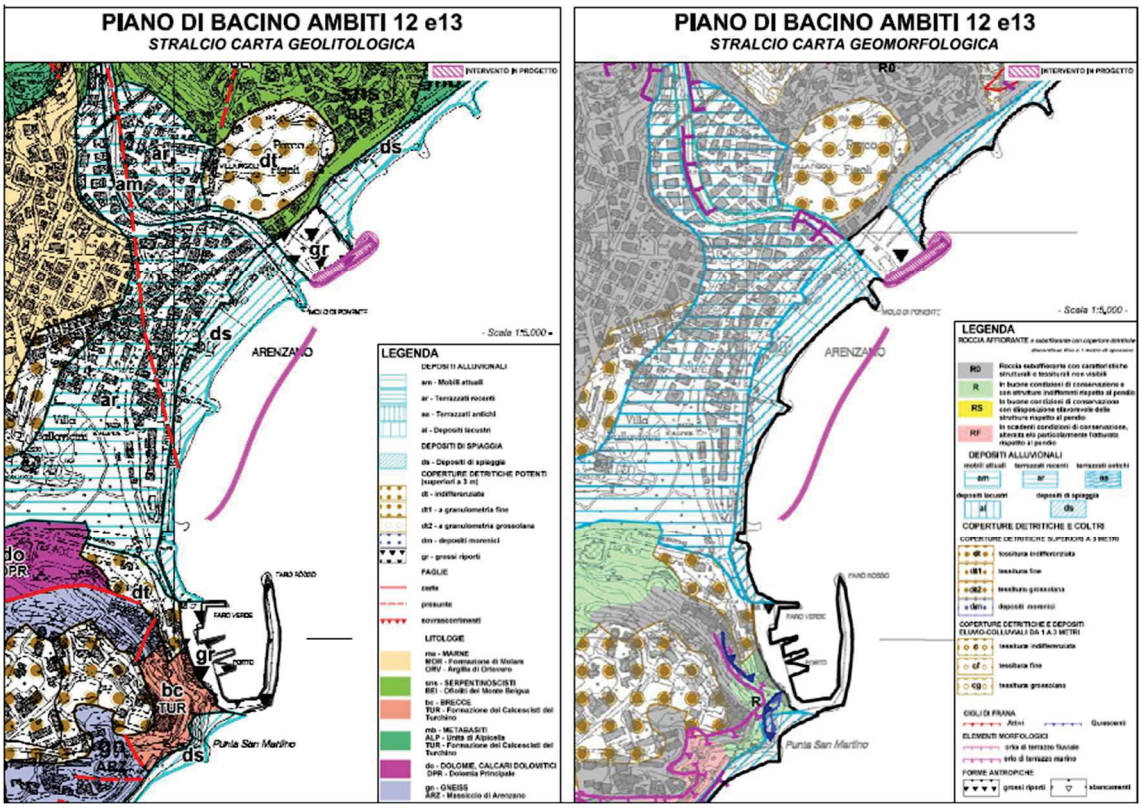


Figura 3.6: – PUD Comune di Arenzano – Stato di progetto

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Si riportano gli elementi di interesse relativi alla costa con gli interventi in progetto tratti dalla Relazione geologica e dalla carta geomorfologica del PUC di Arenzano (Dott. Geol. Marcello Brancucci, 2016), dalla Carta geolitologica e dalla carta geomorfologica del Piano di Bacino ambiti 12 e 13.

*Nell'ambito del presente progetto di progettazione di fattibilità tecnica ed economica è stata redatta specifica caratterizzazione geotecnica e sismica dallo studio geologico da parte del Dott. Geol. Roberto De Franchi (v. documento **R04** del maggio 2024); di seguito si riportano gli elementi principali.*



Assetto geologico di area vasta

Il settore ligure compreso tra Varazze e Genova è geologicamente caratterizzato da enormi masse rocciose, chiamate falde o Unità tettoniche che, in seguito alle deformazioni orogeniche, sono state dislocate dalla loro posizione originaria ed appilate una sull'altra. Questo eterogeneo e complesso quadro strutturale è ben rappresentato nel settore di studio che presenta, prevalentemente, elementi litologici del Dominio Piemontese-Ligure (oceanico). Si tratta di falde ofiolitifere pre-cenomaniane che iniziano con la classica associazione ofiolitica a peridotiti, gabbri e basalti trasformati dal metamorfismo in serpentiniti, metagabbri e metabasalti.

Il paesaggio geomorfologico di Arenzano

Il territorio è caratterizzato da una morfologia particolarmente varia e profondamente incisa, spesso aspra. Il paesaggio geomorfologico è, al pari della maggioranza del territorio ligure, privo di una vera e propria pianura; Il litorale offre sostanzialmente un unico tratto di costa bassa con depositi di spiaggia sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, nella zona antistante la foce del Cantarena. Nelle altre porzioni, si passa a

coste alte rocciose con falesie non di rado a strapiombo sul mare, e una modesta fascia litorale con presenza di materiali costituiti da ciottoli e blocchi rocciosi di dimensioni metriche, localmente interrotta da modeste calette con accumuli più fini. (….)

(…) Elementi antropici salienti sono senza dubbio la Strada Statale SS- Aurelia n.1 che si distende per un tratto perpendicolarmente alla costa dalla val Lerone fino al mare per poi proseguire in fregio al mare fino a Punta S. Martino.

(…) Il territorio è solcato da modesti corsi d'acqua, tutti principalmente a carattere effimero, tanto da prosciugarsi completamente nella stagione estiva; i percorsi sono in generale piuttosto brevi, con pendenze elevate e grandi capacità di incisione, tanto da aver creato vallecole molto profonde.

(…) Il ruscellamento diffuso sui versanti, principale agente della diffusa erosione areale, caratterizza tutto il territorio, soprattutto nel settentrionale dove sono più accentuale le pendenze dei versanti. L'elevata acclività, le condizioni strutturali e la presenza di numerose lineazioni tettoniche fanno sì che nell'area del Comune di Arenzano siano presenti diverse porzioni di territorio fortemente incise. I rii sono spesso costretti fra gli edifici e per lunghi tratti tombinati.

Il litorale a levante del porto turistico (v. carta geomorfologica di seguito riportata) è formato da *depositi marini in evoluzione (spiagge)*, a tergo delle quali sono presenti *depositi alluvionali recenti* e, nell'estremo tratto di levante, un'area in *frana attiva*, a monte della SS 1 Aurelia. Il rilevato del piazzale del mare è in larga parte costituito dai materiali di scavo delle gallerie ferroviarie e autostradali, la colmata è protetta da scogliere artificiali in massi per tutta la sua lunghezza.

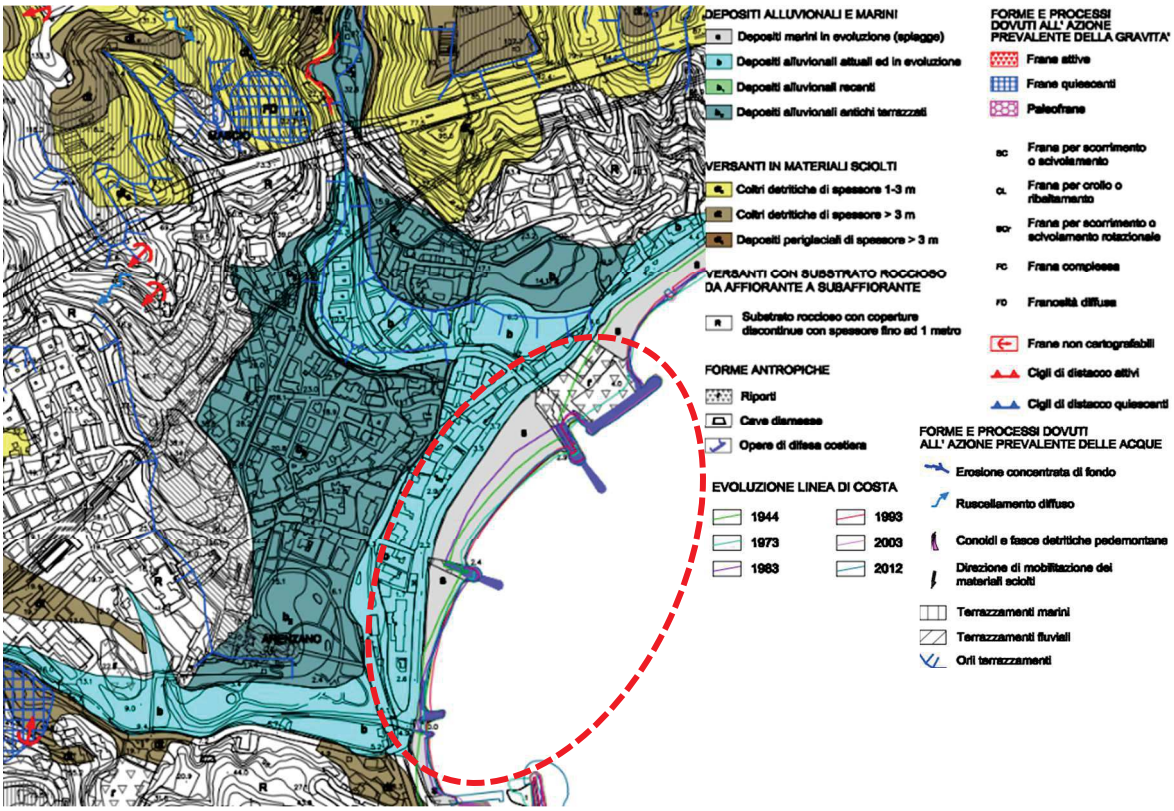


Figura 4.1: stralcio tav. 2.1 – carta geomorfologica (PUC di Arenzano)

L'inquadramento geomorfologico dell'area d'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.

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.

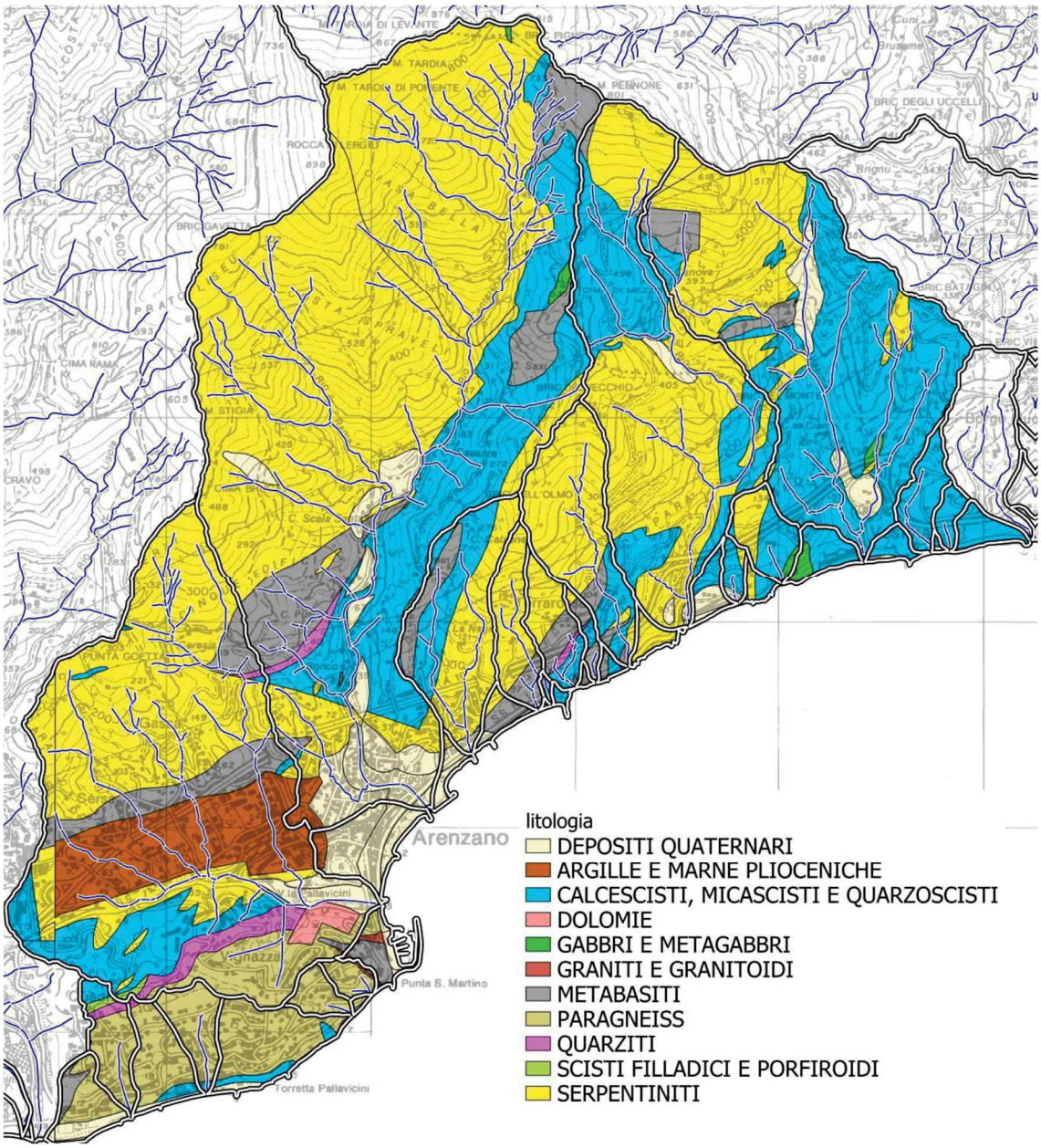


Figura 4.2: Mappa ricavata dal Geoportale della Regione Liguria (dati di repertorio della cartografia geologica esistente)

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 .

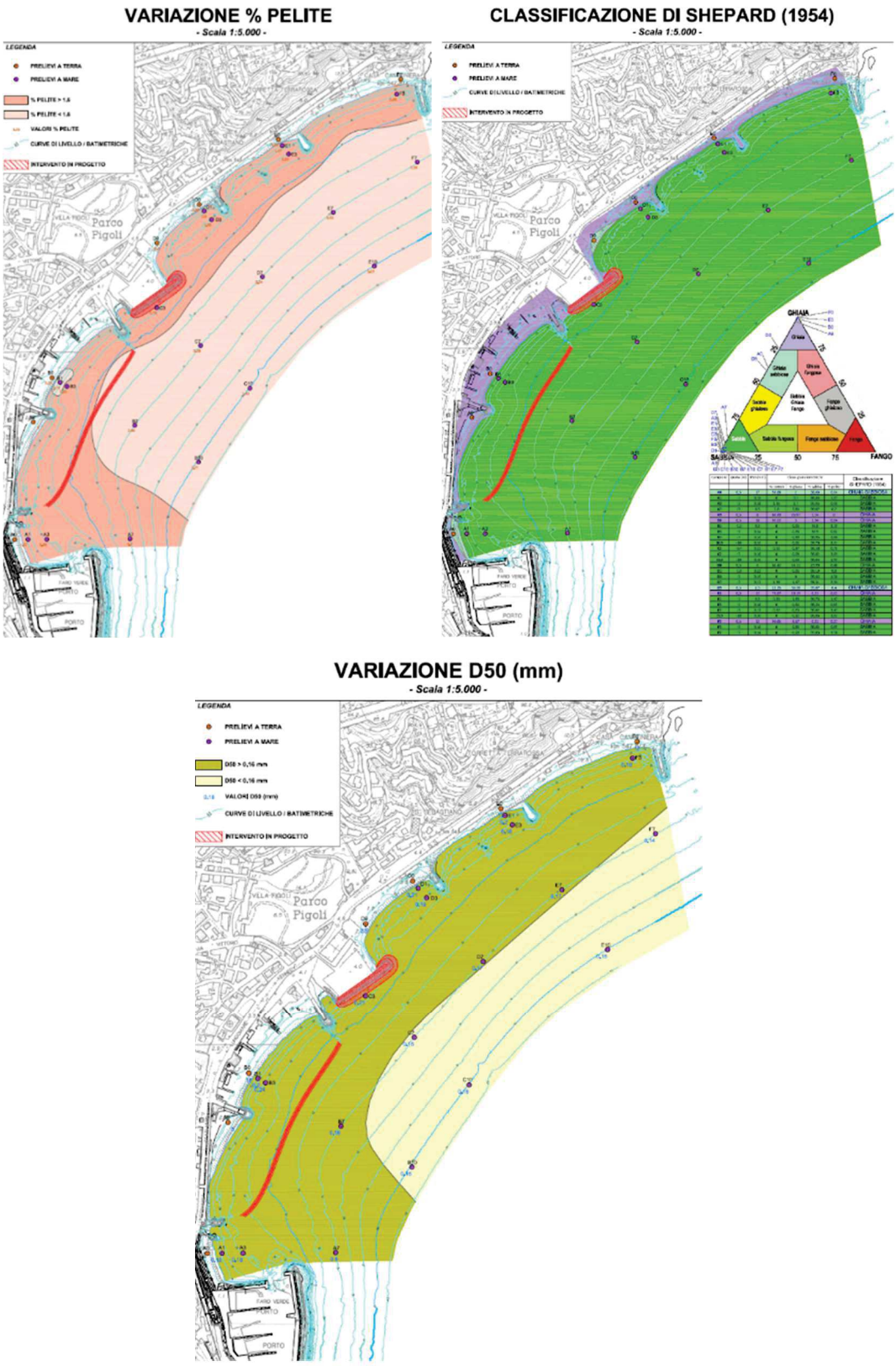


Figura 4.3: stralcio tav. Geo-T4 – carta sedimentologica (PFTE di Arenzano) con interventi in progetto per la salvaguardia della costa e dell'abitato

.

In relazione alla tipologia degli interventi in progetto è possibile ricostruire un modello geologico del sottosuolo molto semplice e costituito da un unico strato di depositi marini molto uniformi di spessore almeno decimetrico costituiti da sabbia fine e medio fine sciolta 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

5. VALUTAZIONE GENERALE DELLA SENSIBILITÀ AMBIENTALE DEL SITO

5.1 Vincoli architettonici, archeologici e paesaggistici

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

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

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

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



Figura 5.1: Stralcio carta dei vincoli architettonici archeologici e paesaggistici della Liguria tratta dal sito www.liguriavincoli.it

L'intero tratto di litorale è interessato dal vincolo Paesistico di Bellezze d'insieme "Sede stradale della via Aurelia in provincia di Genova per una profondità di m.50 sia a monte che a valle" (codice 070245) istituito con D.M. 19/06/1958.

Vincolo Paesistico Bellezza d'insieme

Codice vincolo	070245
Numero Progressivo per Comune	5
Oggetto del Vincolo	SEDE STRADALE DELLA VIA AURELIA IN PROVINCIA DI GENOVA PER UNA PROFONDITA DI M.50 SIA A MONTE CHE A VALLE
Tipo Decreto	Decreto Ministeriale
Data del decreto	19/06/1958
Tipo di Pubblicazione	Gazzetta Ufficiale
Numero di pubblicazione	209
Data pubblicazione	30/07/1958
Grado identificazione	identificabile con precisione
Decreto	**070245**
Stralcio cartografico	**070245_sc**

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

Come risulta dalla mappa sotto riportata, non sono presenti vincoli archeologici, puntuali o areali.

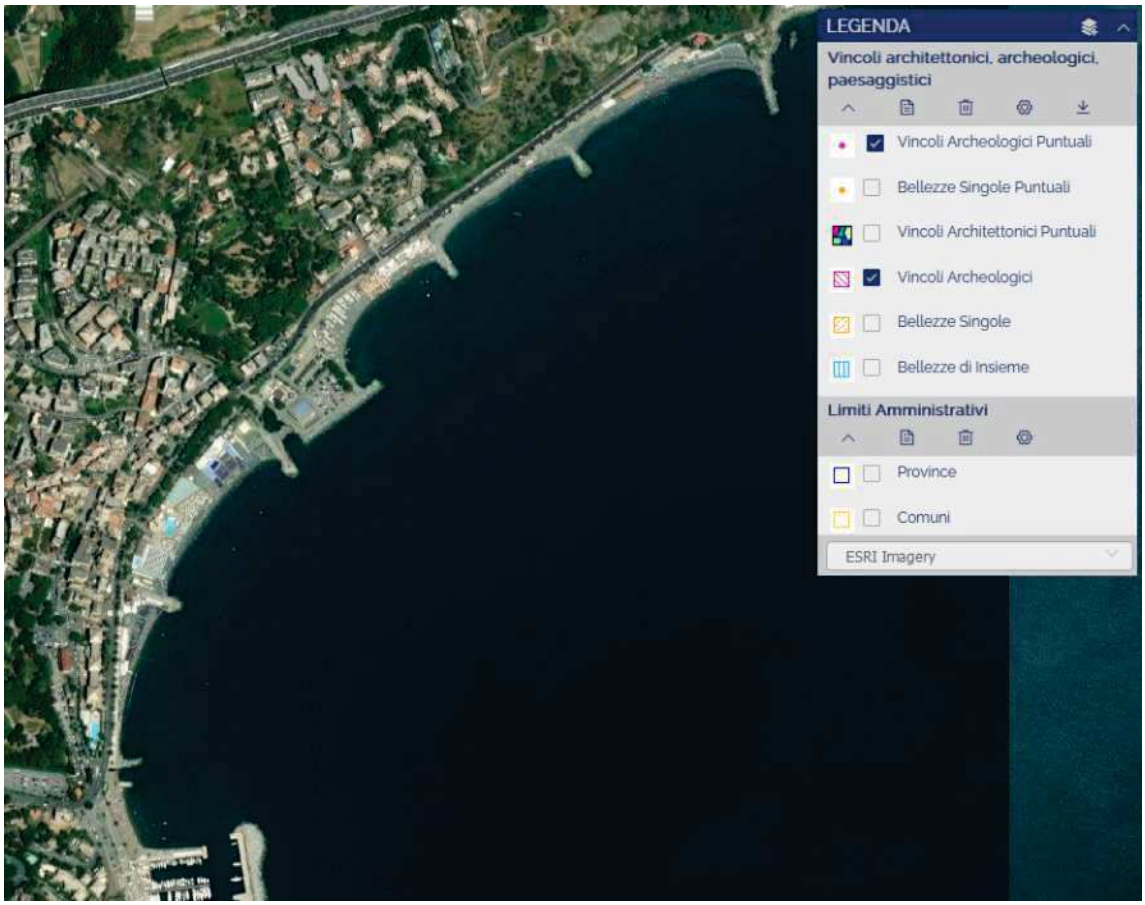


Figura 5.2: Stralcio carta dei vincoli archeologici della Liguria tratta dal sito www.liguriavincoli.it

5.2 Vincolo idrogeologico

L'area di intervento a terra è sottoposta a vincolo idrogeologico, come mostrato nello stralcio cartografico di seguito. Per le opere a mare l'area è esterna alla cartografia.

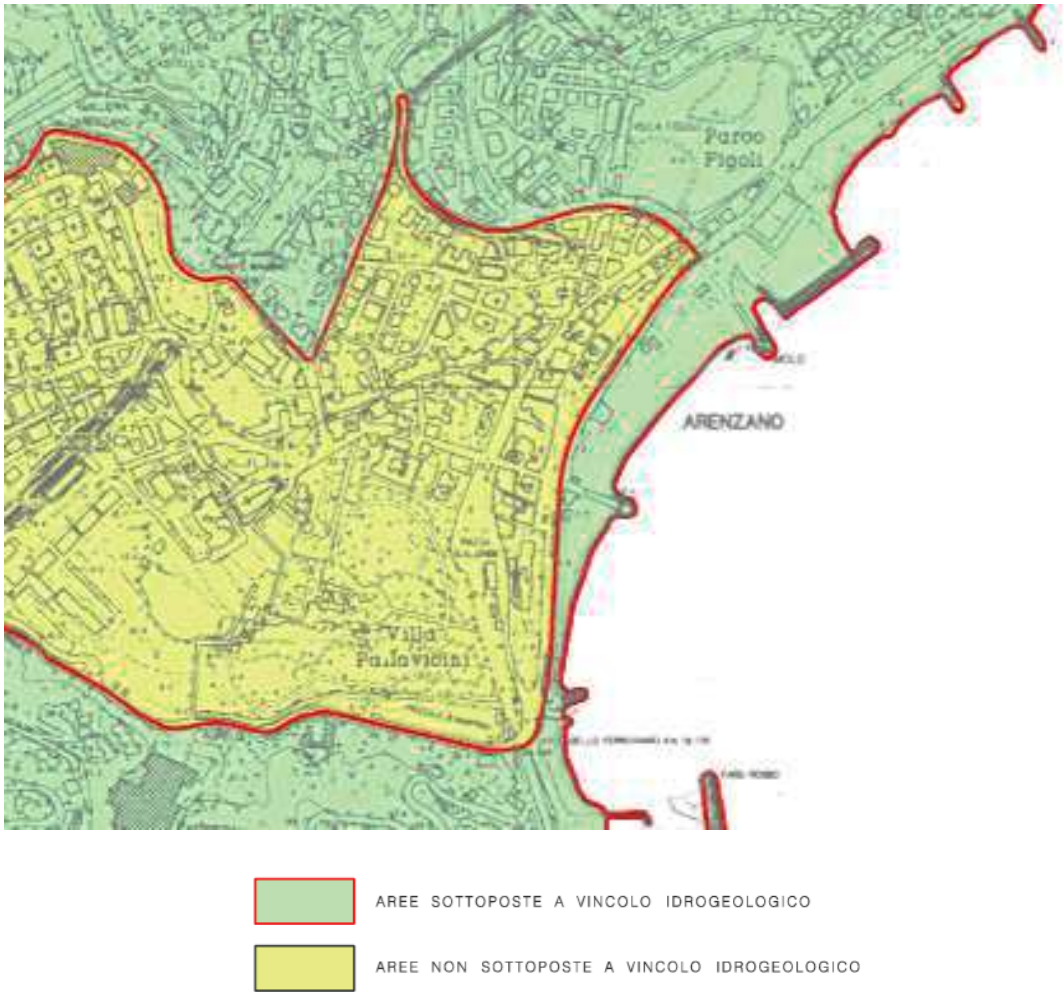


Figura 5.3: Stralcio Cartografia e foto aerea delle aree sottoposte al vincolo idrogeologico

5.3 Aspetti ambientali e naturalistici

5.3.1 Siti di Importanza comunitaria (ZSC)

Come mostrato nella figura che segue, l'intervento non ricade in alcun SIC/ZSC.



Figura 5.4: Stralcio carta S.I.C. Terrestri e Marini sc. 1:10000 - DGR n. 705/2012 e DGR n.613/2012 con Z.S.C. - DM MATTM 24/06/2015 - DM 13/10/2016 – DM 07-04-2017

5.3.2 Habitat Marini

Come risulta dalla figura seguente tratta dall'"Atlante degli Habitat Marini della Liguria" (G. Diviacco - S. Coppo) sui fondali antistanti l'area di intervento sono presenti sabbia e più al largo una prateria di Cymodocea Nodosa; in prossimità dei pennelli esistenti sono presenti alghe fotofile su substrato prevalentemente artificiale. Nell'area a mare antistante il pennello in massi in destra orografica della foce del Rio S. Martino (o Rio delle Piane) è segnalata una piccola macchia di matte morta di Posidonia. Nel documento **R03** redatto da RSTA sono descritti i dettagli delle indagini bionaturalistiche eseguite.

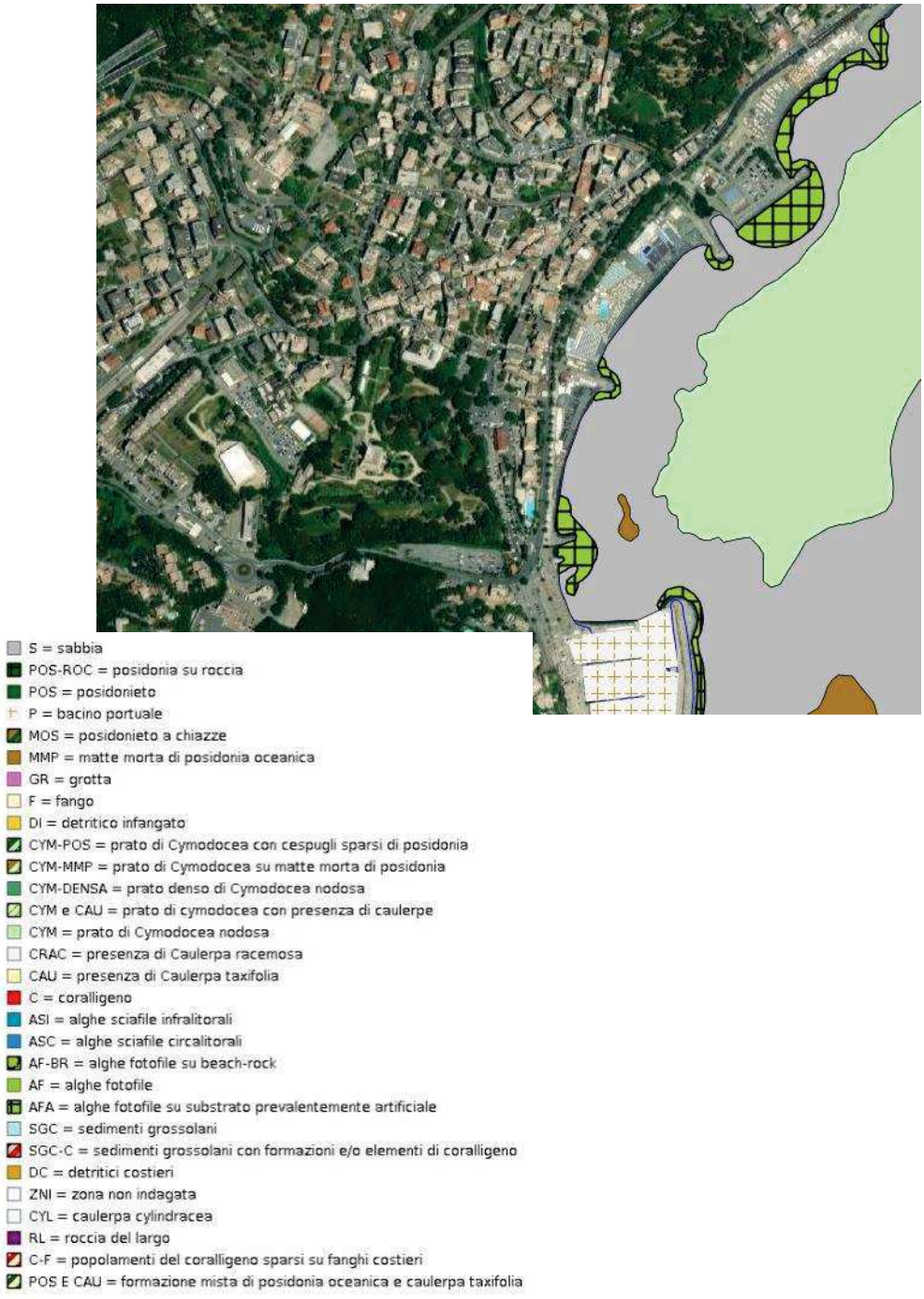


Figura 5.5: stralcio carta degli Habitat Marini della Liguria -2020

5.3.3 Depurazione, scarichi

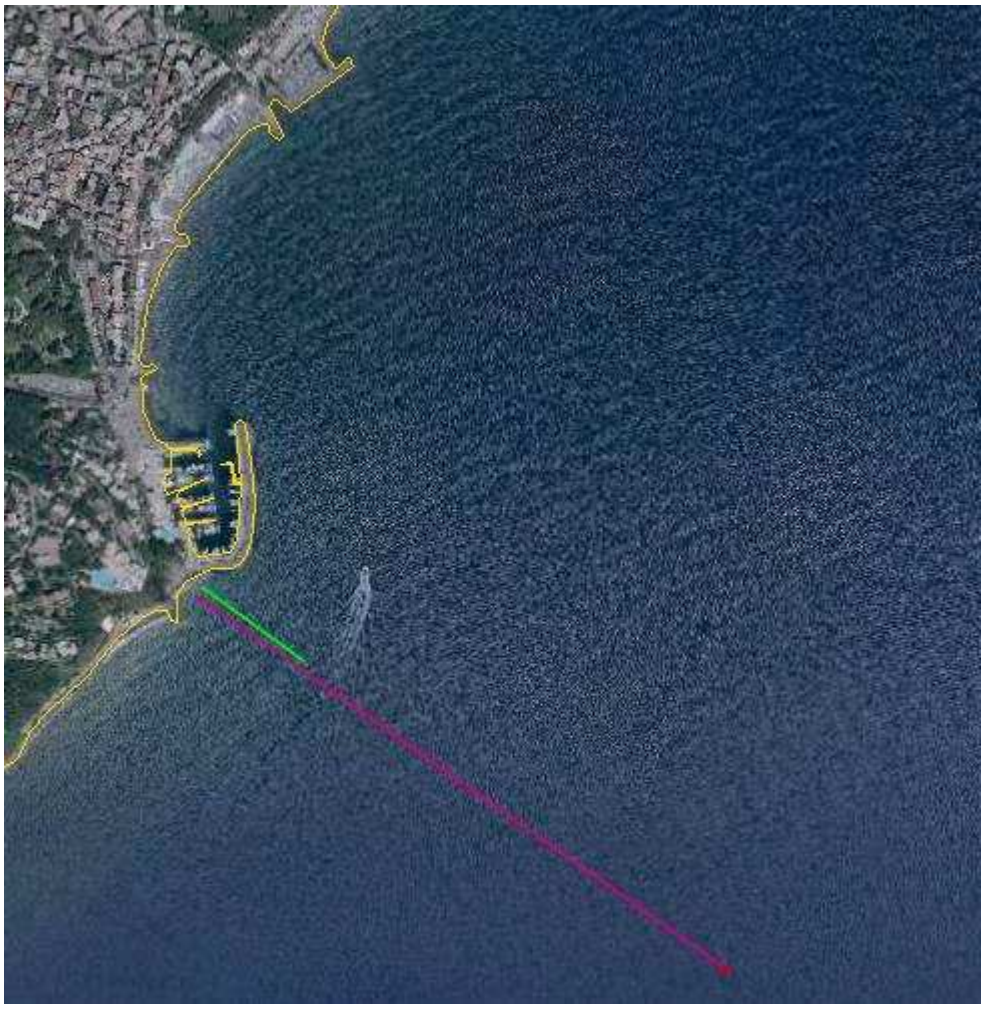


Figura 5.6: stralcio mappa scarichi a mare (da geoportale Regione Liguria)

Lo scarico a mare esistente parte a ponente del porto turistico e si sviluppa in direzione Sud Est: esso non presenta nessuna influenza reciproca (attiva o passiva) nei confronti delle aree del litorale in esame.

6. INDAGINI, STUDI E PROGETTI PRINCIPALI ESEGUITI E IN PROGRAMMA SUL TRATTO DI LITORALE IN ESAME

6.1 Studi, progetti e lavori anni 2003-2012

A partire dal 2003 l'Amministrazione Comunale ha eseguito studi ambientali e di dinamica costiera, finalizzati all'analisi delle problematiche del litorale e definire un quadro di programma di riqualificazione e difesa del litorale.

Si riporta di seguito la sintesi della scheda delle attività e dei lavori eseguiti [1]

Il Comune di Arenzano, a seguito della causa di risarcimento danni provocati dal naufragio della petroliera Haven del 1991, ha ottenuto dalla Regione Liguria un finanziamento per l'esecuzione di studi sull'assetto delle spiagge e per la realizzazione di progetti e interventi di riassetto costiero in particolare sul sistema dei pennelli esistenti.

L'incarico, affidato alla SGG nel 2003, prevedeva la realizzazione di uno studio sulla dinamica costiera e l'assetto geomorfologico della spiaggia emersa e sommersa.

Gli aspetti da sviluppare nello studio erano i seguenti:

- inquadramento dell'unità fisiografica e del paraggio;
- rilievo batimetrico di dettaglio per la definizione del regime dei sedimenti all'interno del paraggio e per la valutazione della tendenza evolutiva dei fondali;
- campionamento di sedimenti superficiali della spiaggia emersa e sommersa;
- valutazione dell'influenza delle opere di protezione esistenti sulla dinamica del litorale.

Il lavoro è stato sviluppato analizzando le condizioni di criticità e rilevando le valenze ambientali della costa nel territorio comunale; nel 2003 è stato eseguito un rilevamento di dettaglio del fondale (campagna batimetrica con prelievo di sedimenti eseguita nel luglio 2003), abbinato a rilievi topografici sulla spiaggia emersa (luglio - settembre 2003).

I dati di base ottenuti sono stati utilizzati per la modellazione del trasporto dei sedimenti e l'individuazione degli scenari evolutivi costieri, al fine di effettuare valutazioni sulle criticità e analisi delle soluzioni per le diverse spiagge di Arenzano.

L'analisi delle criticità legate ai fenomeni di erosione delle spiagge più esposte all'ondazione di Libeccio (scogliera alla foce del Cantarena, spiaggia di Priapulla e del Pizzo) nonché all'accumulo di sedimenti in particolare sull'imboccatura del porto turistico, ha consentito la definizione di azioni progettuali integrate, legate anche agli interventi di ampliamento del porto, nonché di un progetto preliminare che è stato sottoposto a procedura di verifica *screening* ambientale da parte della Regione Liguria.

La tipologia d'intervento approvata dalla Regione nel settembre 2005 è stata incentrata sul diradamento e allungamento dei pennelli esistenti abbinato a interventi periodici di ripascimento.

[1] *Tratto da www.sggconsult.it*

Per quanto riguarda il sistema dei pennelli si è prevista l'eliminazione delle opere obsolete, non più funzionali al trattenimento dei sedimenti, con l'allungamento emerso di alcune opere e la realizzazione di una prosecuzione sommersa di alcuni pennelli fino all'isobata dei 5 *m*.

Il progetto è stato suddiviso in due lotti funzionali, di importo rispettivamente pari a circa 140.000 € e 110.000 €, completati nel 2006 e nel 2012

CARATTERISTICHE DELLE OPERE REALIZZATE

LOTTO N. 1: Demolizione del pennello dei Bagni Parequa, a levante del piazzale del mare, prolungamento emerso del pennello in destra alla foce del Rio San Sebastiano e prolungamento sommerso dei pennelli Bagni Sole, Foce Cantarena e Pizzo.



Foto 6.1: Demolizione pennello



Foto 6.2: Prolungamento sommerso pennello in destra San Sebastiano con uso del pontone



Foto 6.3: Prolungamento sommerso del pennello presso i Bagni Sole

LOTTO N. 2: rimozione del pennello in sinistra della foce del Rio San Sebastiano con lo spostamento e ricostruzione in posizione baricentrica della spiaggia della Priapulla e del Pizzo.



Foto 6.4: Rimozione del vecchio pennello



Foto 6.5: Riemersione dello scoglio della Priapulla



Foto 6.6: Lavori sulla spiaggia della Priapulla con rimozione e spostamento a levante del pennello che ricopriva l'omonimo scoglio affiorante (anno 2012)



Foto 6.7: Rimozione e riutilizzo della barra di sedimenti alla foce del Torrente Cantarena



Foto 6.8: Fase di costruzione del nuovo pennello centrale della spiaggia della Priapulla e del Pizzo



Foto 6.9: Opera ultimata con riallineamento della spiaggia

6.2 Interventi recentemente eseguiti e opere di difesa costiera in programma

6.2.1 Programma generale dell'Amministrazione

Il litorale e l'abitato retrostante hanno subito gravi danneggiamenti a seguito della mareggiata dell'ottobre 2018, dopo la quale l'Amministrazione Comunale ha provveduto al ripristino di parte delle opere di difesa preesistenti: ampi tratti della costa risultano inadeguati ad offrire difesa dalle mareggiate più intense, sia in termini di mantenimento delle spiagge, sia in funzione di protezione delle infrastrutture e dell'abitato retrostanti, in primo luogo la Via Aurelia, la passeggiata a mare, le strutture degli stabilimenti e gli edifici che si affacciano sull'Aurelia.

L'Amministrazione ha eseguito nel 2022/23 l'adeguamento e prolungamento del Molo alla foce del Rio San Martino e ha in corso interventi straordinari di consolidamento ed adeguamento del molo centrale prossimo ai Bagni Sole e del molo di Levante prossimo ai Bagni S. Pietro (questi saranno prolungati nella parte sommersa).

Tali interventi sono posti a carico del Comune di Arenzano, ma a stralcio dell'attuazione di un progetto generale, che contempla l'adeguamento ed il prolungamento degli altri moli del litorale arenzanese ed un ripascimento strutturale per complessivi 70.000 mc circa.

Il ripascimento strutturale, già autorizzato e contrattualizzato come gli interventi sui restanti moli ed evidenziato nelle tavole di rimando, si avvarrà del reimpiego delle sabbie derivate dallo scavo della galleria dello scolmatore Bisagno in Genova ("lavori Bisagno", v. paragrafo successivo): tali azioni verranno presumibilmente avviate alla fine dall'anno 2023.

6.2.2 Secondo lotto dei lavori relativi alla realizzazione della galleria scolmatrice del torrente Bisagno in Comune di Genova - ripascimento spiagge di Arenzano

Gli interventi previsti riprendono le linee generali degli studi già approvati dalla Regione Liguria nel 2004, con l'obiettivo di proseguire le opere di compartimentazione delle singole celle di spiaggia, per contenere le importanti volumetrie di ripascimento a disposizione.

Si riportano di seguito alcuni stralci tratti dal documento BIS2V-C-SPG00-RE01-2 del 11.06.2021 facente parte della variante tecnica migliorativa del progetto del "Secondo lotto dei lavori relativi alla realizzazione della galleria scolmatrice del torrente Bisagno in Comune di Genova".

Verranno condotte attività di ripascimento in corrispondenza degli arenili di Genova e di Arenzano mediante l'impiego del materiale di smarino derivante dalla attività di realizzazione della galleria scolmatrice del t. Bisagno. Il materiale a cui ci si riferisce è esclusivamente quello proveniente dallo scavo eseguito nel Flysch di Monte Antola.

Dal punto di vista quantitativo le scelte progettuali ad oggi definite individuano volumi di materiali di scavo in galleria (valutati in banco) a circa 826.790 mc, con la possibilità di reimpiegarne significative quantità per il ripascimento degli arenili.

Secondo progetto, con gli aggiornamenti dell'attuale variante, il volume complessivo di materiale in cumulo che verrà conferito a ripascimento è pari a circa 551.417 mc, dei quali il Comune di Arenzano beneficerà come segue:

Ambiti di ripascimento	Ripascimento stagionale [m³]	Ripascimento strutturale [m³]	Ripascimento complessivo [m³]
Arenzano	3.570	103.381	106.951

Le operazioni di separazione, vagliatura e di lavaggio del materiale di smarino consentiranno di ottenere una tipologia di sedimento con pezzature comprese tra i 2 ed i 100 mm; il materiale sarà lavato per l'eliminazione delle frazioni fini e trattato in modo da ottenere grani opportunamente arrotondati, senza spigoli vivi, per assicurare un adeguato livello di comfort all'utenza balneare, in linea con la situazione attuale del sedimento in posto, relativamente alle finalità turistico- ricreative dei lidi.

Il lavaggio degli inerti in fase di separazione e l'ulteriore lavaggio a seguito della frantumazione, prima del trasporto a dimora di ripascimento, consentirà di ridurre la frazione pelitica entro il termine del 5%.

Una prerogativa essenziale alla sostenibilità e alla qualità dell'intervento è l'efficacia delle operazioni di frantumazione, vagliatura e lavaggio previsti per la preparazione del materiale; verrà attuato un sistema di caratterizzazione del materiale ottenuto dal processo di frantumazione e selezione che verifichi preventivamente la conformità dei sedimenti destinati alle spiagge o ai siti costieri di stoccaggio. La verifica della granulometria e del contenuto di metalli sarà conforme al protocollo regionale dei ripascimenti stagionali e sarà effettuata per lotti non inferiori a 6.000 metri cubi. I materiali potranno essere conferiti alle spiagge o ai siti costieri di stoccaggio provvisorio solo nel caso in cui essi rispettino le seguenti caratteristiche:

- Quantità di pelite non superiori al 5%;
- Fuso granulometrico coerente con quello di progetto (tenuto conto degli scostamenti ritenuti ammissibili);
- Concentrazione dei metalli conforme ai criteri regionali dei ripascimenti.

Il ripascimento verrà realizzato adottando idonei fusi granulometrici, in ragione delle condizioni meteomarine dei paraggi oggetti di intervento e delle necessità di tipo ambientale (in particolare quelle legate all'intorbidimento dell'acqua).

Si prevede un processo industriale che consenta di abbancare il materiale scavato in cumuli classati con dimensioni dei grani tra 2 mm e 100 mm, con il 10% di tolleranza per entrambi i limiti e allontanata la frazione fine

In sede costruttiva si avrà cura di aggiornare il Piano di Produzione e adottare il mix granulometrico maggiormente "familiare" con i sedimenti nativi di ciascun segmento omogeneo di ogni spiaggia da ripascere.

Si riportano stralci grafici della planimetria di progetto riguardante il sito di Arenzano (elaborato BIS-2V-C-SPG01-PL01-1 del 11.06.2021), dove sono individuate le celle oggetto di ripascimento e gli interventi sui pennelli, dei quali quelli a ponente del piazzale del mare sono a carico del Comune di Arenzano.

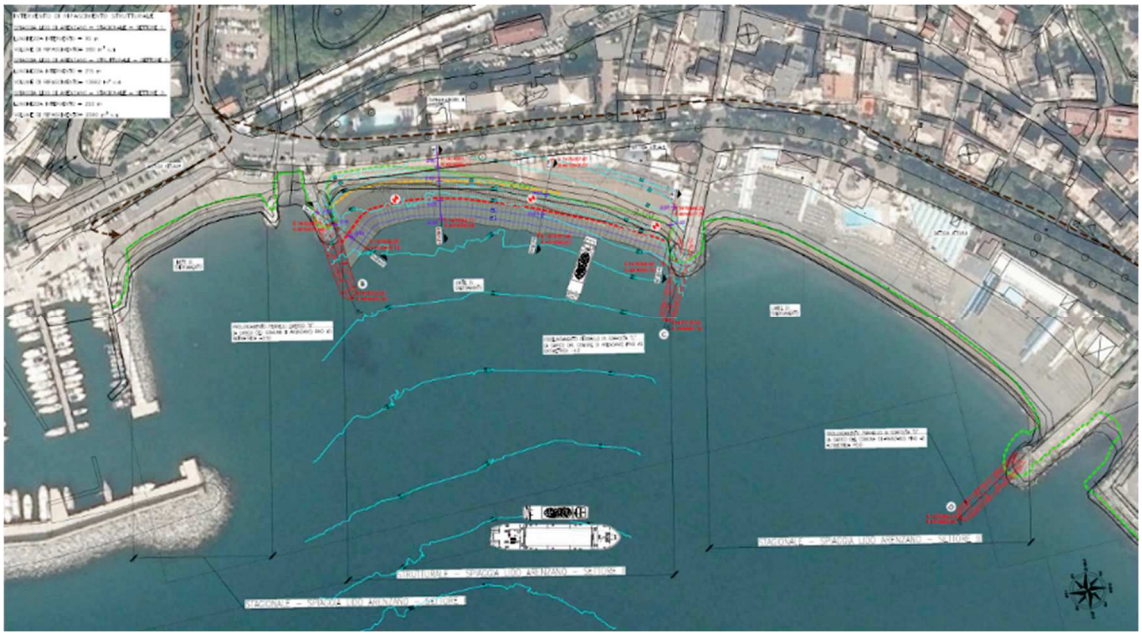


Figura 6.10: stralcio planimetria di progetto – tratto di ponente

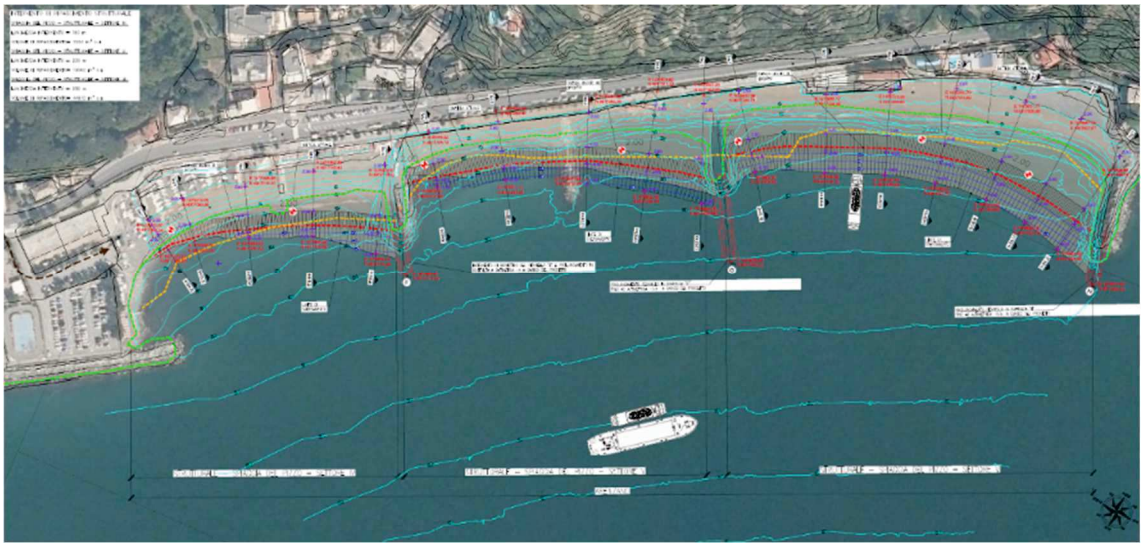


Figura 6.11: stralcio planimetria di progetto – tratto di levante

Nell'elaborato grafico D04 facente parte del presente progetto di fattibilità è stato rappresentato il layout progettuale previsto nei "lavori Bisagno".

6.2.3 Studio di prefattibilità 2019 di opere di aumento della resilienza della spiaggia

Il Consorzio Bagni Marini di Arenzano, in esito alla sottoscrizione di un protocollo di intesa insieme con la Amministrazione Comunale, nel 2019 ha incaricato lo Studio Gaggero di Savona per la redazione di un progetto di fattibilità tecnico-economica relativo alla difesa della costa nel tratto compreso tra il porto turistico e punta Pizzo.

La progettazione ha come scopo la indicazione di interventi idonei ad aumentare il grado di resilienza delle strutture e infrastrutture urbane, attraverso il potenziamento dell'autodifesa della spiaggia. Gli interventi proposti hanno individuato una soluzione strutturale che si possa coniugare con la attuale situazione del litorale e con quella che prossimamente potrà realizzarsi in esito alle lavorazioni connesse con la costruzione dello scolmatore del torrente Bisagno a Genova.

La configurazione identificata in tale studio prevede l'inserimento di una soglia sommersa in massi naturali, posata su fondali intorno ai -3 m, di sezione trapezoidale, con berma di 6 m sommersa di 1 m, il tutto imbasato su uno strato di tout venant di cava di spessore medio 50 cm, oltre ad altri interventi complementari.



Figura 6.12: stralcio planimetria di progetto
(in rosso gli interventi del "progetto Bisagno", in grigio gli interventi del "progetto Consorzio")

8. INDAGINI COMMISSIONATE DALL'AMMINISTRAZIONE COMUNALE (2022 E 2024)

8.1 Indicazione indagini

Dal 2021 al 2024 il Comune di Arenzano ha commissionato una serie di indagini specifiche sul litorale, finalizzate all'aggiornamento dei parametri conoscitivi geometrici, geomorfologici, meteomarini e naturalistici: si elencano di seguito le indagini eseguite:

- Rilievo batimetrico e topografico (2021/22)
- Prelievi e analisi di campioni della spiaggia e del fondale marino (2022)
- Studio meteomarino (2022)
- Aggiornamento del rilevo – parte a terra (2024)
- Relazione geologica (2024)
- Aggiornamento dello Studio meteomarino (2024)
- Indagini bionaturalistiche dei fondali interessati dal progetto 2024 (2024)

Nei successivi capitoli si riportano gli esiti di tali indagini e studi, in parte già riportati nei paragrafi precedenti.

8.3 Rilievo di dettaglio area a mare e a terra (2021)

Al fine di definire e rappresentare in maniera dettagliata ed aggiornata le condizioni del litorale, l'Amministrazione ha affidato alla ditta Drafinsub Survey Srl l'esecuzione di specifico rilievo topobatimetrico di dettaglio, esteso dalla spiaggia emersa fino alla batimetrica di circa 10 m, realizzato con sistema accoppiato ad alta definizione multibeam e laserscanner, che permette di ottenere la misura senza soluzioni di continuità della spiaggia emersa e sommersa, delle opere di protezione e della spiaggia fino al suo limite superiore.

Di seguito si riporta stralcio planimetrico della planimetria di rilievo, disponibile a maggior dettaglio negli elaborati grafici del presente progetto.

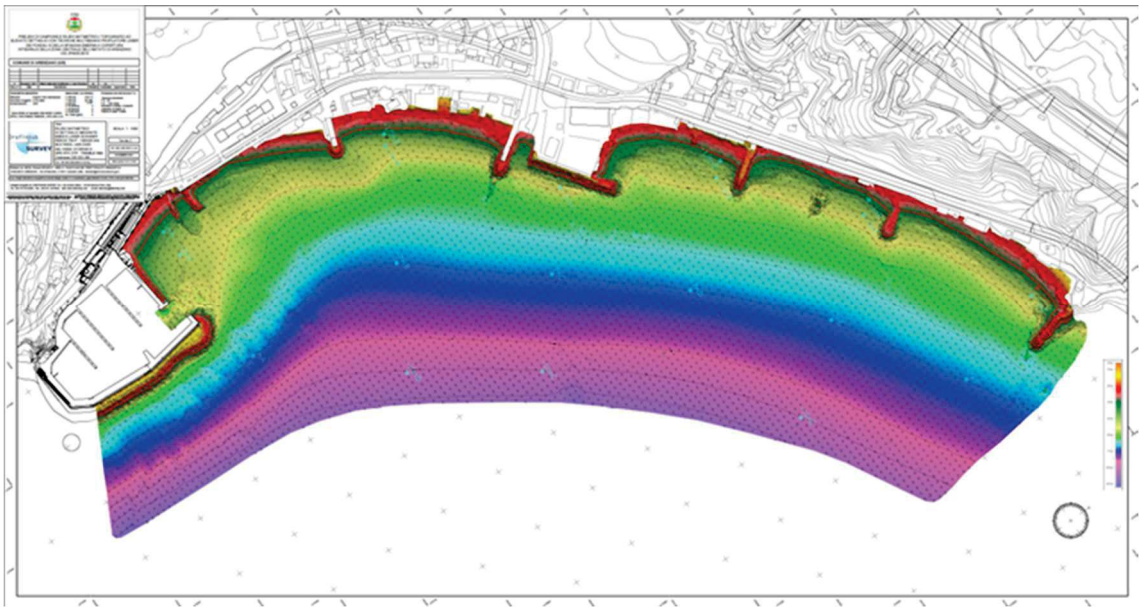


Figura 8.1: planimetria generale del rilievo topobatimetrico

Di seguito si riportano alcuni stralci grafici del rilievo, con lo sfondo dell'immagine DTM del fondale, nei quali si riesce a *leggere* in maniera molto chiara la composizione del fondale della spiaggia sommersa e la parte sommersa delle opere in scogliera.

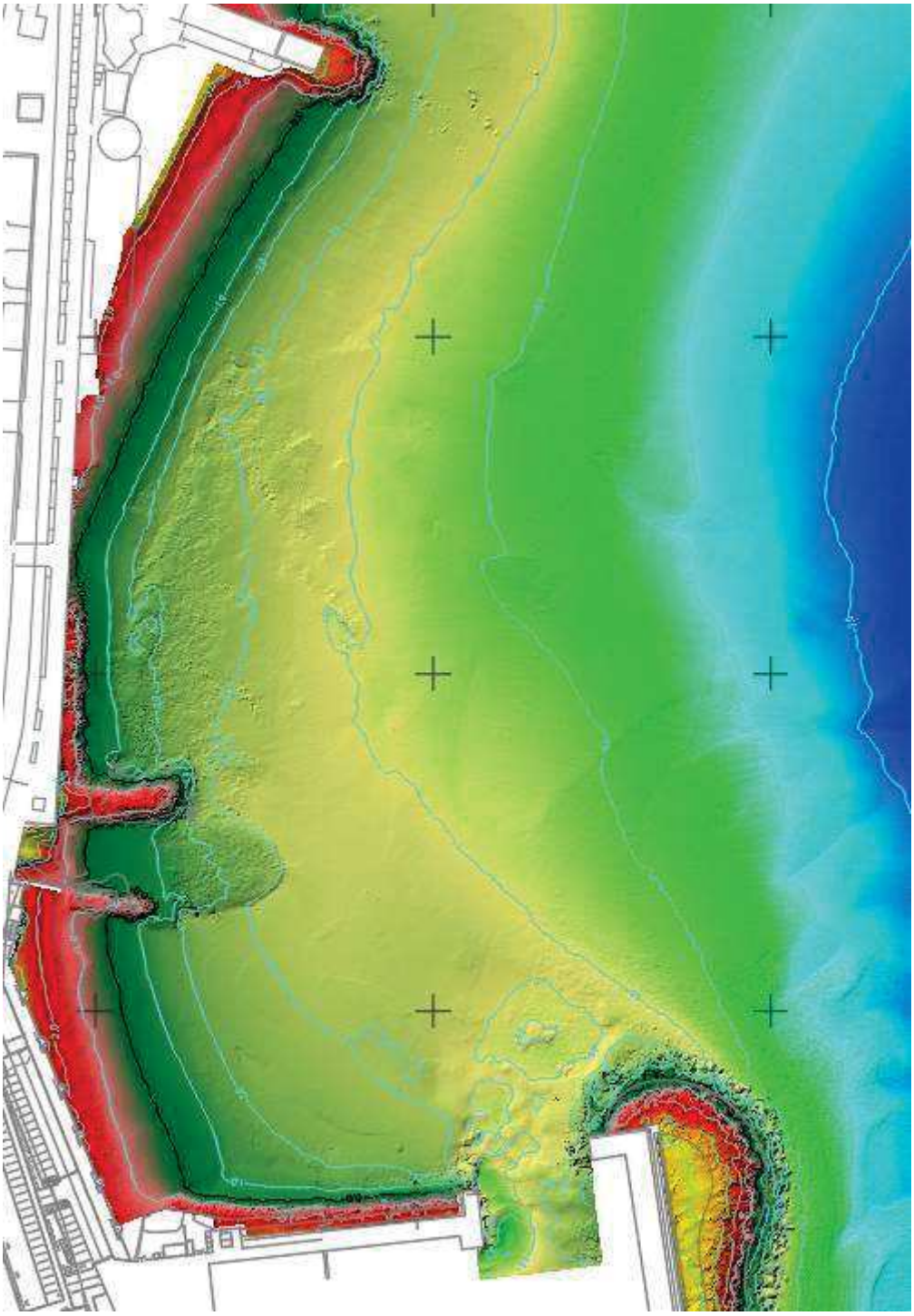


Figura 8.2: stralcio del rilievo topobatimetrico - dettaglio imboccatura porto turistico e foce torrente. San Martino. Si notano la presenza di sabbia fine nella cella adiacente il porto e all'imboccatura del porto stesso e l'accumulo di materiale più grossolano trasportato dal torrente

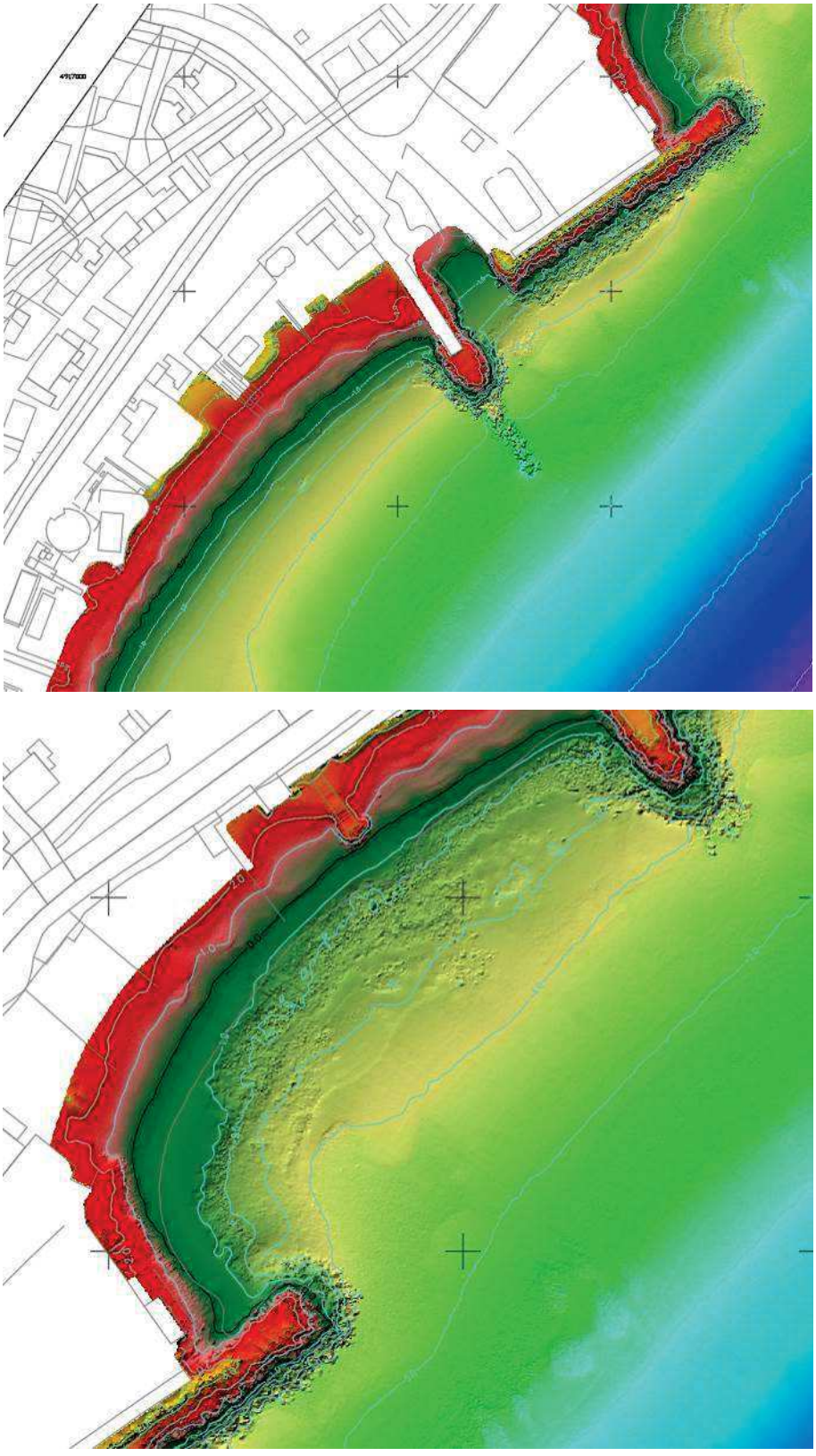


Figura 8.3: stralcio del rilievo topobatimetrico - dettaglio tratti a ponente e levante del piazzale del mare. Si notano la regolarità della spiaggia sommersa a ponente, con sedimenti sommersi fini, i limitati accumuli di sedimenti alla foce del T. Cantarena, la consistenza della scogliera a protezione del piazzale e la presenza di sedimenti grossolani nella spiaggia sommersa a levante del piazzale

Di seguito si riportano alcuni stralci 3D derivanti dalla modellazione GIS derivata dai dati del rilievo: sono rappresentate le viste generali dei tratti a ponente e levante del piazzale del mare e alcuni dettagli dei singoli tratti.

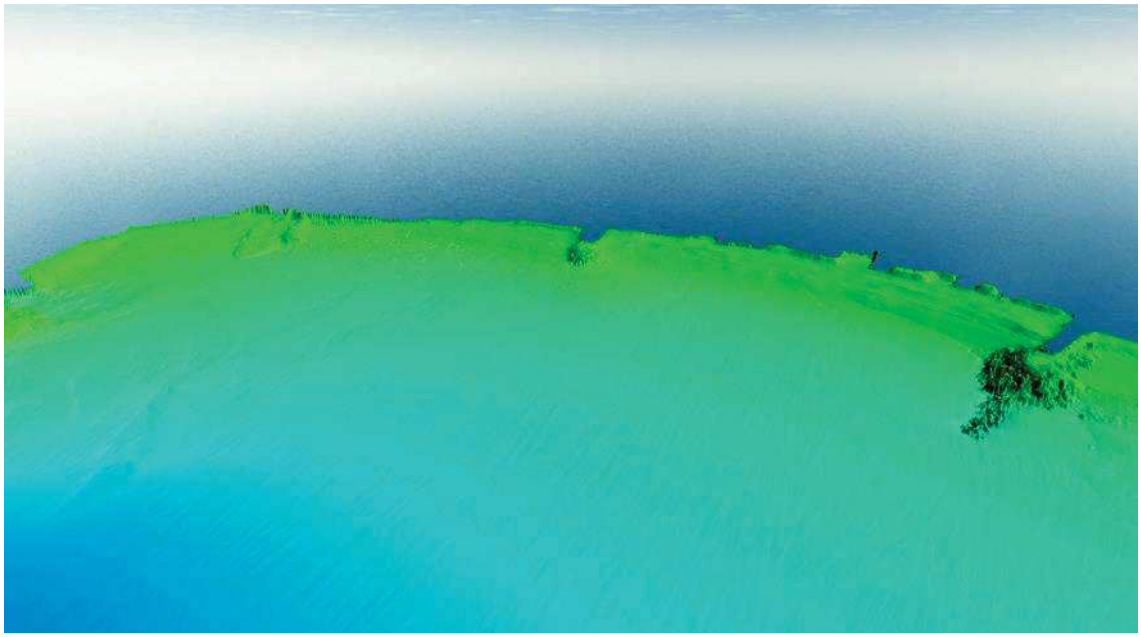


Figura 8.4: stralcio 3D modello GIS – tratto di ponente – vista da levante

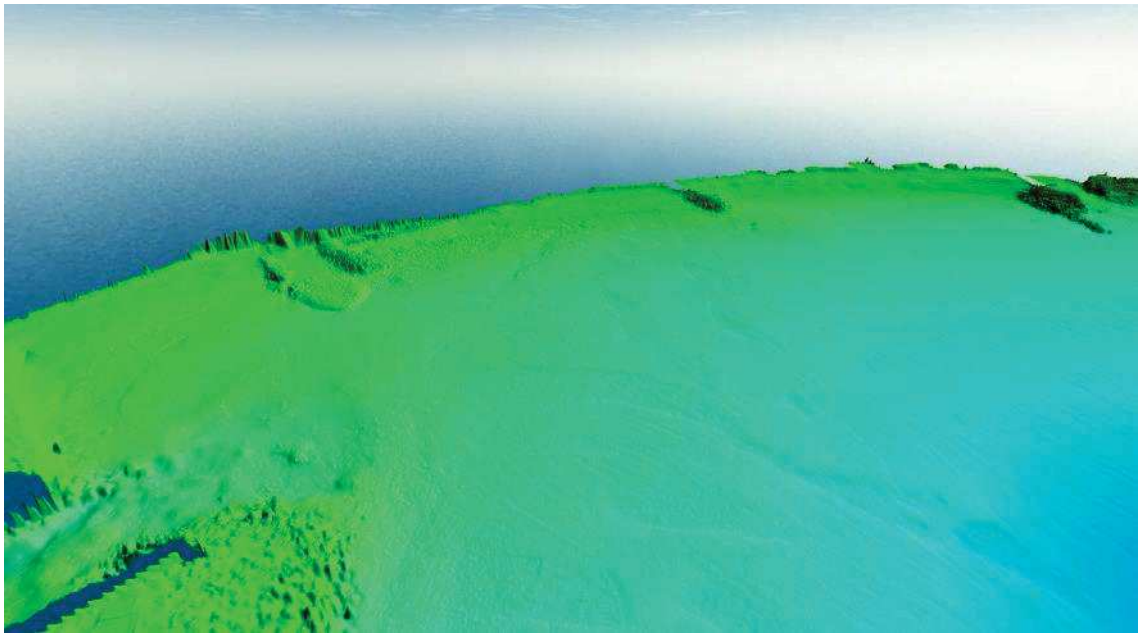


Figura 8.5: stralcio 3D modello GIS – tratto di ponente – vista da ponente (porto)



Figura 8.6: stralcio 3D modello GIS – cella a ponente foce Cantarena

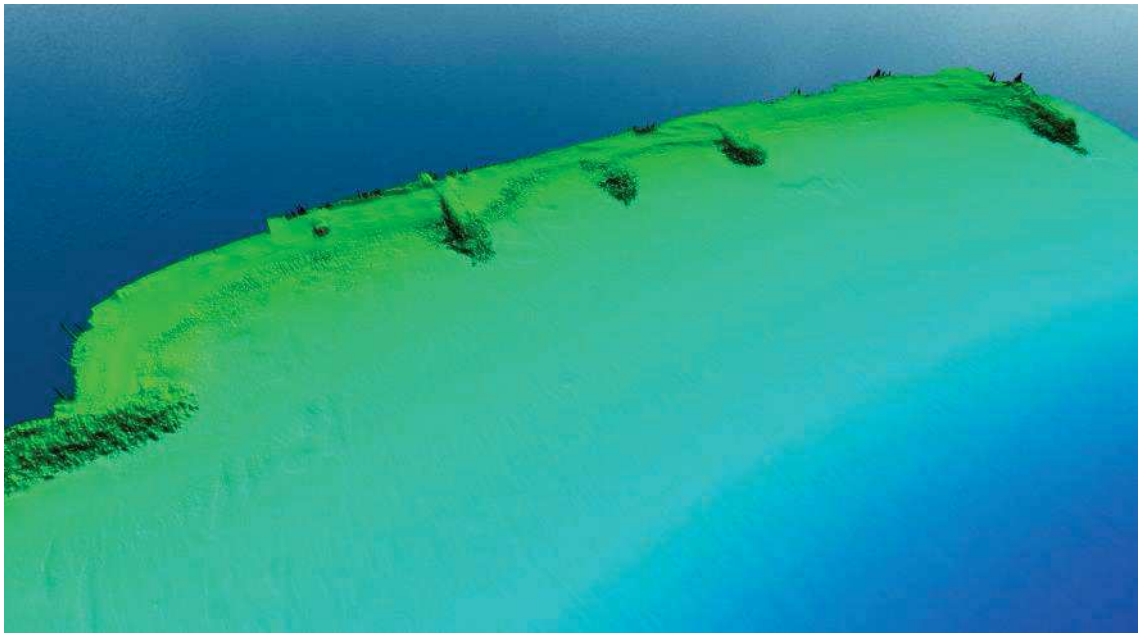


Figura 8.7: stralcio 3D modello GIS – tratto di levante – vista da ponente

8.4 Prelievi di materiale della spiaggia emersa e sommersa e analisi granulometriche

Sono stati eseguiti 19 campionamenti a mare su spiaggia sommersa a profondità di 1 / 3 / 7 / 10 m (dicembre 2021) e 7 campionamenti a terra (gennaio 2022), per un totale di 26 campioni: i materiali prelevati sono stati sottoposti ad analisi granulometriche presso laboratorio specializzato

Nella figura e tabella a seguire sono riportate l'ubicazione dei campionamenti, la quota, il D50 e la relativa composizione sedimentologica percentuale.

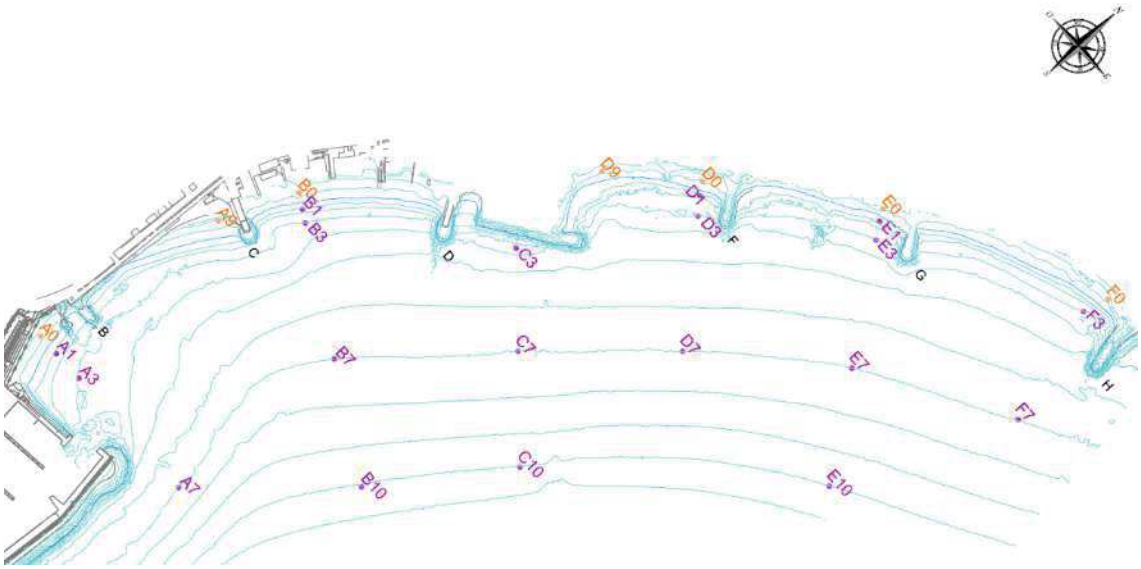


Figura 8.1: Planimetria inquadramento prelievi

Dai valori riportati emerge come nella porzione emersa la spiaggia sia prevalentemente composta da ciottoli, mentre i campioni della zona sommersa evidenziano una netta prevalenza di sabbia, con i seguenti dettagli:

- i materiali della spiaggia emersa (prelievi eseguiti in prossimità della battigia) hanno composizione prevalentemente ciottolosa (69%), con porzioni equivalenti di ghiaia e sabbia (15%); il diametro medio è pari a 11 mm;
- i materiali della spiaggia emersa (fascia 1÷3 m) hanno composizione prevalentemente sabbiosa (98%), con porzioni residuali di ciottoli e ghiaia (< 0.5%) e pelite (1%); il diametro medio è pari a 0.20 mm;
- i materiali della spiaggia emersa (fascia 7÷10 m) hanno composizione prevalentemente sabbiosa (97%), con porzioni residuali di ciottoli e ghiaia (< 0.3%) e una quota di pelite (3%); il diametro medio è pari a 0.16 mm.

Dalle foto della spiaggia riportate nei paragrafi precedenti emerge l'eterogeneità della composizione della spiaggia emersa nelle varie celle, con strisce di materiale di granulometria diversa distribuite da terra verso mare: è comunque prevalente la componente ghiaiosa/ciottolosa, specie progredendo verso levante

Campioni Sedimento ARENZANO : prelievi dicembre 2021 (a mare) e gennaio 2022 (a terra)									
Campione	COORDINATE GAUSS BOAGA (m)		quota (m)	D50 (mm)	Classi granulometriche				Natura
	E	N			% ciottoli	% ghiaia	% sabbia	% pelite	
A0	1474992.11	4916401.00	0.50	17.00	59.88	2.00	38.08	0.04	CIOTTOLI/SABBIA
A1	1475021.78	4916401.03	-1.00	0.18	-	0.10	98.83	1.07	SABBIA
A3	1475063.65	4916401.30	-3.00	0.18	1.36	1.70	95.95	0.99	SABBIA
A7	1475249.38	4916402.52	-7.00	0.50	2.80	5.83	90.67	0.70	SABBIA
A9	1475033.61	4916663.54	0.50	8.00	69.49	26.97	3.54	-	CIOTTOLI/GHIAIA
B0	1475075.15	4916762.36	0.50	18.00	95.62	3.00	1.34	0.04	CIOTTOLI
B1	1475093.34	4916751.80	-1.50	0.20	-	0.01	96.80	3.19	SABBIA
B3	1475108.71	4916742.96	-3.00	0.24	-	0.28	98.90	0.82	SABBIA
B7	1475259.25	4916656.02	-7.00	0.18	-	0.39	96.95	2.66	SABBIA/LIMO
B10	1475402.22	4916574.06	-10.00	0.16	-	0.01	97.78	2.21	SABBIA/LIMO
C3	1475308.99	4916918.93	-3.40	0.21	0.26	0.37	98.58	0.79	SABBIA
C7	1475406.85	4916834.10	-7.00	0.16	-	0.09	96.82	3.09	SABBIA/LIMO
C10	1475516.83	4916738.77	-10.00	0.16	-	0.03	98.04	1.93	SABBIA/LIMO
D0	1475403.54	4917149.45	0.50	6.00	61.42	14.11	23.99	0.48	CIOTTOLI/GHIAIA
D1	1475414.64	4917134.77	-1.80	0.21	-	0.01	99.19	0.80	SABBIA
D3	1475431.60	4917115.68	-3.00	0.19	-	-	98.44	1.56	SABBIA
D7	1475545.00	4916987.96	-7.00	0.17	1.98	1.17	94.51	2.34	SABBIA
D9	1475309.39	4917063.21	0.50	2.50	23.35	36.38	39.87	0.40	SABBIA/GHIAIA
E0	1475580.49	4917294.67	0.50	12.00	79.87	19.19	0.31	0.63	CIOTTOLI/GHIAIA
E1	1475589.07	4917280.93	-1.00	0.20	0.35	1.43	96.75	1.47	SABBIA
E3	1475603.46	4917262.07	-3.00	0.18	-	0.61	98.54	0.85	SABBIA
E7	1475702.76	4917131.87	-7.00	0.17	0.32	0.23	96.02	3.43	SABBIA/LIMO
E10	1475794.30	4917011.85	-10.00	0.16	-	0.12	96.86	3.02	SABBIA/LIMO
F0	1475853.35	4917428.82	0.50	12.00	90.85	8.67	0.21	0.27	CIOTTOLI
F3	1475844.35	4917395.78	-3.00	0.18	-	0.33	98.82	0.85	SABBIA
F7	1475890.44	4917244.21	-7.00	0.14	-	0.59	95.83	3.58	SABBIA/LIMO

Valori medi :	*3.05*	*18.75*	*4.75*	*75.06*	*1.43*
Media campioni a terra:	*10.79*	*68.64*	*15.76*	*15.33*	*0.27*
Media campioni a mare 1-3 m :	*0.20*	*0.20*	*0.48*	*98.08*	*1.24*
Media campioni a mare 7-10 m :	*0.16*	*0.29*	*0.33*	*96.60*	*2.78*

8.6 Aggiornamento del rilievo – parte a terra

Nell'aprile 2024 è stato eseguito specifico rilievo di approfondimento nella parte a terra, dove sono state verificate le modifiche dell'assetto del litorale, con particolare riguardo alla linea di battigia (che non ha manifestato variazioni significative) e alla configurazione del pennello di ponente.

Si riportano di seguito due stralci grafici del rilievo (ortofoto e immagine DEM), i cui contenuti sono riportati in dettaglio negli elaborati grafici.



8.7 Studio tecnico-naturalistico sui fondali marini

Studio eseguito da RSTA s.c.r.l.(Ricerca e Sviluppo Tecnologie Appropriate) nel Giugno 2024 a cura del dott. biologo Andrea Molinari – v. documento ***R03***

Si riportano di seguito gli elementi principali del documento ed eventuali problematiche interferenziali tra elementi progettuali ed ambiente marino.
Malgrado il numero e l'entità delle modificazioni antropiche, i fondali mantengono ancora un certo interesse dal punto di vista naturalistico e presenta due habitat di interesse

conservazionistico come la prateria di Posidonia oceanica e il coralligeno; che si sviluppa in genere su fondi sabbiosi in zone ben illuminate e riparate, si rinviene spesso sulla matte morta di P. oceanica e si può trovare anche nelle lagune costiere.

Le osservazioni condotte hanno permesso di evidenziare come **la presenza del prato di Cymodocea nodosa lungo il litorale di Arenzano sia posizionato più verso il largo rispetto a quanto indicato dalle mappe biocenotiche esistenti**, ed in particolare il limite superiore del prato meno denso si attesta sui -5 m / - 6 m mentre il limite superiore del prato a maggiore densità si attesta ad una profondità tra i -9 m e i -11 m.

La Cymodocea nodosa è sensibile alle modificazioni ambientali e non vive in acque particolarmente inquinate, pertanto può essere considerata un buon indicatore della qualità dell'ambiente marino costiero. Le principali cause di regressione dei prati di C. nodosa sono principalmente di origine antropica. In particolar modo si segnala l'aumento di torbidità e la conseguente riduzione della trasparenza delle acque, che si ripercuote negativamente sull'attività fotosintetica della pianta. Così come accade per P. oceanica, l'inquinamento di tipo organico, con il forte sviluppo algale che ne consegue, può provocare una riduzione della trasparenza dell'acqua ed un eccessivo sviluppo di epifiti sulle foglie di C. nodosa, determinando in entrambi i modi la diminuzione della quantità di radiazione luminosa a disposizione della pianta e quindi possibili situazioni di sofferenza della stessa.



Foto 1-C.nodosa densa



Foto2-C.nodosa più rada



Foto3-prato a bassa densità



Foto 4-C.nodosa bassa densità

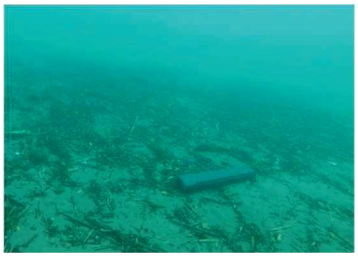


Foto5- residui vegetali e rifiuti

Le foto del fondale sono riportate nella mappa in figura 6.13, insieme alle biocenosi e alla traccia del rilievo subacqueo.

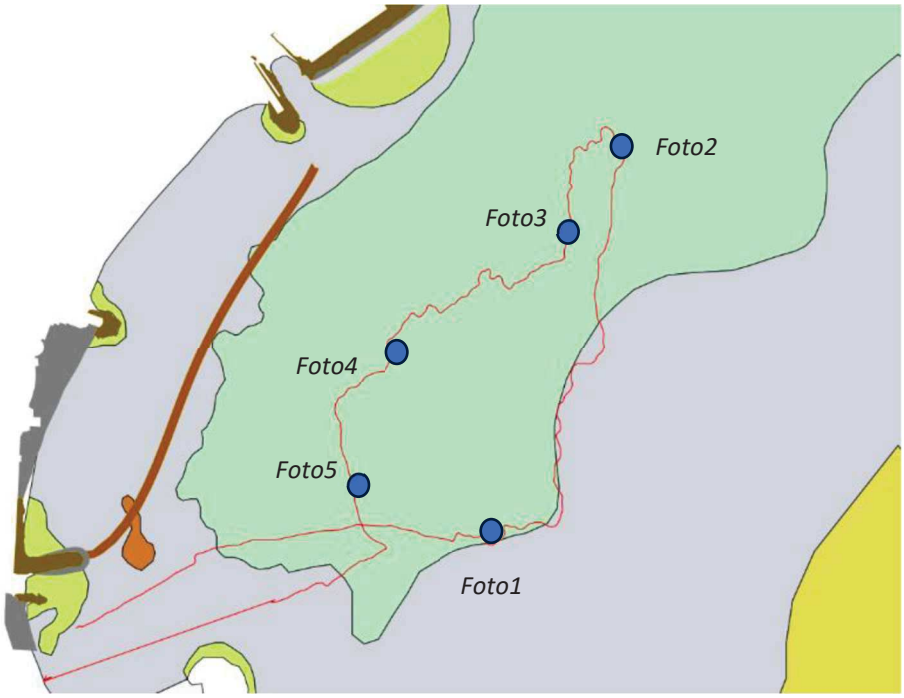


Figura 8.8: Mappa delle biocenosi, della traccia percorsa dagli OSS e opere previste dal progetto

Nella figura 6.14 sono riportate le osservazioni naturalistiche condotte su fondale sabbioso come molluschi gasteropodi (Aporrhais pespelecani, Nassarius mutabilis e ovature di Neverita josephinia – rispettivamente a, b, e c), molluschi bivalvi (resti di Cardium e Solen marginatus – rispettivamente d ed e) e un bell'esemplare di cerianto solitario (Pachyceriantus solitarius - f). Non sono state osservate specie bento-nectoniche ad esclusione di qualche esemplare di pesce pettine (Xyrichthys novacula).



Figura 8.9: a- Aporrhais pespelecani, b- Nassarius mutabilis, c - ovature di Neverita josephinia, d- resti di Cardium, e - Solen marginatus f -Pachyceriantus solitarius

Considerando **l'ubicazione delle opere previste dal progetto, non si dovrebbe verificare un impatto diretto sui prati della fanerogama marina, né un significativo impatto indiretto sui fondali circostanti.**

8.8 Studio meteomarino 2022 (DHI s.r.l.)

A supporto e quale elemento fondamentale di analisi tecnica, l'Amministrazione ha incaricato DHI srl di eseguire specifico studio meteomarino di dettaglio, consistente in sintesi nelle attività di analisi e di modellazione numerica a supporto dell'identificazione degli interventi di difesa della costa e dell'abitato di Arenzano.

Lo studio ha avuto l'obiettivo di approfondire l'analisi delle attuali condizioni del litorale di Arenzano, di valutare i benefici conseguenti all'aumento di larghezza di spiaggia conseguente al significativo apporto di sedimenti derivanti dal "progetto Bisagno" e di individuare e ottimizzare eventuali ulteriori configurazioni progettuali comprensive di nuove strutture utili e/o necessarie all'autoprotezione dell'arenile.

Le attività modellistiche a supporto dello studio sono state affrontate utilizzando specifici software sviluppati da DHI: modello monodimensionale di trasporto solido litoraneo, moduli bidimensionali e codice tridimensionale per lo studio rispettivamente dei campi d'onda, dell'idrodinamica locale e la risalita dell'onda sulle spiagge oggetto dello studio.

Sulla base dei risultati ottenuti è stata anche effettuata un'indagine sul trasporto trasversale (cross-shore) e la risposta morfodinamica dei profili di spiaggia ad eventi di mareggiata, mediante specifico codice di calcolo monodimensionale.

Si riportano di seguito alcuni elementi significativi tratti dal suddetto studio, al quale si fa riferimento per ogni dettaglio e per l'identificazione delle singole aree di analisi.



Figura 8.2: inquadramento e identificazione delle aree di analisi

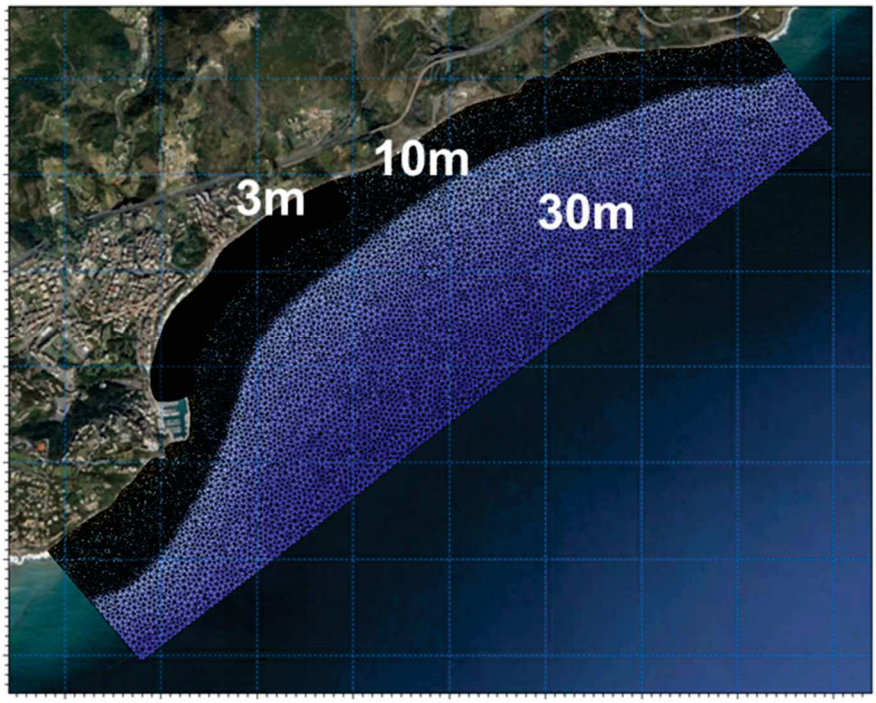


Figura 8.3: schema del modello di calcolo di dettaglio

8.8.1 Condizioni attuali ed ipotesi progettuali esaminate

I tratti di spiaggia oggetto del presente studio sono stati identificati come aree soggette ad un significativo fenomeno di erosione e nell'ambito del progetto esecutivo "Secondo lotto dei lavori relativi alla realizzazione della galleria scolmatrice del Torrente Bisagno in Comune di Genova", è stato incluso, autorizzato e contrattualizzato il reimpiego del materiale derivante dallo scavo della galleria dello scolmatore Bisagno in Genova per il ripascimento delle quattro celle del litorale di Arenzano, tra il porticciolo turistico e Punta Pizzo, maggiormente soggette ad arretramento.

Il programma di intervento previsto nel breve, programmato per fine 2023, avvierà sicuramente una trasformazione importante del litorale, con incremento dell'ampiezza di spiaggia e pertanto della difesa delle strutture ed infrastrutture presenti a tergo della stessa. Si specifica che nella progettazione sono stati inclusi anche i prolungamenti, alcuni in emersione altri in soffolta, dei pennelli in massi presenti sul litorale, al fine di conterminare il nuovo volume di materiale previsto.

Al fine di ottimizzare al meglio l'importante volumetria di materiale destinata al ripascimento delle spiagge, il Consorzio Bagni Marini di Arenzano, d'intesa con l'Amministrazione Comunale, ha commissionato allo Studio Ing. Gaggero uno studio di prefattibilità tecnico-economica proponendo alcuni interventi integrativi per aumentare l'autodifesa della spiaggia.

La configurazione identificata in tale studio prevede l'inserimento di una soglia sommersa in massi naturali, posata su fondali intorno ai -3 m, di sezione trapezoidale, con berma di 6 m sommersa di 1 m, il tutto imbasato su uno strato di tout venant di cava di spessore medio 50 cm.

Nello studio di DHI sono state riprodotte modellisticamente sia la configurazione di stato attuale sia le varie opzioni progettuali proposte negli studi sopracitati, evidenziandone gli effetti sulla dinamica e il trasporto litoraneo locale, come sintetizzato di seguito.

8.8.2 Analisi stato attuale

Nello stato attuale la spiaggia, discretizzata in una serie di celle conterminate da opere di difesa trasversali alla costa, evidenzia problematiche erosive e di risalita del moto ondoso. Durante gli eventi più intensi le onde raggiungono le strutture verticali retrostanti amplificando la loro energia e favorendo il trasporto del sedimento verso alte profondità, dove questo si perde in modo definitivo.

Quantificazione trasporto *long-shore* medio annuo netto e lordo, la profondità di chiusura del sistema e dell'orientazione di equilibrio: i risultati hanno evidenziato che la maggior parte del trasporto sedimentario longitudinale (facendo riferimento al 98% del trasporto potenziale complessivo) avviene entro i primi 3.4 m di profondità per il Settore II, aumentando progressivamente da Ponente a Levante, sino ai 4.0 m per il profilo per il Settore VI del litorale di Pizzo. La profondità di 4.0 metri può quindi essere assunta come profondità di chiusura per il litorale in studio.

Per ogni cella in esame è stata inoltre definita l'orientazione di equilibrio, ovvero che corrisponde all'orientazione per la quale il trasporto litoraneo medio netto annuo si riduce a valori prossimi a zero. Gli output del modello evidenziano come la cella limitrofa al porticciolo turistico, sia fortemente condizionata dalla schermatura offerta dalla presenza delle opere di difesa del porto (con differenze tra l'orientazione attuale e di equilibrio di 13°), mentre le celle di Pizzo abbiano già un'orientazione prossima a quella di equilibrio (differenze tra i 3° e i 6°).

Al fine di valutare l'autoprotezione del litorale in caso di eventi intensi, si è proceduto con un'analisi dell'evoluzione morfologica del profilo di spiaggia. In considerazione della composizione sia attuale che futura dell'arenile, il codice di calcolo ha permesso di riprodurre la risposta delle spiagge di Arenzano rispetto a due mareggiate intense, 29-30 Ottobre 2018 e 8-9 Dicembre 2006. I risultati delle simulazioni hanno evidenziato un arretramento della porzione di spiaggia emersa, a favore di un aumento del volume di materiale presente nella fascia sommersa caratterizzata da profondità comprese tra 1-2 m e 3.5-4.5 m.

Complessivamente non sono emerse spiccate differenze nella risposta del profilo di spiaggia in configurazione di stato attuale e post-ripascimento, ma è necessario specificare che i profili progettuali sono quelli "di sversamento": è fisiologico che il materiale necessiti di una prima fase di ristesura, per il raggiungimento di una geometria di equilibrio, raggiunta la quale, la configurazione progettuale risulta più stabile rispetto all'attuale arenile.

Un modello bidimensionale integrato onda e corrente è stato implementato per tutti i layout proposti, permettendo la ricostruzione dell'andamento del moto ondoso, della circolazione e dei livelli, nelle aree di interesse. Dopo una prima analisi relativa alle attuali dinamiche del litorale sono stati valutati eventuali impatti conseguenti alle modifiche previste dai vari interventi.

9. IPOTESI DI INTERVENTI DI AUMENTO DELLA RESILIENZA DEL TRATTO DI LITORALE IN ESAME

9.1 Criteri generali di impostazione degli interventi a progetto

Come indicato in premessa, essendo in corso e programmati diversi interventi di adeguamento delle opere costiere esistenti, nell'ambito del progetto di ripascimento strutturale con utilizzo dei materiali di scavo dello scolmatore del torrente Bisagno, in corso di realizzazione da parte del Comune di Genova, l'Amministrazione Comunale nel dicembre 2021 ha affidato agli scriventi uno studio di fattibilità tecnica ed economica al fine di valutare l'opportunità di eseguire ulteriori interventi a complemento e completamento del quadro già programmato, al fine di migliorare le condizioni di resilienza del sistema costiero, anche nel medio/lungo termine.

Nello studio sono stati individuati una serie di interventi complementari al ripascimento, finalizzati ad ottimizzare la resilienza della fascia costiera: scogliera in massi sommersa parallela alla costa, potenziamento della scogliera a difesa del piazzale del mare.

Nel 2024 il Comune ha ottenuto specifico finanziamento di € 2.500.000 per questi interventi complementari: nel presente progetto sono sviluppati gli interventi complementari realizzabili con il finanziamento ottenuto, al quale il Comune aggiungerà una quota per ottenere un primo lotto funzionale efficace e significativo (importo complessivo del quadro economico pari a € 3.000.000).

La natura iniziale degli interventi era la loro complementarietà al ripascimento da materiale dello scolmatore Bisagno: visti i ritardi nell'effettuazione di tale ripascimento, è stata studiata l'efficacia degli interventi anche in assenza di ripascimento.

9.2 Criticità e criteri di intervento

La valutazione dell'evoluzione storica e morfologica del litorale, le analisi eseguite e sopra descritte e i risultati delle simulazioni numeriche relative alle varie alternative progettuali proposte per il sito di studio hanno fornito preziose indicazioni per l'identificazione dei principali elementi di attenzione criticità e di soluzioni finalizzate all'aumento della resilienza del sistema costiero, composto dalla spiaggia e dalle opere di difesa.

Anche alla luce dei più recenti eventi meteomarini con caratteristiche di rilevante energia, sono evidenti le criticità legate al rischio di risalita delle onde sulla SS Aurelia nel primo tratto a levante del porto turistico, dovuto anche alle ridotte quote altimetriche della strada nel tratto, all'esigenza di protezione delle infrastrutture costiere nell'intero tratto esaminato, delle condizioni di parziale scalzamento delle opere a sostegno della passeggiata e della strada nel tratto a levante del piazzale del mare, specie dove l'ampiezza della spiaggia è più ridotta.

Gli elementi prioritari individuati quali criteri di intervento sono in generale la necessità di migliorare le caratteristiche di resilienza della fascia costiera, di proteggere in maniera adeguata le infrastrutture e l'abitato, di conservare e potenziare i preziosi apporti di materiale di ripascimento derivanti dallo scavo dello scolmatore del Bisagno, il cui versamento era inizialmente previsto entro il 2024 ed ha subito ritardi.

In quest'ottica sono state valutate ipotesi di intervento, complementari e a completamento degli interventi già programmati nell'ambito del "progetto Bisagno", comprendente le opere a carico del Comune di Genova e quelle a carico del Comune di Arenzano.

Certamente, l'imponente versamento di materiali previsto necessiterà di un importante e prezioso periodo di monitoraggio, in corso d'opera e post-operam, per valutare l'evoluzione dei vari tratti di spiaggia, l'orientamento delle linee di riva (in funzione anche degli elementi forniti dallo studio meteomarino di DHI) e l'efficacia degli interventi sui pennelli.

A supporto delle opere già previste e finanziate, le ipotesi proposte sono finalizzate a migliorare l'efficacia delle opere costiere esistenti e in programma, a mantenere in efficienza le opere di difesa esistenti e in generale a migliorare le condizioni di protezione del litorale, nei confronti della risalita delle onde in caso di mareggiate significative e dell'azione dinamica del mare sulle strutture.

Visti i ritardi nell'attuazione dei ripascimenti, risulta fondamentale valutare l'efficacia delle opere "complementari" in assenza del ripascimento, ed è stato questo l'oggetto degli approfondimenti dello studio meteomarino.

Di seguito vengono individuate le principali ipotesi di intervento previste nei progetti già approvati, in studi pregressi e nel presente progetto di fattibilità, gli obiettivi di efficacia e miglioramento, i costi e i tempi previsti.

9.3 Valutazione degli interventi già approvati e contenuti in studi pregressi

9.3.1 "Progetto Bisagno"

Nell'ambito del progetto preliminare della realizzazione della galleria scolmatrice del torrente Bisagno nel Comune di Genova, è stato previsto il riutilizzo dello smarino prodotto dagli scavi per interventi di ripascimento, sia strutturale che stagionale, in una serie di località liguri identificate per l'evidente tendenza erosiva in atto.

Le simulazioni condotte hanno permesso di ottenere, per ciascun evento, i risultati delle principali grandezze di moto ondoso ed idrodinamiche in tutti i punti del dominio di calcolo, evidenziando gli elementi positivi e le potenziali criticità dell'ipotesi progettuale, anche in confronto con le risultanze della configurazione di stato attuale; i risultati modellistici confermano l'aumento della protezione della spiaggia conseguente alla maggior larghezza dell'arenile. L'unica potenziale criticità riscontrata dalla riproduzione delle onde rappresentative (TR 1 anno) risulta essere l'aumento di gradiente delle velocità per la cella centrale (Settore V) e di Ponente (Settore VI) del tratto di Pizzo, mitigabile con una lieve revisione dell'orientazione locale del litorale.

L'analisi delle curve evidenzia che gli interventi previsti aumentano l'autodifesa della spiaggia, allontanando la zona di intrusione del moto ondoso dalle strutture retrostanti, dalla passeggiata e dalla strada. La ripartizione dello sversamento di materiale previsto nelle varie celle in cui è discretizzato il litorale, maggiore nella porzione di Levante e minore a Ponente di ogni singola cella, comporta una conseguente diversa larghezza di spiaggia e una differente risalita dell'onda sull'arenile.

E' stato infine utilizzato il nuovo modulo non lineare, per la simulazione delle dinamiche di frangimento, run-up e overtopping e sulla base di due eventi selezionati, (le mareggiate di Ottobre 2018 e del Dicembre 2006), differenti per direzione di provenienza e intensità di evento, è stato possibile verificare l'efficacia del ripascimento previsto, non per una evidente riduzione nella risalita del moto ondoso bensì per l'aumentata larghezza di spiaggia che distanzia maggiormente le opere verticali retrostanti.

In definitiva, il significativo avanzamento dell'arenile conseguente al ripascimento compreso nel progetto dello scolmatore del torrente Bisagno comporta limitate differenze nella propagazione del moto ondoso e nella circolazione rispetto alla configurazione di stato attuale a fronte di un significativo aumento della larghezza di spiaggia che conferisce maggior autodifesa all'arenile ed impedisce critici effetti di riflessione sulle strutture verticali retrostanti.

9.3.2 Studio di prefattibilità ambientale del Consorzio Bagni Marini Arenzano

Nel 2019 il Consorzio Bagni Marini di Arenzano, in esito alla sottoscrizione di un protocollo di intesa insieme con l'Amministrazione Comunale, ha incaricato lo Studio Gaggero per la redazione di un progetto di prefattibilità tecnico-economica relativo alla difesa della costa nel tratto compreso tra il porto turistico e punta Pizzo.

L'intenzione della soluzione proposta era integrativa rispetto agli interventi previsti nell'ambito della progettazione dello scolmatore del torrente Bisagno a Genova, con la quale prossima realizzazione si avvia una trasformazione significativa del litorale.

L'intento delle opere previste è di aumentare la resilienza della spiaggia, limitando la risalita dell'onda sull'arenile, riducendo la perdita della frazione fine del materiale e diminuendo l'energia del moto ondoso.

Nella distribuzione dell'altezza d'onda significativa della configurazione di progetto proposta dal Consorzio Bagni Marini è ben identificabile la posizione della struttura soffolta parallela alla costa.

In corrispondenza dell'opera di difesa, infatti, per tutti gli scenari di onda considerati, dopo una attenuazione dell'altezza d'onda significativa da largo verso riva, regolare con l'andamento dei fondali, si osserva un improvviso abbattimento dell'energia ondosa.

L'inserimento della nuova opera di difesa, caratterizzata da una profondità della berma alla profondità di -1 m e con fondali molto limitati nella fascia di spiaggia sommersa compresa tra la struttura e la linea di riva, comporta una differente dinamica locale dei flussi: il ramo principale della corrente litoranea tende a lambire l'opera, lato mare, con locali accelerazioni in corrispondenza della struttura.

Le principali direzioni del flusso rimangono inalterate rispetto alla configurazione di stato attuale, ma la posizione di eventuali correnti di ritorno, come nel caso dello scenario di onda da Scirocco, è influenzata dalla presenza della soffolta e risulta più spostata verso Ponente.

La riproduzione dello schema di difesa proposto, comprensivo di una soffolta con sommità di berma a -1m, evidenzia un abbattimento dell'energia ondosa nell'avvicinamento verso riva ma

produce un considerevole innalzamento della superficie marina all'interno delle celle (fino a +0.50-0.60 m per eventi con TR=1anno e fino a +0.80-0.90m per gli eventi con TR=50anni) e potrebbe ridurre eccessivamente il ricambio idrico all'interno delle celle, oltre a necessitare di una attenta realizzazione e manutenzione per evitare varchi o variazioni nelle quota di sommità della soffolta, altrimenti causa di forti correnti di ritorno (rip) pericolose per la balneazione e la navigazione.

9.4 Sintesi progetti esistenti: valutazione dell'efficacia

Quale prima sintesi di valutazione dell'efficacia degli interventi previsti e proposti, emergono i seguenti elementi più significativi:

"Progetto Bisagno"

- I risultati modellistici confermano l'aumento della protezione della spiaggia conseguente alla maggior larghezza dell'arenile: l'analisi delle curve evidenzia che gli interventi previsti aumentano l'autodifesa della spiaggia, allontanando la zona di intrusione del moto ondoso dalle strutture retrostanti, dalla passeggiata e dalla strada;
- dallo studio di frangimento, run-up e overtopping e sulla base di due eventi selezionati, (le mareggiate di Ottobre 2018 e del Dicembre 2006), differenti per direzione di provenienza e intensità di evento, è stato possibile verificare l'efficacia del ripascimento previsto, non per una evidente riduzione nella risalita del moto ondoso, bensì per l'aumentata larghezza di spiaggia che distanzia maggiormente le opere verticali retrostanti;
- in definitiva, il significativo avanzamento dell'arenile conseguente al ripascimento compreso nel progetto dello scolmatore del torrente Bisagno comporta limitate differenze nella propagazione del moto ondoso e nella circolazione rispetto alla configurazione di stato attuale a fronte di un significativo aumento della larghezza di spiaggia che conferisce maggior autodifesa all'arenile ed impedisce critici effetti di riflessione sulle strutture verticali retrostanti;
- elemento non trascurabile è inoltre il costo degli interventi, che prevede limitati oneri per il Comune di Arenzano (realizzazione di n. 2 pennelli) e la restante quota a carico del progetto dello scolmatore del Bisagno: gli interventi previsti e dei quali può usufruire il litorale di Arenzano consentono un importante miglioramento nelle condizioni di equilibrio della spiaggia e di protezione nei confronti di eventi intensi, con costi estremamente limitati a carico dell'Amministrazione

"Studio Consorzio Bagni Marini"

- L'inserimento della nuova opera di difesa, caratterizzata da una profondità della berma alla profondità di -1 m e con fondali molto limitati nella fascia di spiaggia sommersa compresa tra la struttura e la linea di riva, comporta una differente dinamica locale dei flussi: il ramo principale della corrente litoranea tende a lambire l'opera, lato mare, con locali accelerazioni in corrispondenza della struttura.
- La riproduzione dello schema di difesa proposto, comprensivo di una soffolta con sommità di berma a -1m, evidenzia un abbattimento dell'energia ondosa nell'avvicinamento verso riva

ma produce un considerevole innalzamento della superficie marina all'interno delle celle (fino a +0.50-0.60 m per eventi con TR=1anno e fino a +0.80-0.90m per gli eventi con TR=50anni) e potrebbe ridurre eccessivamente il ricambio idrico all'interno delle celle, oltre a necessitare di una attenta realizzazione e manutenzione per evitare varchi o variazioni nelle quota di sommità della soffolta, altrimenti causa di forti correnti di ritorno (rip) pericolose per la balneazione e la navigazione.

- Il costo degli interventi prevede un importo complessivo di perizia pari a € 5.000.000,00 (con prezzi 2019), da attuarsi in due lotti di pari importo (€ 2.500.000,00); tra i materiali, emerge la necessità di porre in opera circa 30.000 t di massi di III categoria e circa 20.000 t di massi di IV categoria.
- Alla luce dei recenti sviluppi del mercato dei materiali e dei numerosi lavori in corso su litorale costiero ligure, tali materiali risultano di complesso reperimento e di costo significativo, dovendo reperire gli stessi al di fuori dell'ambito ligure, con conseguenti elevati costi di trasporto.
- In definitiva, l'analisi della soluzione progettuale proposta ha evidenziato diverse criticità potenziali dell'assetto previsto, sia dal punto di vista tecnico, sia ambientale. Inoltre, il costo delle opere è rilevante, tenuto conto anche del recente notevole aumento dei prezzi dei materiali, e il reperimento dei materiali più significativi (massi di III e IV categoria) è complesso per l'attuale scarsezza della risorsa in aree prossime ad Arenzano e l'elevato costo dei trasporti.

9.5 Ipotesi di progetto: opera a supporto degli interventi di ripascimento e compartimentazione

9.5.1 Descrizione dell'intervento

Alla luce delle analisi e delle valutazioni sull'efficacia degli interventi già previsti e finanziati e di quelli proposti, si è ritenuto opportuno sviluppare la previsione di un'opera di supporto agli interventi di ripascimento e di compartimentazione delle celle della spiaggia, al fine di migliorare l'equilibrio del materiale di ripascimento e di mitigare gli effetti delle mareggiate più intense.

A tal fine è stata studiata un'opera in massi parallela alla costa delle seguenti caratteristiche:

- scogliera sommersa di lunghezza pari a circa 400 m tra i pennelli B e D: la scogliera ha altezza pari a circa 2 m e ingombro complessivo in pianta pari a circa 8 m, si sviluppa approssimativamente a largo della batimetrica -5 m, con raccordo a ponente su batimetriche inferiori verso il pennello B. La sommergenza dell'opera varia da -2.50 m a -3.50 m, la larghezza in testa è pari a circa 3 m;

Tale ipotesi si integra e completa la prima fase di revisione del litorale di Arenzano prevista nell'ambito del progetto esecutivo dello scolmatore del torrente Bisagno, comprensivo di interventi sulle opere di difesa trasversali e con l'importante versamento di materiale previsto.

La scogliera verrà realizzata in massi di III categoria, imbasati su uno strato di fondo in 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.

L'opera è rappresentata negli elaborati grafici **D05**, **D06**, di seguito si presentano alcuni stralci grafici:



Figura 9.1: ipotesi di progetto – scogliera sommersa (tratto di ponente) – RILIEVO 2021

(in verde è rappresentata la configurazione del litorale prevista nel "progetto Bisagno")

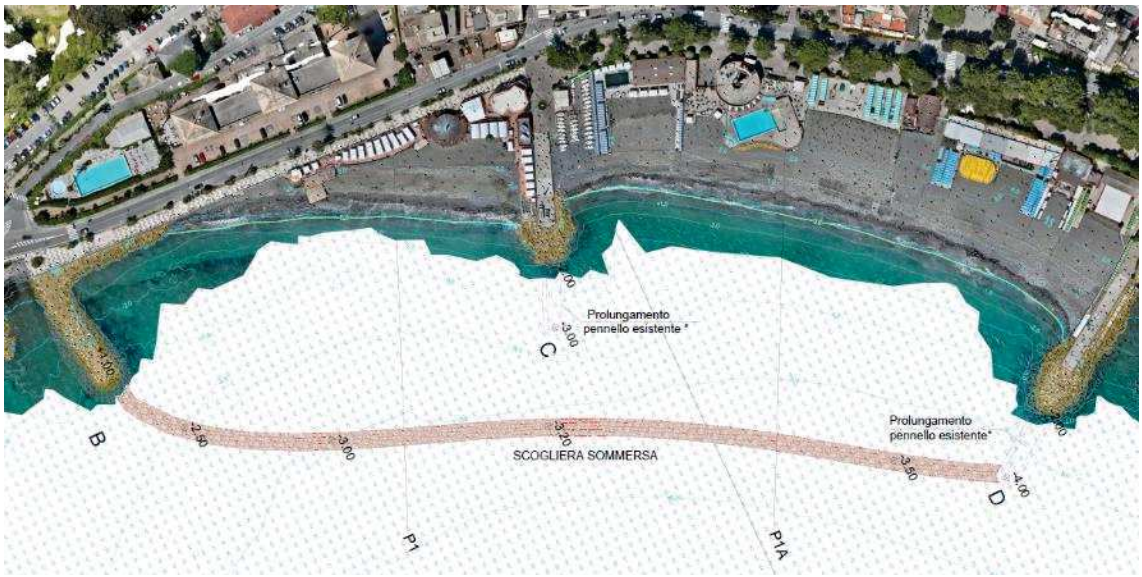


Figura 9.2: ipotesi di progetto – scogliera sommersa (tratto di ponente) -2024

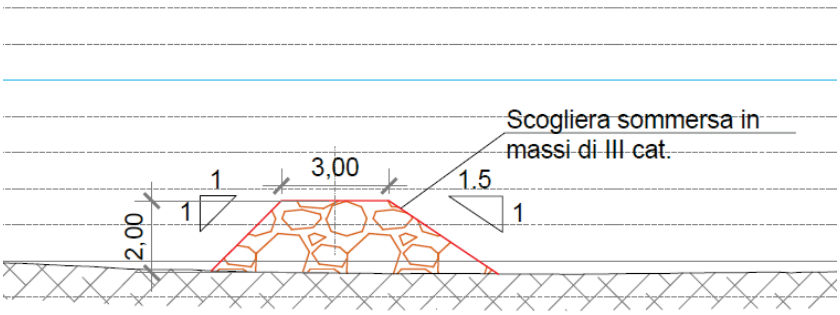


Figura 9.3: sezione tipo scogliera sommersa

9.5.2 Valutazione dell'efficacia

EFFICACIA IN PRESENZA DEL RIPASCIMENTO (ESECUZIONE "PROGETTO BISAGNO"

- Risultati del modello bidimensionale integrazione onda-corrente

La modellazione numerica è stata effettuata simulando gli eventi già selezionati, con associato tempo di ritorno pari ad 1 anno, identificati come rappresentativi delle dinamiche del sito in esame, con contestuale livello del mare pari a 0.47 m.

Le simulazioni condotte hanno permesso di ottenere, per ciascun evento, i risultati delle principali grandezze di moto ondoso ed idrodinamiche in tutti i punti del dominio di calcolo, evidenziando gli elementi positivi e le potenziali criticità della nuova ipotesi progettuale, anche in confronto con le risultanze delle configurazioni precedentemente analizzate.

- Distribuzione dell'altezza d'onda sottocosta

Sono state studiate le distribuzioni dell'altezza d'onda significativa, nell'area in esame, per le condizioni di onda di riferimento con direzione media di provenienza pari a 140°, a 170° e a 200°.

Per tutte le condizioni di onda in esame si osserva una distribuzione delle altezze d'onda piuttosto regolare con l'andamento dei fondali: è percepibile la posizione della struttura soffolta per un locale innalzamento dell'altezza d'onda significativa.

Per le ondazioni caratterizzate da una direzione media di provenienza non perpendicolare alla costa si osserva la rotazione del fronte conseguente al fenomeno della rifrazione ed è ben evidenziato cromaticamente l'abbattimento dell'energia ondosa dovuto al frangimento e l'avanzamento della spiaggia conseguente al significativo ripascimento in programma.

Sono state riprodotte anche gli eventi con assegnato tempo di ritorno pari a 50 anni.

- Intensità della corrente

Nella condizione di onda con provenienza 140°N, la corrente litoranea è caratterizzata da una direzione prevalente da Levante verso Ponente, con una locale inversione nella direzione del flusso in corrispondenza del tratto di costa dal porticciolo turistico di Arenzano al Piazzale del Mare. La significativa variazione di orientazione della linea di riva conseguente al ripascimento programmato comporta una inversione nella direzione del flusso per le tre celle di spiaggia del Pizzo rispetto alla configurazione di stato attuale.

All'interno di alcune celle in cui è discretizzato il litorale si osserva la generazione di piccoli vortici, con una dinamica tipica delle spiagge conterminate da pennelli trasversali. Le intensità di corrente risultano contenute e generalmente caratterizzate da velocità inferiori ad 1 m/s. Si osservano locali aumenti del gradiente in corrispondenza della linea di riva del Settore IV e V ove la prevista nuova orientazione del litorale favorisce la generazione di flussi intensi di corrente. Per mitigare tale aspetto, come già proposto nell'analisi del "progetto Bisagno", si suggerisce una revisione dello schema di sversamento, con una maggior aderenza all'orientazione di equilibrio dei vari Settori, del materiale destinato al ripascimento, che altrimenti raggiungerà tale configurazione autonomamente con l'azione del mare, ma con tempi più lunghi e la potenziale iniziale perdita di materiale.

Nella condizione di onda con direzione media di provenienza 170°N e per la condizione d'onda da 200°N la corrente litoranea ha una direzione principale da Ponente a Levante. Per queste mareggiate si osserva, in corrispondenza della cella più a Levante di Pizzo (Settore VI), la generazione di una corrente di ritorno diretta verso il largo. Per entrambi gli eventi riprodotti le intensità di corrente sono contenute e al di sotto di 1 m/s.

- Livelli marini

Il livello imposto al largo pari a 0.47 m non subisce significativi incrementi in prossimità della spiaggia: la limitata dimensione dell'opera soffolta, con berma variabile da profondità -2.5 m a -3.5 m per il tratto limitrofo al porticciolo e tra – 3.0 m e -3.6 m per le celle di Pizzo, non comporta innalzamenti della superficie marina e consente un adeguato ricambio idrico all'interno delle varie celle, superando le criticità evidenziate dal modello idrodinamico in riferimento alla soluzione del Consorzio Bagni Marini.

La presenza dell'opera, nello stesso tempo, imbasata ad una profondità prossima a quella di chiusura del sistema costituisce una efficace barriera per le frazioni più sottili del sedimento evitando che raggiungano fondali più alti con una conseguente definitiva perdita a vantaggio della durabilità del ripascimento.

In definitiva, lo schema di intervento proposto, che integra i lavori previsti nell'ambito del progetto dello scolmatore con una struttura soffolta con sommità variabile tra -2.5 m e -3.6 m, permette una maggior conterminazione del sedimento senza influenzare eccessivamente l'idrodinamica locale.

EFFICACIA IN **ASSENZA** DEL RIPASCIMENTO (ESECUZIONE "PROGETTO BISAGNO"

È stato eseguito nel 2024 specifico studio integrativo rispetto allo "Studio meteomarino, calcolo della profondità di chiusura e modellazione di dettaglio delle soluzioni attuabili" per realizzare "Interventi di difesa della Costa ed Abitato di Arenzano", redatto da DHI nel 2022.

L'elaborato illustra le attività di analisi e di modellazione numerica predisposte a supporto degli interventi di difesa della costa e dell'abitato di Arenzano, con particolare riferimento al tratto delimitato a Ponente dal Porto e a Levante dal Piazzale del Mare, per uno sviluppo di circa 550 m. L'obiettivo è di approfondire l'analisi delle attuali condizioni del litorale di Arenzano, nonché di valutare i benefici conseguenti alla realizzazione / ripristino delle sole opere rigide, in attesa che sia disponibile il materiale destinato al ripascimento della spiaggia, che comporterà un significativo aumento di larghezza dell'arenile.

Oltre all'aggiornamento delle caratterizzazioni del clima ondoso sia al largo che sottocosta con i dati degli ultimi tre anni, è stata valutata la dinamica locale e l'efficacia degli interventi di difesa in una configurazione d'intervento temporanea, caratterizzata dalla realizzazione delle sole opere rigide, in attesa del ripascimento strutturale previsto. L'importante volume di materiale che verrà sversato sulle spiagge sarà disponibile a valle della finalizzazione dello scavo della galleria scolmatrice del torrente Bisagno, i cui tempi si sono allungati rispetto al cronoprogramma iniziale.

L'integrazione della serie di dati d'onda per il periodo 1/1/2021-31/12/2023 ha permesso di integrare l'analisi DHI 2022 con gli ultimi eventi di mareggiata intensa, come quella del 5 Novembre 2023, risultata la settima per valore al picco di altezza significativa negli ultimi 45 anni. Le onde al largo sono state propagate sottocosta con un modello d'onda bidimensionale (MIKE 21 SW), consentendo di ricavare la distribuzione dei parametri d'onda nell'intero dominio di calcolo e una caratterizzazione ed analisi statistica dell'altezza d'onda sottocosta aggiornata.

Con un sistema modellistico bidimensionale integrato onda-corrente, basato sui codici di calcolo MIKE 21 SW e HD, è stato possibile ricostruire sia le dinamiche di propagazione del moto ondoso che quelle di corrente nella configurazione transitoria, ovvero comprensiva della realizzazione delle opere rigide ma senza il significativo ripascimento strutturale in programma. Se per le onde che provengono da Mezzogiorno e da Libeccio l'inserimento della scogliera soffolta sortisce un effetto di locale riduzione dell'energia e favorisce l'allontanamento del ramo principale della corrente litoranea dalla linea di riva, per gli eventi provenienti da Scirocco l'idrodinamica risultante è complessa, con la generazione di molteplici rami secondari, vortici e correnti di ritorno (rip currents).

Per tutte le condizioni di onda in esame si osserva una distribuzione delle altezze d'onda piuttosto regolare con l'andamento dei fondali: la variazione di pendenza determina infatti una graduale dissipazione dell'energia ondosa con la propagazione verso cos

Valutando l'idrodinamica locale nella configurazione transitoria, risulta qualche potenziale criticità nel mantenimento a lungo termine delle sole opere rigide senza ripascimento dell'arenile, per le onde provenienti dal settore 1 (125°N<MWD<155°N), ove le correnti di ritorno potrebbero amplificare localmente il processo di arretramento.

Nell'analisi della risalita del moto ondoso sulla spiaggia, la configurazione transitoria con l'inserimento delle sole opere rigide consente una limitata riduzione rispetto allo stato attuale, stimabile nel 4÷6%; si conferma l'efficacia dell'intervento di avanzamento della spiaggia conseguente al ripascimento strutturale in termini di riduzione del runup.

9.5.3 Quantitativi previsti

Per l'esecuzione della scogliera sommersa è previsto l'utilizzo (fornitura e posa in opera) dei seguenti quantitativi di materiali:

- Tout venant di cava (strato di base): 2.970 t
- Massi naturali III categoria: 8.800 t

9.6 Ipotesi di progetto: rifiorimento della scogliera a protezione del piazzale del mare

9.6.1 Descrizione dell'intervento

Il piazzale a levante della foce del Torrente Cantarena, adibito a parcheggio e servizi pubblici per la cittadinanza (sport, tempo libero), è in larga parte costituito dai materiali di scavo delle gallerie ferroviarie e autostradali; la colmata è protetta da una scogliera in massi naturali per tutta la sua lunghezza.

La consistenza della scogliera è discreta, ma il piazzale è pienamente esposto alle mareggiate da Sud-Sud Ovest (fino a 210 °N) e da Sud Est: in occasione delle mareggiate più intense la mantellata ha subito diversi scalzamenti, il cui progresso potrebbe causare zone di indebolimento che pregiudicherebbero la funzionalità della scogliera.

La violentissima mareggiata dell'ottobre 2018 ha determinato una lesione alla scogliera, tale criticità strutturale comporta la necessità di interdirne l'uso dell'area in occasione di eventi meteomarini non rilevanti, creando costante rischio agli utenti delle attività pubbliche ivi insediate.

L'Amministrazione ha già individuato questa criticità negli scorsi anni, approvando nel 2021 uno studio di fattibilità finalizzato al ripristino della scogliera.

Per questa ragione, tra le ipotesi di progetto, e con livello di priorità elevato, viene proposto un intervento di rifiorimento della scogliera, che consenta di ripristinare e consolidare la struttura stessa, senza alterazioni significative dell'ingombro in planimetria e in quota.

Il rifiorimento verrà eseguito con massi di IV e III categoria, 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.

L'opera è rappresentata negli elaborati grafici **D05**, **D07**, **D08**, **D09**, di seguito si presentano alcuni stralci grafici:



Figura 9.4: ipotesi di progetto – rifiorimento della scogliera piazzale del mare – planimetria

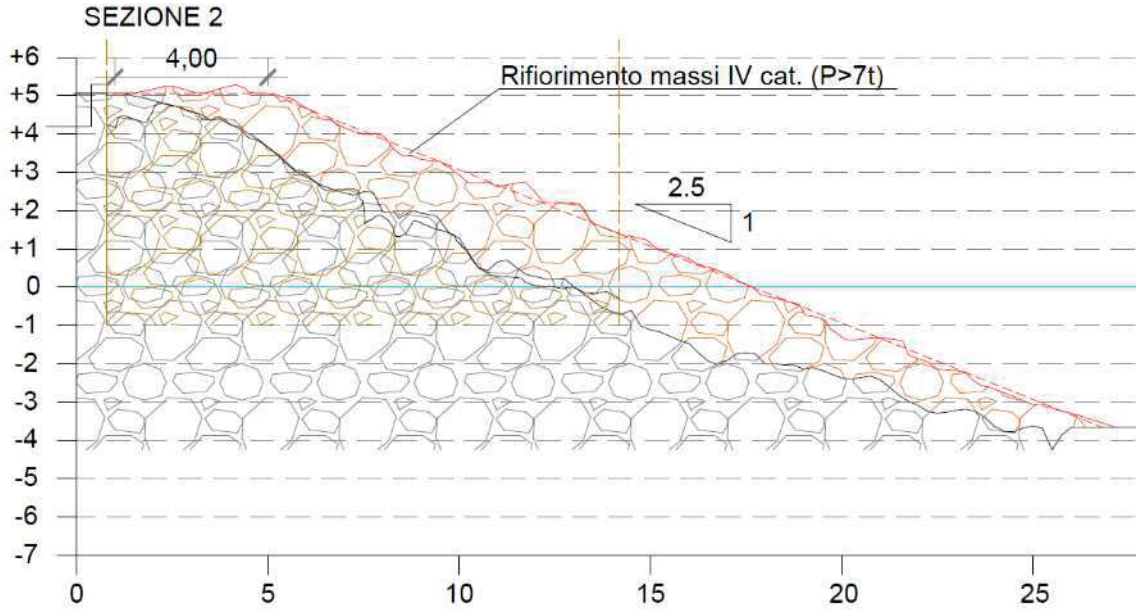


Figura 9.5: ipotesi di progetto – rifiorimento della scogliera piazzale del mare – sezione 2

9.6.2 Valutazione dell'efficacia

L'intervento rappresenta una manutenzione straordinaria, finalizzata al consolidamento dell'opera per mantenerne l'efficacia: i nuovi massi previsti non alterano la configurazione della mantellata, né generano alterazioni sull'assetto costiero limitrofo

9.6.3 Quantitativi previsti

Per l'esecuzione delle opere è previsto, oltre a locali salpamenti e sistemazioni locali delle opere esistenti, l'utilizzo (fornitura e posa in opera) dei seguenti quantitativi di materiali:

- Massi naturali IV categoria: 8.800 t
- Massi naturali III categoria: 2.200 t

9.7 Predimensionamento delle opere, modalità operative

Sulla base delle risultanze dello studio meteomarino, delle dimensioni e posizione delle opere sopra indicate, i massi per l'esecuzione degli interventi dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- scogliera sommersa: massi naturali di III categoria (P = 3÷7 t), imbasati su uno strato di fondo in tout venant;
- rifiorimento della scogliera del piazzale del mare:
  - massi naturali di IV categoria (P> 7 t): 80%;
  - massi naturali di III categoria (P = 3÷7 t): 20%.

Nelle fasi progettuali esecutive verranno eseguiti i dimensionamenti di dettaglio delle singole opere, sulla base delle opportune condizioni di onda di progetto in relazione alle norme tecniche vigenti.

Gli interventi relativi alla scogliera sommersa dovranno essere eseguiti esclusivamente da mare, con carico dei materiali in idonea area individuata a terra; il rifiorimento della scogliera del piazzale del mare potrà essere eseguito in parte da terra e in parte da mare, avendo cura di realizzare da mare il consolidamento del piede di fondazione sommerso della scogliera, al fine di garantire un idoneo imbasamento dei massi di rifiorimento.

11. INDIVIDUAZIONE CONFIGURAZIONE DI PROGETTO, DIMENSIONAMENTI

Alla luce delle valutazioni esposte nel capitolo precedente, visti i fondi a disposizione dell'Amministrazione e l'impossibilità di procedere a breve al ripascimento con materiale da scolmatore del Bisagno, il presente progetto prevede l'esecuzione della scogliera sommersa di ponente e del rifiorimento della scogliera a protezione del piazzale del mare, come segue:

- scogliera sommersa di lunghezza pari a circa 400 m tra i pennelli B e D: la scogliera ha altezza pari a circa 2 m e ingombro complessivo in pianta pari a circa 8 m, si sviluppa approssimativamente a largo della batimetrica -5 m, con raccordo a ponente su batimetriche inferiori verso il pennello B. La sommergenza dell'opera varia da -2.50 m a -3.50 m, la larghezza in testa è pari a circa 3 m;
- rifiorimento della scogliera del piazzale del mare: eseguito con massi di IV e III categoria, 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. Fornitura e posa in opera di 8.800 t di assi naturali IV categoria, 2.200 t di massi naturali III categoria.

L'effetto della scogliera sommersa di ponente senza il ripascimento è limitato (consente una lieve riduzione della risalita delle onde in caso di evento estremo), mentre diventa molto importante dopo il ripascimento per la sua compartimentazione e mantenimento.

Il rifiorimento della scogliera del piazzale del mare è invece fondamentale per mantenere in condizioni idonee un presidio molto importante in termini di difesa dell'abitato e dele infrastrutture presenti a tergo e di compartimentazione del litorale.

Di seguito vengono presentati alcuni elementi di dimensionamento di dettaglio.

11.1 Dimensionamento dei massi per le opere in scogliera

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

Formule di Van Der Meer

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

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

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

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

in cui:

H_s = altezza d'onda significativa al piede della scogliera

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

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

α = pendenza della mantellata (°)

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

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

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

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

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

P=p* = coefficiente di permeabilità della struttura

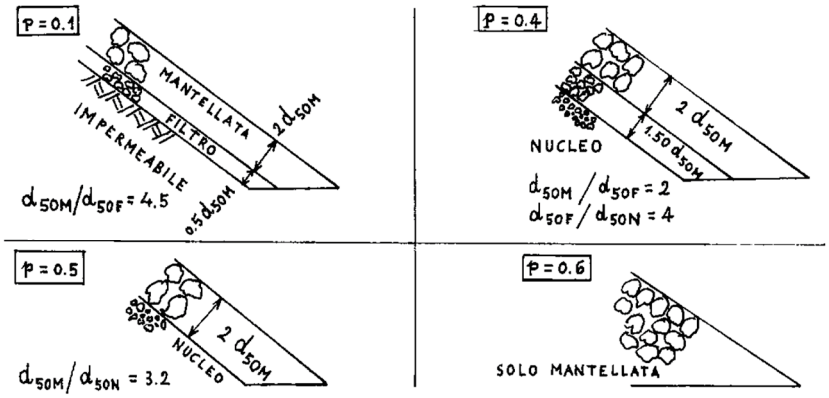


Figura 8.29 – *Rappresentazioni per il calcolo dei valori del parametro p* indicatore della permeabilità della struttura; i pedici M, F, N, indicano, rispettivamente, la mantellata, lo strato intermedio e il nucleo*

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

A = area erosa nella sezione

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 1 - Livelli di danno per mantellate in doppio strato in funzione della pendenza

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

Tale valore è calcolabile con la seguente formula:

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

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

Rc = l'altezza della cresta fuori acqua.

S_m = ripidità d'onda media $$S_{\mathrm{m}} = \frac{\mathrm{H_S}}{L_{0\mathrm{m}}} = \frac{2\pi\,\mathrm{H_S}}{\mathrm{g}\mathrm{T}_{\mathrm{m}}^2}$$

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

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

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

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

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

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

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

Come contenuto nel documento **R02**, è stata assunta, quindi, come onda di progetto l'onda corrispondente allo stato di mare più gravoso per il paraggio con T= 50 anni, con provenienza dal settore 170°N, propagata fino in prossimità della scogliera (punti E2, E3, E4).

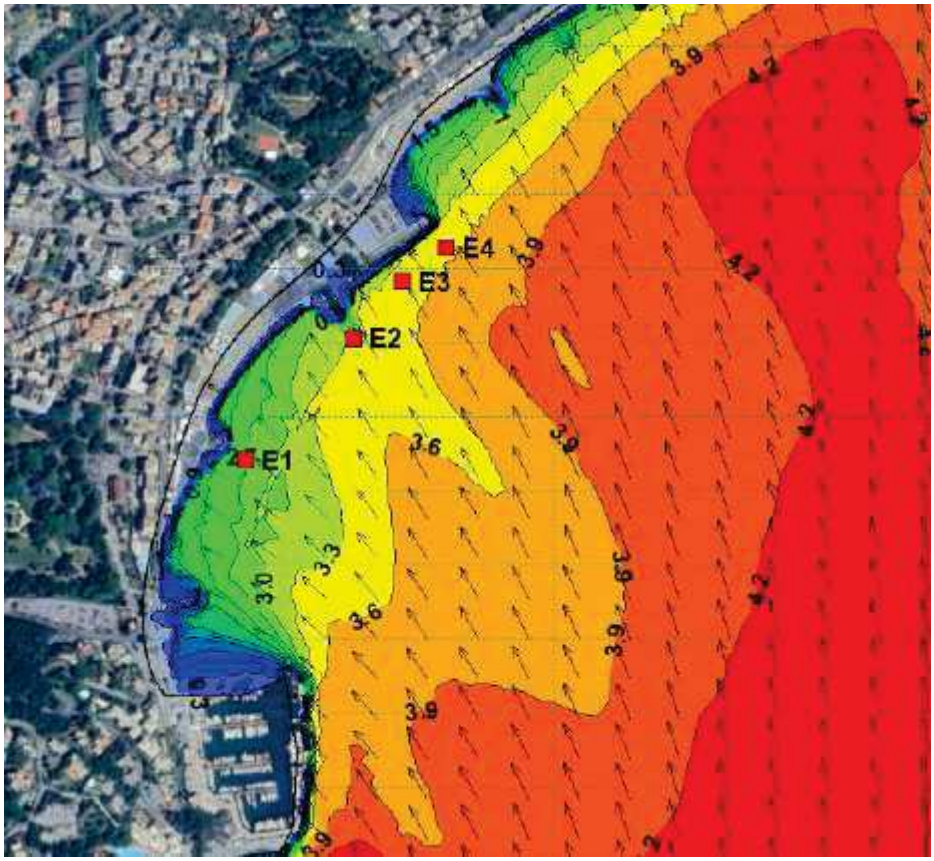


Figura 11.1: Dettaglio della mappa di distribuzione dell'altezza d'onda sulla spiaggia del litorale di Arenzano per la condizione dal settore 1, con Hs=4.6 m, Tp=10.7 s, caratterizzata da MWD=170°N (da figura 6-11 documento R02)

Come risulta dalla tabella 6-5 del documento **R02**, i valori di riferimento sono i seguenti (si assume il più gravosi tra E2, E3, E4):

Settore 2 – evento TR 50 anni			
	Hs [m]	**Tp [s]**	**MWD [°]**
E1	2.70	10.5	133
E2	3.66	10.5	156
E3	3.43	10.5	146
E4	3.54	10.5	147

Tale ondazione presenta le seguenti caratteristiche:

Hs= 3,66 m

Tp= 10,5 s

MWD= 156°N

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

Si è, inoltre, assunta come pendenza della mantellata la pendenza della scarpata esterna della scogliera pari a 1 su 2,5 e come permeabilità della mantellata il valore di 0,5.

Per il calcolo del fattore di riduzione per cresta bassa, l'altezza della berma della scogliera sul livello del mare è stata decurtata dell'innalzamento del livello del medio mare associato alla mareggiata con T= 50 anni come sopra individuato: *i risultati ottenuti non consentono di applicare il coefficiente per cresta bassa.*

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

Si riportano di seguito le relative tabelle di calcolo.

Dati

$\rho 0$ =	1 023.00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2 650.00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1.59		$\rho / \rho 0$ - 1
P=p*=	0.50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2.50		pendenza mantellata (1 su …)
tg (α) =	0.40		1 / pendenza della mantellata
h =	3.50	m	profondità al piede
H_s =	3.66	m	H onda significativa
g =	9.81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	10.50	s	periodo di picco
T_s=	10.50	s	periodo significativo
T_m =	9.13	s	periodo medio
$L_{0\,m}$	130.11	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ m =	**2.385**		parametro di Iribarren
ξ mc =	3.163		parametro di Iribarren critico
S =	2.00		livello di danneggiamento
N =	5 000.00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	12.68	ore	durata della mareggiata
R_c=	4.50	m	altezza della mantellata sul l.m.m.
s=	0.71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$ =	3.79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

ξ m$\leq$2,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	**1.74**	frangimento tipo plunging
2,5$\leq \xi$ m $\leq$ 3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	--	-
ξ m$\geq$3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	**--**	-
	Ns = Hs/(Δ*Dn50)=	***1.74***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	1.04	> 1	*fi non applicabile*
fattore di controllo fi =	0.0693	> 0.052	
f_i	**1.09**	coeff. di riduzione moli a cresta bassa	***NO***

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

Ns/fi = Hs/(Δ*Dn50)/fi= ***1.74***

D_{n50}	**1.32**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**6 163**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 2

Dati

$\rho 0$ =	1 023.00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2 650.00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1.59		$\rho / \rho 0$ - 1
P=p*=	0.50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2.50		pendenza mantellata (1 su …)
tg (α) =	0.40		1 / pendenza della mantellata
h =	3.50	m	profondità al piede
H_s =	3.66	m	H onda significativa
g =	9.81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	10.50	s	periodo di picco
T_s=	10.50	s	periodo significativo
T_m =	9.13	s	periodo medio
$L_{0\,m}$	130.11	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ m =	**2.385**		parametro di Iribarren
ξ mc =	3.163		parametro di Iribarren critico
S =	3.00		livello di danneggiamento
N =	5 000.00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	12.68	ore	durata della mareggiata
R_c=	4.50	m	altezza della mantellata sul l.m.m.
s=	0.71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$ =	3.79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

ξ m$\leq$2,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	**1.88**	frangimento tipo plunging
2,5$\leq \xi$ m $\leq$ 3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	--	-
ξ m$\geq$3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	**--**	-
	Ns = Hs/(Δ*Dn50)=	***1.88***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	1.04	> 1	*fi non applicabile*
fattore di controllo fi =	0.0693	> 0.052	
f_i	**1.09**	coeff. di riduzione moli a cresta bassa	***NO***

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

Ns/fi = Hs/(Δ*Dn50)/fi= ***1.88***

D_{n50}	**1.22**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**4 832**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 3

Dati

$\rho 0$ =	1 023.00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2 650.00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1.59		$\rho / \rho 0$ - 1
P=p*=	0.50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2.50		pendenza mantellata (1 su …)
tg (α) =	0.40		1 / pendenza della mantellata
h =	3.50	m	profondità al piede
H_s =	3.66	m	H onda significativa
g =	9.81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	10.50	s	periodo di picco
T_s=	10.50	s	periodo significativo
T_m =	9.13	s	periodo medio
$L_{0\ m}$	130.11	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ m =	**2.385**		parametro di Iribarren
ξ mc =	3.163		parametro di Iribarren critico
S =	4.00		livello di danneggiamento
N =	5 000.00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	12.68	ore	durata della mareggiata
R_c=	4.50	m	altezza della mantellata sul l.m.m.
s=	0.71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$ =	3.79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

ξ m≤2,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	**2.00**	frangimento tipo plunging
2,5≤ ξ m ≤3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	--	-
ξ m≥3,5—>	Hs/(Δ*Dn50)=	**--**	-
	Ns = Hs/(Δ*Dn50)=	***2.00***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	1.04	> 1	*fi non applicabile*
fattore di controllo fi =	0.0693	> 0.052	
f_i	**1.09**	coeff. di riduzione moli a cresta bassa	***NO***

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

Ns/fi = Hs/(Δ*Dn50)/fi= ***2.00***

D_{n50}	**1.15**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**4 066**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 4

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

Per lo strato di base e la parte interna oltre che per gli intasamenti si prevede l'utilizzo di massi di III categoria (di peso compreso tra 3 e 7 t) in una percentuale pari al 20% circa.

11.2 Stima dei cedimenti

*(Dati tratti da documento **R04** Dott. Geol. Roberto De Franchi)*

È stata effettuata una stima dei cedimenti attesi per il terreno naturale del fondo marino sottostante alle opere principali in progetto:

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, 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 (per almeno 0.5 m), 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

11.3 Scelta dei massi

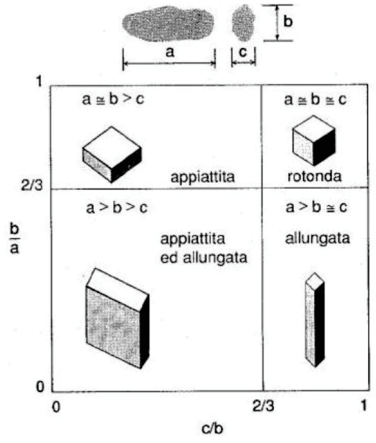
Come descritto in dettaglio nella relazione geologica **R04**, i massi presenti nella scogliera di protezione del piazzale del mare e nei pennelli adiacenti sono caratterizzati da una estrema eterogeneità litologica e cromatica, che in un qualche misura ricalca la variabilità delle rocce dei substrati 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.

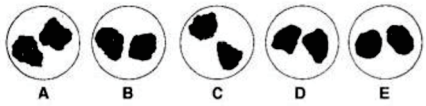
Dal punto di vista litotecnico i massi da utilizzare devono rispondere ai requisiti essenziali di compattezza, omogeneità, durabilità; essere privi di porzioni alterate, giunti, fratture e piani di sfaldamento, e risultare inoltre inalterabili all'acqua di mare e pertanto dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- 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.

12. INTERFERENZE CON I PRINCIPALI ELEMENTI TECNICI ED AMBIENTALI PRESENTI

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

Gli interventi a progetto non hanno alcuna influenza sul regolare deflusso dei corsi d'acqua presenti: le opere di potenziamento della scogliera del piazzale del mare verranno eseguite avendo cura di non arrecare in fase di esecuzione pregiudizio allo sbocco del T. Cantarena.

12.2 Influenza sulla sensibilità ambientale del sito e criteri operativi

12.2.1 Aspetti ambientali generali

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

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

I materiali da utilizzare sono di pezzatura molto grossa e quindi di natura privi di frazione fine: ad ogni modo saranno definite specifiche condizioni affinché gli stessi siano privi di frazioni pelitiche per evitare fenomeni di intorbidimento delle acque.

Non sono previste piste di cantiere, eventuali accessi via terra per l'esecuzione del rifiorimento della scogliera del piazzale del mare saranno eseguiti con materiali in loco o con materiali di cava scelti e con percentuali di pelite inferiori al 5%, come previsto per i tratti di costa sensibile nei "Criteri generali da osservarsi nella progettazione degli interventi stagionali di ripascimento degli arenili" di cui alla D.G.R. 1209/2016 e n. 95/2017.

12.2.3 Fanerogame marine / SIC

Nella relazione bionaturalistica sono state analizzate in dettaglio le caratteristiche delle fanerogame presenti: nell'immagine sotto riportata è stata inserita la planimetria di progetto sovrapposta all'Atlante Habitat: come individuato nelle indagini bionaturalistiche (documento **R03**), il limite superiore della Cymodocea è molto più a largo di quanto riportato nell'Atlante, pertanto le opere a progetto non hanno alcuna influenza sulla salvaguardia delle fanerogamem marine presenti.

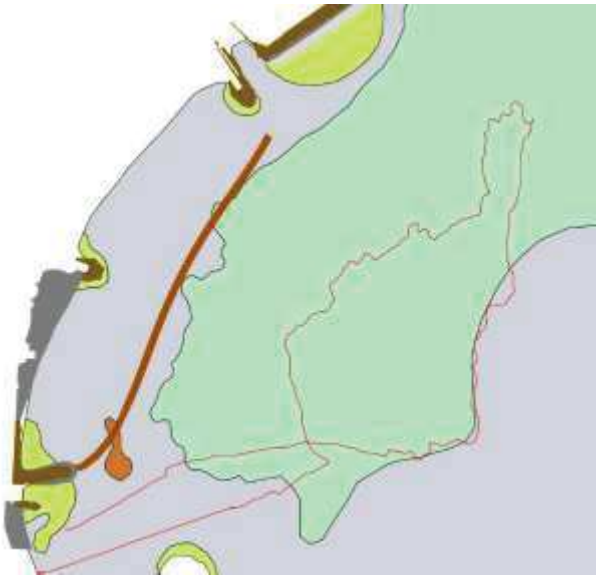


Figura 12.1: appa Atlante Habitat Marini sovrapposta con le opere a progetto (la linea descrive il percorso delle indagini naturalistiche, dove è risultato realmente ubicato il limite superiore della Cymodocea)

13. UTILIZZO DELLE RISORSE NATURALI

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

Per la realizzazione degli interventi previsti sono necessari circa 19.800 t di nuovi massi naturali e 2.970 t di tout-venant, come segue:

- massi naturali di IV categoria (oltre 7 t) per scogliera piazzale del mare: 8.800 t;
- massi naturali di III categoria (3÷7 t) per scogliera piazzale del mare e per la scogliera sommersa: 11.035 t;
- tout venant di cava al piede della scogliera sommersa: 2.970 t.

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

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

13.2 Caratteristiche dei massi

Le specifiche tecniche dei massi sono riportate nel paragrafo precedente, qui di seguito vengono indicate le caratteristiche generali di idoneità ambientale: i requisiti a cui devono corrispondere i materiali lapidei, oltre alla composizione compatibile con i materiali esistenti, sono rappresentati da un elevato peso specifico e da un buon grado di compattezza.

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

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

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

- idoneità per composizione dei materiali delle cave indagate;
- cave in avanzata coltura, al fine di non generare alcun impatto indiretto;
- adeguata disponibilità anche in relazione alla possibile sovrapposizione con interventi in aree limitrofe;

- la vicinanza della cava al punto di imbarco per la parte di materiali che saranno forniti via mare in modo da ottimizzare le tempistiche e minimizzare gli impatti sulla viabilità e sull'ambiente circostante.

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

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

I materiali per l'esecuzione del rifiorimento verranno sottoposti a specifica autorizzazione nelle fasi preliminari dei lavori, una volta individuate le cave idonee: il riporto in sagoma sarà realizzato con materiali di cava scelti con massi di III e IV categoria.

13.3 Approvvigionamento idrico

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

14. PRODUZIONE E SMALTIMENTO DI RIFIUTI

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

15. VOLUMI DI TRAFFICO INDOTTI E CAPACITÀ DEL SISTEMA INFRASTRUTTURALE

Vista la collocazione dell'abitato di Arenzano e la possibilità di accesso da parte dei mezzi pesanti, verrà consentita la modalità da terra **per i soli massi della scogliera a protezione del Piazzale del mare** e per quantitativi non superiore al 70% del totale.

Per la scogliera sommersa e per il restante 30% della scogliera del piazzale del mare avverrà via mare attraverso pontone attrezzato, per non gravare in maniera eccessiva sulla viabilità.

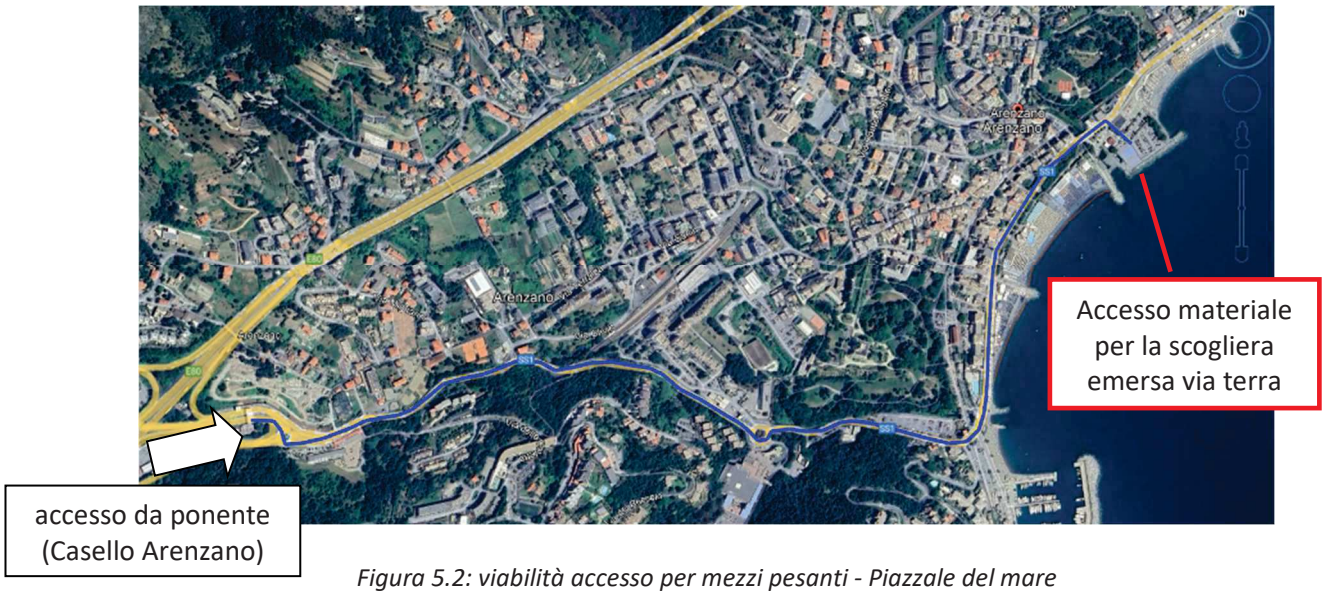


Figura 5.2: viabilità accesso per mezzi pesanti - Piazzale del mare

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

La viabilità ordinaria nella Via Aurelia è interessata da flussi di traffico significativi, sia nel periodo invernale, sia nel periodo estivo: da dati della Città Metropolitana di Genova [2] è possibile valutare il traffico nell'area di Arenzano in circa 12.300 auto diurne – 17.700 veicoli giornalieri (inverno): l'incremento di traffico per il conferimento dei materiali da terra è stimabile in un massimo di 10÷12 mezzi/giorno, che certamente non provocheranno alterazioni significative ai flussi di traffico stradale.

Il percorso locale al di fuori della SS1 Aurelia per accesso alle aree di lavoro (piazzale del mare) verrà opportunamente segnalato e presidiato, al fine di minimizzare le interferenze con il traffico locale.

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

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

16. INQUINAMENTO E DISTURBI AMBIENTALI

16.1 Valutazione degli inquinamenti indotti

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

16.2 Inquinamento del terreno nella zona di intervento

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

16.3 Inquinamento acustico

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

Il Comune di Arenzano si è dotato di classificazione acustica del territorio. Essa è stata deliberata dal Consiglio Comunale con atto N° 32 del 27 Giugno 1996 ed è stata approvata dalla Giunta della Provincia di Genova con Deliberazione N° 1165 del 17 Dicembre 1997.

Fascia oraria	Limite massimo di immissione in facciata dell'edificio più esposto	Limite massimo di immissione in facciata dell'edificio più esposto, a finestre chiuse
08:00 - 09:00	70.0 dB(A)	50.0 dB(A)
09:00 - 12:00	80.0 dB(A)	50.0 dB(A)
13:00 - 15:00	70.0 dB(A)	50.0 dB(A)
15:00 - 18:00	80.0 dB(A)	50.0 dB(A)
18:00 - 19:00	70.0 dB(A)	50.0 dB(A)

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

In relazione alla fondamentale importanza dei suddetti servizi il Comune regolamenta orari e modalità di esecuzione delle attività medesime; dovranno comunque essere svolte:

- tra le 08:00 e le 11:00 e tra le 15:00 e le 17:00 nelle adiacenze degli ospedali e delle case di cura;
- in orari diversi da quelli in cui si svolgono le attività didattiche nei pressi delle scuole e degli asili.

Ai sensi del DGP n. 1165/1997 e s.m.i., in tale zona devono essere rispettati i seguenti valori limite, espressi in Leq (dB(A)), sia per il periodo diurno (06:00-22:00) che per il periodo notturno (22:00-06:00):

- emissione: 50 dB(A) – 80 dB(A) nel periodo diurno e 50 dB(A) nel periodo notturno;

- immissione: 65 dB(A) nel periodo diurno e 55 dB(A) nel periodo notturno.

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

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

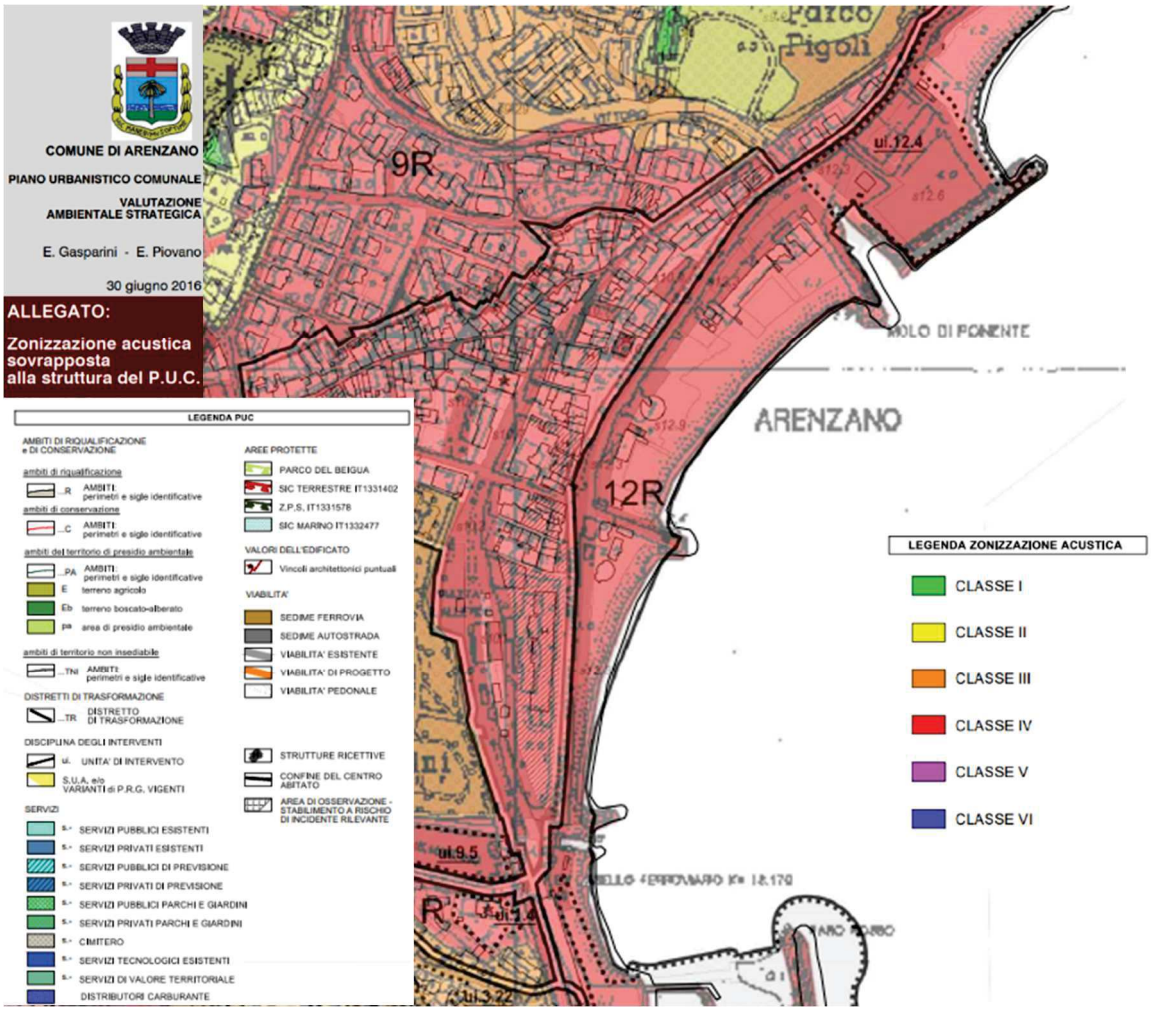


Figura 10.1 - Stralcio cartografico della Zonizzazione Acustica del comune di Arenzano e relativi valori limite assoluti di immissione

Classificazione acustica	Valori limite [dB(A)]			
	Periodo diurno		Periodo notturno	
	immissione	emissione	immissione	emissione
Classe I (verde) - *Aree particolarmente protette*	50	45	40	35
Classe II (giallo) - *Aree prevalentemente residenziali*	55	50	45	40
Classe III (arancione) - *Aree di tipo misto*	60	55	50	45
Classe IV (rosso) - *Aree di intensa attività umana*	65	60	55	50
Classe V (viola) - *Aree prevalentemente industriali*	70	65	60	55
Classe VI (blu) - *Aree esclusivamente industriali*	70	65	70	65

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06:00 - 22:00)	*notturno (22:00 - 06:00)*
Classe I - *aree particolarmente protette*	47	37
Classe II – *aree prevalentemente residenziali*	52	42
Classe III - *aree di tipo misto*	57	47
Classe IV - *aree di intensa attività umana*	62	52
Classe V – *aree prevalentemente industriali*	67	57
Classe VI - *aree esclusivamente industriali*	70	70

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

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

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

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

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

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

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

16.4 Inquinamento atmosferico e da polveri

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

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

Per evitare sovraccarichi della viabilità locale sono previsti un massimo di 10 viaggi al giorno con autocarro per un totale di circa 250 viaggi e 1 viaggio al giorno al massimo con pontone per un totale di 30 giorni. Distribuiti in un periodo lavorativo di circa 5 mesi.

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

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

16.5 Inquinamento dell'acqua

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

Potranno verificarsi locali situazioni di intorbidimento delle acque - dovute soprattutto al materiale di base della scogliera sommersa - che avranno carattere limitato nel tempo alle fasi operative dei mezzi ed estensione alla sola area di lavoro. Come già sopra indicato sarà cura di utilizzare materiali privi di frazioni terrose.

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

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

Si ritiene che l'utilizzo delle risorse, sia che siano provenienti dalle cave locali o da cave a distanza maggiore, debba essere attentamente valutato in sede di gara, in quanto è possibile che si generino fenomeni puntuali di penuria di materiali. Tuttavia, preliminarmente, non si ipotizzano conflitti particolari con altri interventi in corso di progettazione e/o di realizzazione sull'utilizzo delle risorse naturali.

18. IMPATTO SUL PATRIMONIO NATURALE E STORICO

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

L'intervento a progetto non genera alcun impatto significativo sulla fascia costiera, di notevole interesse paesistico, ma già influenzata dalla presenza di opere antropiche infrastrutturali (infrastrutture viarie e ferroviarie), opere antropiche per fruizione del litorale e connesse a alle difese costiere.

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

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

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

La scogliera sommersa non avrà alcun impatto visivo, il rifiorimento della scogliera del piazzale del mare avrà un impatto estremamente limitato, come merge chiaramente dalla lettura degli elaborati grafici.

19. ASPETTI RIGUARDANTI IL RISCHIO ARCHEOLOGICO

Gli interventi non prevedono attività di scavo e saranno eseguiti in aree dove non sono presenti vincoli archeologici, puntuali o areali.

Verrà valutata con la Soprintendenza l'opportunità di eseguire specifiche analisi archeologica di dettaglio delle aree a terra e a mare.

20. COMPATIBILITÀ CON IL QUADRO NORMATIVO PAESAGGISTICO - AMBIENTALE

L'intervento nel suo complesso è finalizzato al miglioramento delle opere di protezione costiera e all'aumento delle caratteristiche di resilienza del sistema costiero generale: tali interventi risultano fortemente strategici per il litorale e prevedono in linea generale il potenziamento delle opere a mare esistenti, mantenendo le caratteristiche generali della fascia costiera, senza snaturare in alcun modo il contesto paesaggistico locale.

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

Le ipotesi di interventi a progetto non generano alcun impatto sulla fascia costiera, di notevole interesse paesistico: la scogliera sommersa non è visibile da terra, il rifiorimento della scogliera del piazzale del mare è una manutenzione di un'opera esistente.

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

La tipologia dell'intervento non genera particolari ricadute sul sistema ecologico dell'area, né dal punto di vista della flora e fauna terrestre, né dei fondali: saranno tuttavia adottate tutte le cautele necessarie a ridurre i fenomeni di torbidità e a minimizzare l'impatto sugli habitat e le specie protette.

21. MITIGAZIONE DELL'IMPATTO DEGLI INTERVENTI

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

I materiali (massi, tout venant per l'imbasamento della scogliera sommersa) saranno scelti con caratteristiche litologiche e cromatiche simili a quelli e privi di impurità che possano creare torbidità persistenti.

23. STIMA DEI COSTI, TEMPI DI ATTUAZIONE

L'importo dei lavori previsti è pari a circa € 2.200.000, l'importo complessivo del Quadro Economico è pari a € 3.000.000 (v. documento **R05**).

È possibile ipotizzare le seguenti tempistiche di attuazione:

- esecuzione dei lavori: 150 giorni
- verifiche e collaudi: 30 giorni
- tempo utile per ultimazione dei lavori: 30 settembre 2025.

Si allega di seguito cronoprogramma preliminare con definizione delle singole attività.

CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI

Mesi	Mese 1			Mese 2			Mese 3			Mese 4			Mese 5		
Giorni	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Elenco dei lavori	**SCOGLIERA SOMMERSA - PONENTE**														
Impianto di cantiere, preparazione aree, approvvigionamento materiali															
Salpamenti locali, realizzazione imbasamento, costruzione scogliera sommersa															
Finiture, sistemazione finale del cantiere															
Elenco dei lavori	**RIFIORIMENTO SCOGLIERA PIAZZALE DEL MARE**														
Impianto di cantiere, preparazione aree, approvvigionamento materiali															
Salpamenti locali, rifiorimento scogliera															
Finiture, sistemazione finale del cantiere															