Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato
1	09/2018	REVISIONE	CAMPI	FRESIA	CASSANI
0	11/2017	PRIMA EMISSIONE	CAMPI	FRESIA	CASSANI

REGIONE LIGURIA

#ItaliaSicura
Presidenza del Consiglio dei Ministri

COMUNE DI GENOVA

PIANO STRALCIO PER LE AREE METROPOLITANE E LE AREE URBANE CON ALTO LIVELLO DI POPOLAZIONE ESPOSTA AL RISCHIO DI ALLUVIONI

Presidenza del Consiglio dei Ministri

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
COMMISSARIO STRAORDINARIO
delegato per l'attuazione degli interventi inseriti nell'A.d.P. del 16.09.2010 e ss.ii.
(ex art. 10 del D.L. n. 91 del 24.06.2014)

Commissario straordinario
Dott. Giovanni TOTI

PROGETTISTI

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

ROCKSOIL S.p.A.
CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA
nel campo della GEOINGEGNERIA

MANDANTI:

art ambiente risorse territorio

HYDRODATA
INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE

Ing. Mario CANGIANO

Ing. Paolo GALLO

Ing. Francesco DE SANCTIS

Dott.ssa Francesca GIOMI

RESPONSABILE STRUTTURA COMMISSARIALE
Ing. Luca BERRUTI

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO
Ing. Stefano PINASCO

Progettista responsabile integrazioni prestazioni specialistiche e Direttore Tecnico della mandataria.
Rocksoil S.p.A.
Ing. Giovanna Cassani
Ord. Ingg. Milano N° 20997

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT. ING. CASSANI GIOVANNA
Sez. A Settori:
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
n° A 20997

Progettista/Progettisti responsabili elaborato
ART ambiente risorse territorio s.r.l
Ing. Ivo Fresia
Ord. Ingg. Torino N° 3299X

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO
Dott. Ing. IVO FRESIA n. 3299X

Ing. Giuseppe Campi
Ord. Ingg. Parma N° 1489

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PARMA
Dott. Ing. CAMPI GIUSEPPE N° 1489

Intervento/Opera

SECONDO LOTTO DEI LAVORI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA

PROGETTO ESECUTIVO

N° Progr. ----

Codice elaborato
BIS2E - A - SPG00 - RE01 - 1

Oggetto della tavola

RIPASCIMENTO SPIAGGE

GENERALE

Relazione di sintesi

Scala
-

Data
14 SETT. 2018

Codice FILE
BIS2E-A-SPG00-RE01-1.DWG

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DELLA STRUTTURA COMMISSARIALE E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

INDICE

1 Premessa 5
1.1 Siti integrativi di ripascimento nel Levante genovese in regime di Concessione 5
1.1.1 Settore 1 (C.so Italia) - Da San Nazaro al Lido 6
1.1.2 Settore 2 (Sturla) - dal torrente Sturla al 5 Maggio 6
1.1.3 Settore 3 (Levante) - dal Monumento a Nervi 6
1.1.4 Volumi di ripascimento integrativi 7
1.2 Normativa di riferimento 8
1.2.1 Normativa nazionale 8
1.2.2 Normativa regionale 8
2 Inquadramento degli interventi all'interno degli strumenti di programmazione e pianificazione vigenti . 9
2.1 Piano Territoriale Regionale (PTR) 9
2.2 Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (PTCP) 9
2.2.1 Assetto insediativo 10
2.2.2 Assetto geomorfologico 15
2.3 Piano di bacino – Stralcio per l'assetto idrogeologico 18
2.3.1 Ambiti regionali di bacino 12 e 13 19
2.3.2 Ambito regionale di bacino 14 24
2.4 Piano Urbanistico Comunale di Genova 28
2.4.1 Assetto urbanistico 29
2.4.2 Livello paesaggistico puntuale 33
2.4.3 Componente geologica 36
2.5 Piano Urbanistico Comunale di Arenzano 44
2.5.1 Inquadramento generale 45
2.5.2 Inquadramento di livello puntuale paesistico 46
2.6 Vincoli ambientali e paesistici 51
3 Stato di qualità delle acque marino-costiere 54
4 Arenzano 61
4.1 Quadro conoscitivo del sito oggetto di intervento 61
4.1.1 Inquadramento territoriale 61
4.1.2 Identificazione dell'unità fisiografica 62
4.1.3 Rilievo dello stato attuale e della tendenza evolutiva 64
4.1.4 Rilievi batimetrici 71
4.1.5 Caratterizzazione granulometrica 72
4.1.6 Analisi delle biocenosi marine 74
4.1.7 Analisi meteo-marine 78

4.1.8 Studio meteomarino ... 79
4.1.9 Propagazione del moto ondoso ... 82
4.1.10 Trasporto longitudinale dei sedimenti ... 88
4.1.11 La spiaggia di Arenzano centro ... 93
4.1.12 Caratteristiche generali del fondale ... 95
4.1.13 Caratteristiche del fondale sottocosta ... 96
4.1.14 Analisi sedimentologiche ... 97
4.2 Interventi di ripascimento previsti nel presente progetto esecutivo ... 99
4.2.1 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento ... 99
4.2.2 Opere strutturali e ripascimenti previsti in progetto ... 104
4.2.3 Impatto ambientale delle opere progettate ... 112
4.2.4 Monitoraggio ... 115
5 Vesima ... 117
5.1 Quadro conoscitivo del sito oggetto di intervento ... 117
5.1.1 Localizzazione degli arenili di Vesima ... 117
5.1.2 Unità fisiografica ... 118
5.1.3 Paraggio oggetto di intervento ... 118
5.1.4 Tendenza evolutiva dell'arenile ... 120
5.1.5 Cenni sulla storia del sito di intervento ... 121
5.1.6 Caratteristiche granulometriche e tessiturali della spiaggia oggetto di intervento ... 121
5.1.7 Colore della spiaggia oggetto di intervento ... 122
5.1.8 Caratteristiche biologiche del sito di intervento ... 122
5.1.9 Analisi meteomarine ... 123
5.2 Interventi di ripascimento previsti nel presente progetto esecutivo ... 124
5.2.1 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento ... 124
5.2.2 Analisi granulometriche e sedimentologiche ... 124
5.2.3 Opere strutturali, ripascimenti strutturali e stagionali ... 127
5.2.4 Modalità e tempi di realizzazione ... 129
6 Voltri ... 130
6.1 Quadro conoscitivo del sito oggetto di intervento ... 130
6.1.1 Identificazione dell'unità fisiografica ... 130
6.1.2 Rilievo dello stato attuale e della tendenza evolutiva ... 132
6.1.3 Rilievi batimetrici ... 135
6.1.4 Caratterizzazione granulometrica ... 136
6.1.5 Analisi delle biocenosi marine ... 145
6.1.6 Analisi dei processi costieri ... 147
6.2 Interventi di ripascimento previsti nel presente progetto esecutivo ... 147
6.2.1 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento ... 147
6.2.2 Interventi di ripascimento previsti in progetto ... 147
6.2.3 Modalità e tempi di realizzazione ... 153
6.2.4 Effetto dell'opera sulle biocenosi sensibili ... 153

6.2.5 Monitoraggio 155
7 C.so Italia 156
7.1 Quadro conoscitivo del sito oggetto di intervento 156
7.1.1 Unità fisiografica 156
7.1.2 Paraggio oggetto di intervento 157
7.1.3 Litorale oggetto di intervento e sviluppo lineare 158
7.1.4 Tendenza evolutiva dell'arenile spiaggia di San Nazaro 161
7.1.5 Tendenza evolutiva dell'arenile spiaggia di Capo Marina 162
7.1.6 Tendenza evolutiva dell'arenile spiaggia di San Giuliano 163
7.1.7 Considerazioni sul comportamento atteso dei ripascimenti in ghiaia da realizzare sul litorale genovese dalla Foce a Boccadasse 164
7.1.8 Granulometria del materiale che costituisce gli arenili oggetto di studio 165
7.1.9 Analisi meteo-marine 167
7.2 Interventi di ripascimento previsti nel presente progetto esecutivo 168
7.2.1 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento 168
7.2.2 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e stagionali Spiaggia S. Nazaro 168
7.2.3 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e stagionali Spiaggia Capo Marina 170
7.2.4 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e stagionali Spiaggia S. Giuliano 172
7.2.5 Modalità e tempi di realizzazione 172
8 Spiagge di Sturla 173
8.1 Quadro conoscitivo del sito oggetto di intervento 173
8.1.1 Identificazione dell'unità fisiografica 173
8.1.2 Rilievo dello stato attuale e della tendenza evolutiva 176
8.1.3 Rilievi batimetrici 178
8.1.4 Caratterizzazione granulometrica 179
8.1.5 Analisi delle biocenosi marine 180
8.1.6 Analisi meteo marine 185
8.2 Interventi di ripascimento previsti nel presente progetto esecutivo 186
8.2.1 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e/o stagionali 186
8.2.2 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento 190
8.2.3 Modalità e tempi di realizzazione 192
8.2.4 Effetto dell'opera sulle biocenosi sensibili 192
9 Spiagge di Levante 194
9.1 Quadro conoscitivo del sito oggetto di intervento 195
9.1.1 Identificazione dell'unità fisiografica 195
9.1.2 Rilievo dello stato attuale e della tendenza evolutiva 198
9.1.3 Rilievi batimetrici 198
9.1.4 Caratterizzazione granulometrica 205
9.1.5 Analisi delle biocenosi marine 205
9.1.6 Analisi meteo-marine 210

9.2 Interventi di ripascimento previsti nel presente progetto esecutivo 211
9.2.1 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento 211
9.2.2 Opere strutturali e ripascimenti strutturali della spiaggia di Quarto Bolivar 213
9.2.3 Opere strutturali e ripascimenti strutturali spiaggia della Lega Navale 214
9.2.4 Opere strutturali e ripascimenti strutturali spiaggia di Quinto Bagnara 215
9.2.5 Opere strutturali e ripascimenti strutturali spiaggia di Quinto Giannelli 216
9.2.6 Ripascimenti stagionali 217
9.2.7 Modalità e tempi di realizzazione 218
9.2.8 Effetto dell'opera sulle biocenosi sensibili 219
9.2.9 Monitoraggio 220

1 Premessa

Il presente documento illustra le modalità con cui verranno condotte le 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.

Infatti dal punto di vista quantitativo le scelte progettuali ad oggi definite individuano volumi di materiali di scavo in galleria (valutati in banco) a circa 721.000 m³, con la possibilità di reimpiegarne significative quantità per il ripascimento degli arenili.

A tale proposito è stata condotta una specifica attività di verifica dei siti ottimali per la realizzazione di interventi di ripascimento strutturale, tali cioè da garantire la disponibilità di volumi congruenti con le necessità del cantiere.

Come indicato nella tabella sottostante (per maggiori dettagli si rimanda alla specifica relazione allegata al presente progetto esecutivo), ad oggi sono state individuate le seguenti aree, per un volume complessivo disponibile pari a circa 360.675 m³ (stesi).

Siti di ripascimento	Distanza media dal cantiere [km]	Ripascimento stagionale [m³]	Ripascimento strutturale [m³]
Arenzano	40	3.570	85.080
Vesima	27	0	61.440
Voltri	24	0	129.375
C.so Italia	7 + 2 miglia	0	30.000
Sturla	7 + 3 miglia	0	35.750
Levante	7 + 5 miglia	1.080	14.380
TOTALE		**4.650**	**356.025**

Tabella 1 – Quantitativi di materiale di cui è previsto l'impiego per ripascimento.

1.1 Siti integrativi di ripascimento nel Levante genovese in regime di Concessione

Durante l'iter di redazione della presente revisione del progetto esecutivo, è stato richiesto allo scrivente RTP di valutare la preliminare fattibilità tecnico-economica dell'inserimento delle opere di ripascimento in corrispondenza di una serie di arenili del Levante Genovese, attualmente gestiti in regime di Concessione Privata, ed originariamente non inseriti all'interno del presente progetto.

In particolare all'interno della nota trasmessa dal Sindacato dei Concessionari al Comune, sono stati indicati alcuni arenili per i quali è stata espressa la richiesta di utilizzare il materiale di smarino della futura galleria scolmatrice, opportunamente lavato e vagliato, per il relativo ripascimento.

A tale proposito è opportuno sottolineare come le valutazioni svolte nell'ambito della prima revisione progettuale, con riferimento alla quantificazione del volume complessivo di materiale di smarino, avevano evidenziato una eccedenza significativa di materiale, quantificabile in più di 270.000 m³ di materiale, la cui destinazione (in assenza di ulteriori possibili siti di conferimento) era stata individuata in centri di recupero inerti.

Il volume complessivo stimato in via preliminare dai Concessionari fu quantificato in circa 165.000 m³, suddiviso prevalentemente in tre differenti settori:

1.1.1 Settore 1 (C.so Italia) - Da San Nazaro al Lido

Le richieste dei Concessionari indicano, per il tratto in esame, la necessità di intervenire per una lunghezza complessiva della linea di costa pari a circa 1 km, valutando il volume necessario per ricostituire il profilo originario (ante 1973) in circa 31.500 + 58.000 = 89.500 m³. Si sottolinea peraltro come gli interventi richiesti per buona parte ricadano già nelle spiagge di C.so Italia, di cui è già stato in parte completato il ripascimento con il materiale del Fereggiano, aggiungendo peraltro una spiaggia più a levante (Lido), di cui si stima una lunghezza della linea di costa pari a circa 221 m e **per un nuovo volume stimato pari a circa 15.800 m³** (profondità media di 17 m).

1.1.2 Settore 2 (Sturla) - dal torrente Sturla al 5 Maggio

Il settore di intervento è collocato nell'areale denominato "Sturla", e prevede la realizzazione dei seguenti interventi di ripascimento:

- Sturla est, peraltro in parte già inserito nel PUT originario, per un volume pari a circa 31.000 m³;
- Scoglio dei Mille;
- Tratto Paolo e Lele (già ricompreso nel PUT originario);
- **Tratto "Monumento"**.

La nota del Sindacato Concessionari evidenzia i seguenti dati:

- Linea complessiva di costa oggetto di intervento: 400 +197 = 597 m
- Area dei ripascimento: 8.468 + 3.955 = 12.423 m²
- Volume di materiale da porre a ripascimento: 75.000 + 34.400 = 109.400 m³

Si evince come le richieste dei Concessionari richiedano il ripascimento per 109.400 – 31.000 = **78.400 m³ di materiale in più rispetto alle previsioni originarie del Progetto Esecutivo**.

1.1.3 Settore 3 (Levante) - dal Monumento a Nervi

Nel seguito vengono elencati i vari siti integrativi di cui è stato richiesto il ripascimento mediante l'utilizzo si del materiale di smarino del f. Bisagno:

- Quarto Priaruggia;
- Europa Doria;
- Quarto Bolivar (già ricompreso nel PUT originario);
- Nasi;
- Lega Navale (già ricompreso nel PUT originario);
- Quinto Bagnara (già ricompreso nel PUT originario);
- Quinto Murcarolo;
- Quinto Piero;
- Vecchi Trogoli.

La nota dei Concessionari evidenziava i seguenti dati:

- Linea di costa oggetto di intervento: 449 + 235 + 157 = 841 m
- Area dei ripascimento: 8.490 + 2.702 + 2.624 = 13.816 m³
- Volume di materiale da porre a ripascimento: 47.700 + 15.300 + 16.800 = 79.800 m³

Si evince come le richieste dei Concessionari richiedano il ripascimento per 79.800 – 15.460 = 64.340 m³ di materiale in più rispetto alle previsioni del Progetto Esecutivo.

1.1.4 Volumi di ripascimento integrativi

Sulla base dei dati resi disponibili dal Comune e delle indicazioni in precedenza indicate, si evidenzia come le richieste dei Concessionari prevedano il ripascimento per circa **158.540 m³** in più rispetto a quanto previsto nel P.U.T. allegato al Progetto esecutivo originario.

A seguito delle richieste del Sindacato Concessionari, lo scrivente RTP ha predisposto una nota tecnica trasmessa al RUP in cui si evidenziava la sostanziale economicità che sarebbe conseguita al riutilizzo del materiale eccedente di smarino come ripascimento, in sostituzione della destinazione a centro di recupero di inerti; per tale motivo il RUP autorizzava l'inserimento dei suddetti ripascimenti all'interno del presente progetto esecutivo.

Poiché la valutazione corretta dei suddetti volumi sarà possibile esclusivamente a seguito della esecuzione di specifiche attività di rilievo batimetrico (non autorizzabili durante il periodo estivo di balneazione) e di modellazione meteomarina, nella presente revisione progettuale sono comunque riportate le analisi di tipo ambientale e paesaggistico, funzionali alla approvazione del relativo Piano di Utilizzo e della Valutazione di Impatto Ambientale, adottando cautelativamente un volume complessivo pari a soli 100.000 m³, suddiviso secondo la tabella di seguito riportata, sulla base del progetto di fattibilità riportato in allegato alla presente relazione.

Siti di ripascimento integrativo	Distanza media dal cantiere [km]	Ripascimento stagionale [m³]	Ripascimento strutturale [m³]
C.so Italia	7 + 2 miglia	0	15.000

Sturla	7 + 3 miglia	0	40.000
Levante	7 + 5 miglia	0	45.000
TOTALE		**0**	**100.000**

Tabella 2 – Quantitativi di materiale di cui è previsto l'impiego per ripascimento.

1.2 Normativa di riferimento

1.2.1 Normativa nazionale

- Decreto legislativo n.152 del 3 aprile 2006 - parte III Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche (Gazzetta Ufficiale n.88 del 14 aprile 2006)
- Legge 31 luglio 2002 n. 179 Disposizioni in materia ambientale (Gazzetta ufficiale n. 189 del 13 agosto 2002)

1.2.2 Normativa regionale

- Regolamento regionale n.6 del 23 ottobre 2002 Disciplina del procedimento relativo all'approvazione degli interventi stagionali di ripascimento degli arenili
- Delibera di Giunta regionale n.95 dell'8 febbraio 2017 Criteri generali da osservarsi nella progettazione degli interventi di ripascimento stagionali di cui alla D.G.R. n. 1209/2016. Approvazione modifiche
- Deliberazione di Giunta regionale n.1209 del 20 dicembre 2016 Aggiornamento dei "Criteri generali da osservarsi nella progettazione degli interventi di ripascimento stagionali degli arenili" di cui alla D.G.R. n. 1446/2009
- Legge regionale 28 aprile 1999 n.13 Disciplina delle funzioni in materia di difesa della costa, ripascimento degli arenili, protezione e osservazione dell'ambiente marino e costiero, demanio marittimo e porti Bollettino ufficiale regionale 05/05/1999 n. 8

2 Inquadramento degli interventi all'interno degli strumenti di programmazione e pianificazione vigenti

Il documento riporta l'analisi degli strumenti di pianificazione e di programmazione territoriale e settoriale di riferimento ai fini della verifica di coerenza e conformità del progetto con le disposizioni vigenti in materia vincolistica e di tutela ambientale.

La verifica è stata condotta sulla base della lettura combinata delle norme e delle tavole dei seguenti piani:

- Piano Territoriale Regionale (PTR);
- Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (PTCP);
- Piano di bacino – Stralcio per l'assetto idrogeologico;
- Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Genova;
- Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Arenzano.

2.1 Piano Territoriale Regionale (PTR)

Il processo di redazione del Piano Territoriale Regionale (PTR) della Liguria è stato sospeso.

La comunicazione regionale nel sito ufficiale in merito alla sospensione avvisa che solo con l'approvazione di nuovi atti da parte della Giunta Regionale, ai sensi dell'articolo 14 della Legge Regionale n. 36/1997 come modificata dalla Legge Regionale n. 11/2015, potrà essere intrapreso un nuovo progetto di Piano e avviato un nuovo procedimento di approvazione.

E' reso noto inoltre che gli elaborati che componevano il Progetto di Piano aggiornato al 14 novembre 2014 sono ritenuti privi di qualsiasi efficacia giuridica.

2.2 Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (PTCP)

Il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico Regionale (PTCP) è stato approvato con Decreto del Consiglio Regionale n. 6 del 25 Febbraio 1990.

Il Piano è stato oggetto di una variante generale (c.d. variante di salvaguardia della fascia costiera), approvata con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 18 del 2 Agosto 2011. La variante riguarda il territorio di 82 comuni liguri e contiene proposte di modifica riferite a livello locale - assetto insediativo del Piano.

Il Piano interpreta il territorio ligure a livello di ambiti paesistici sovracomunali e alla scala locale con riferimento a tre assetti del territorio:

- assetto insediativo;
- assetto geomorfologico;
- assetto vegetazionale.

Il Piano è articolato inoltre in tre livelli a differente cogenza.

- **livello territoriale**: le indicazioni riportate nelle schede relative agli ambiti individuati dal Piano hanno carattere di indirizzo e proposta per le azioni di pianificazione;
- **livello locale**: le indicazioni devono essere recepite dagli strumenti urbanistici comunali;
- **livello puntuale**: indicazioni di specificazione del livello locale sviluppate dai comuni con particolare riguardo agli aspetti qualitativi.

Gli ambiti territoriali del PTCP interessati dalle opere in progetto sono:

- 52 "Arenzano Cogoleto": siti di ripascimento di ponente;
- 52A "Genova Voltri-Prà": siti di ripascimento di ponente;

Ai fini dell'inquadramento delle opere si è fatto riferimento alle disposizioni di **livello locale** delle Norme di Attuazione (aggiornamento agosto 2011) in quanto aventi valore prescrittivo rispettivamente nei confronti degli interventi che incidono sugli assetti insediativo, geomorfologico e vegetazionale.

Le indicazioni relative ai tre assetti si intendono riferite alle seguenti **categorie di interventi**:

- **assetto insediativo**: interventi edilizi o assimilabili, quali la costruzione o la ristrutturazione di edifici di ogni genere e destinazione e di manufatti e impianti di qualsivoglia natura e destinazione, nonché delle relative opere complementari, salvo quanto detto al punto successivo
- **assetto geomorfologico**: opere idrauliche e marittime, apertura e sistemazione di cave e discariche, interventi di consolidamento dei pendii e quelle opere che determinano profonde ed estese alterazioni dei quadro morfologico e idraulico;
- **assetto vegetazionale**: interventi di forestazione e quelli che hanno per oggetto lo sfruttamento agricolo-economico e il miglioramento qualitativo dei boschi e delle praterie.

Nell'inquadramento delle opere in progetto non è stato considerato l'assetto vegetazionale in quanto riguarda una tipologia di interventi non contemplata nel progetto oggetto di valutazione.

2.2.1 Assetto insediativo

Con riferimento all'assetto insediativo, nelle aree interessate dalle opere in progetto sono applicabili le disposizioni di **livello locale** di seguito descritte.

Aree Urbane: strutture urbane qualificate-SU (Art. 35)

Le strutture urbane qualificate sono assoggettate al regime normativo di mantenimento in quanto trattasi di ambiti urbani di ampie dimensioni che si distinguono dal contesto per caratteri di particolare pregio paesistico-ambientale, tali da identificarli come componenti significative della morfologia urbana.

In tale aree "*non sono pertanto consentiti interventi che compromettano l'identità e l'identificazione di tali testimonianze e la leggibilità dell'assetto territoriale preesistente a cui esse rinviano*".

Aree Urbane: tessuti urbani -TU (Art. 38)

Sono classificate come tessuti urbani tutte le aree urbane che non rientrano nelle categorie di strutture urbane, parchi urbani e valori di immagine.

Trattandosi di parti dei 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*".

Aree Non Insediate - Regime normativo di MANTENIMENTO-ANI-MA (Art. 52)

Tale regime si applica nei casi in cui, pur in presenza di valori naturalistici elevati o comunque significativi, si ritiene che modeste alterazioni dell'attuale assetto dei territorio non ne compromettano la funzione paesistica e la peculiare qualità ambientale.

In tali aree "*non è consentito aprire nuove strade di urbanizzazione, ne costruire nuovi edifici, attrezzature ed impianti ad eccezione degli interventi specificamente volti al conseguimento degli obiettivi sopra indicati, purché non alterino in misura paesisticamente percepibile lo stato dei luoghi*".

Insediamenti Diffusi - Regime normativo di MANTENIMENTO-ID-MA (Art. 44)

Tale regime si applica laddove l'assetto insediativo abbia conseguito una ben definita caratterizzazione e un corretto inserimento paesistico, tali da consentire un giudizio positivo sulla situazione complessiva in atto, non suscettibile peraltro di essere compromesso dalla modificazione di singoli elementi costituenti il quadro d'insieme o da contenute integrazioni dei tessuto edilizio.

In tali aree "*sono pertanto consentiti esclusivamente interventi di limitata modificazione delle preesistenze ed eventualmente di contenuta integrazione dell'insediamento purché nel rispetto dei caratteri peculiari della zona e dei suoi rapporti con l'ambito paesistico*".

Insediamento Sparso a regime normativo di Trasformabilità - Tessuto Urbano IS TR-TU (Art. 54)

Tale regime si applica nei casi in cui a previsioni insediative dello strumento urbanistico generale non si oppongono specifiche ragioni di ordine paesistico-ambientale che ne impediscano l'attuazione.

In tali aree "*sono consentite, previa elaborazione di Studio Organico d'Insieme, operazioni di trasformazione dello stato dei luoghi, nei limiti e nelle forme dei tipi insediativi rispettivamente specificati nella cartografia di Piano (ID o NI o TU o AI)*".

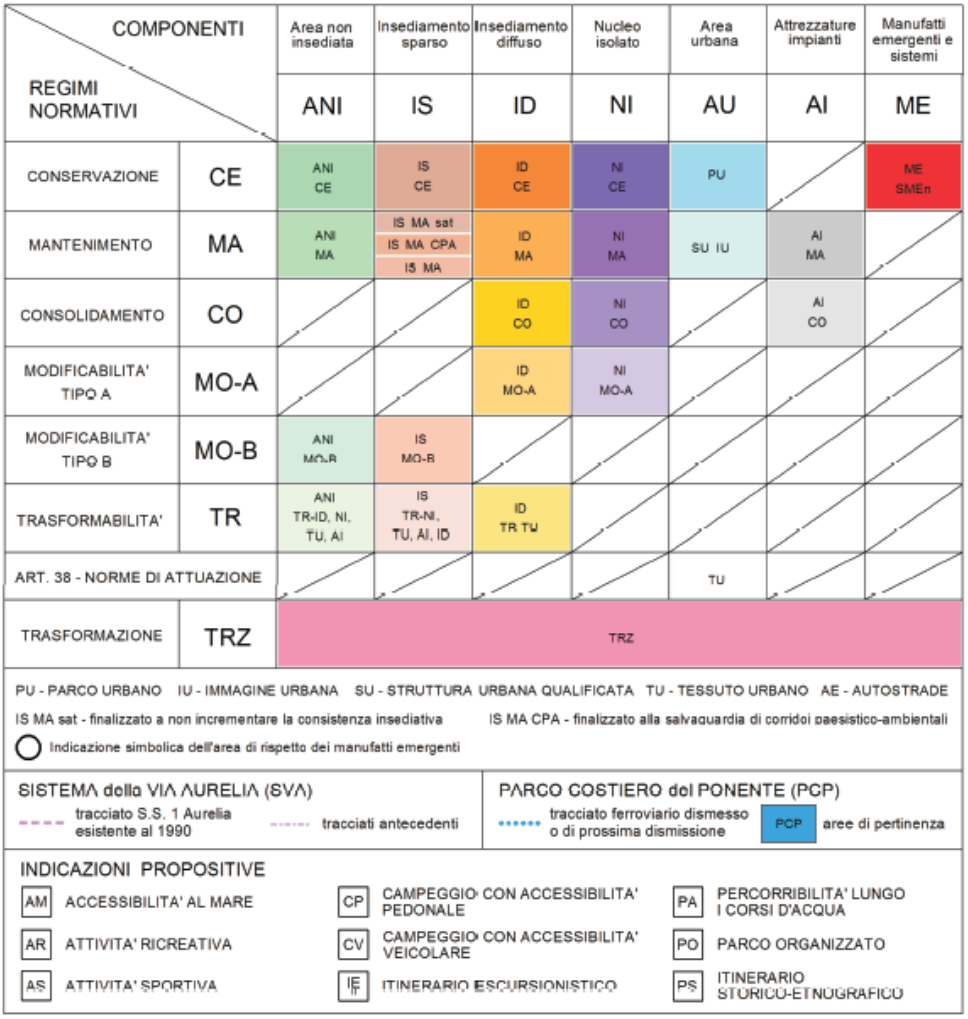


Figura 2-1 - PTCP - Assetto Insediativo - Legenda

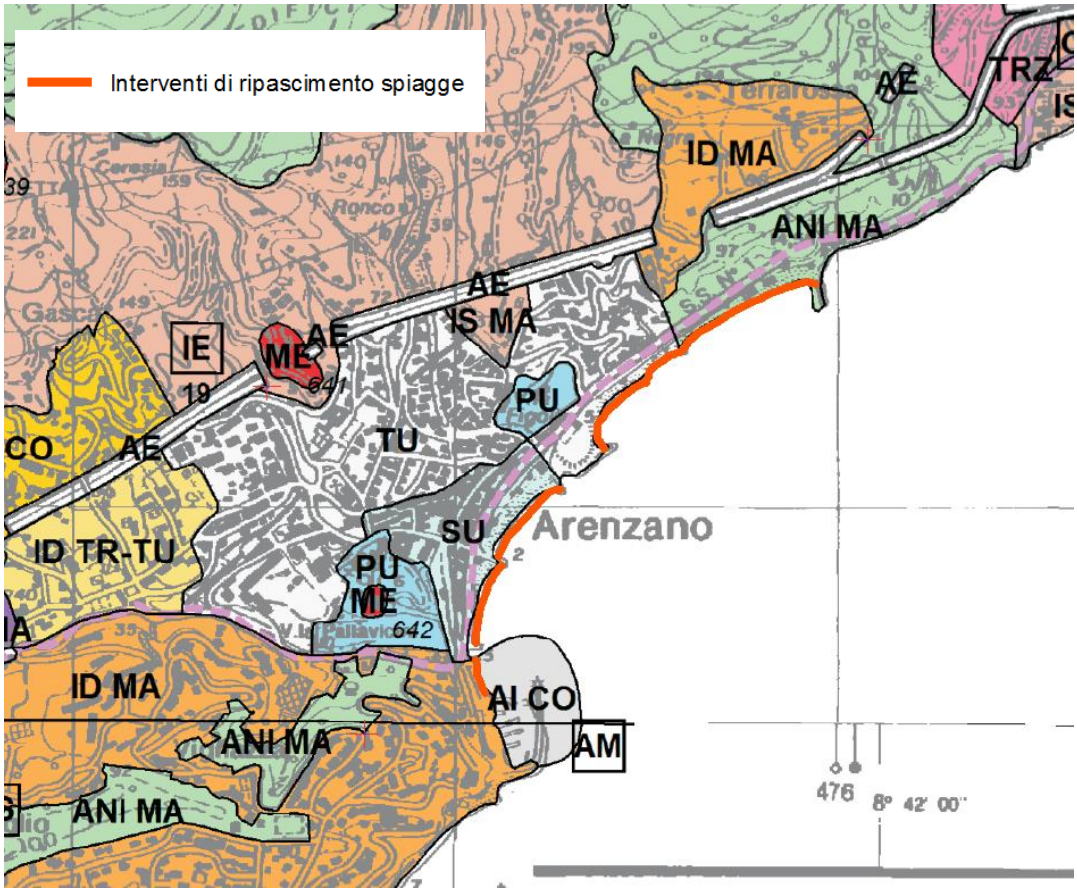


Figura 2-2 - PTCP - Inquadramento dei siti di ripascimento nell'Assetto insediativo del PTCP (Stralcio tavola 15, CR 213.3, aggiornamento 25.10.2017)

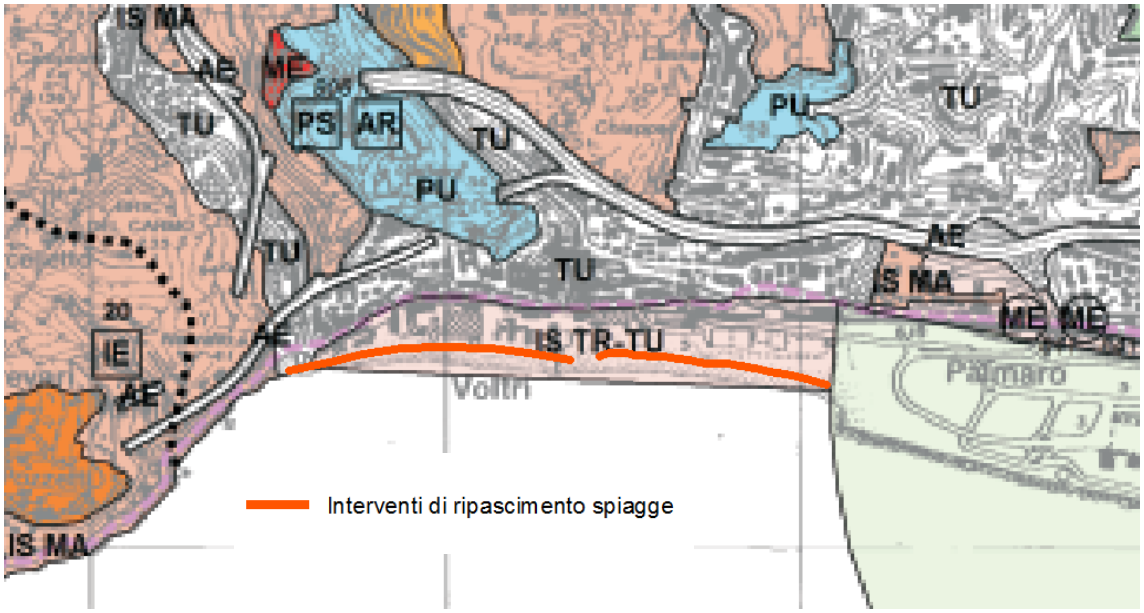


Figura 2-3 - PTCP - – Inquadramento dei siti di ripascimento nell'Assetto insediativo del PTCP (Stralcio tavola 15, CR 213.3, aggiornamento 25.10.2017)

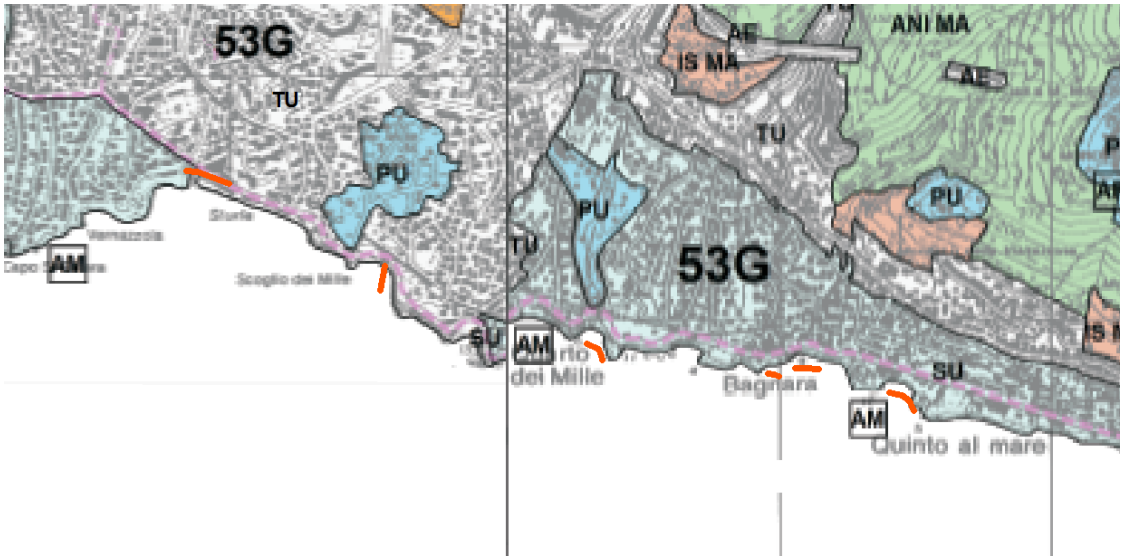


Figura 2-4 - PTCP - – Inquadramento dei siti di ripascimento nell'Assetto insediativo del PTCP (Stralcio tavola 25, CR 231.4, aggiornamento 03.12.2015)

2.2.2 *Assetto geomorfologico*

Con riferimento all'assetto geomorfologico, nelle aree interessate dalle opere in progetto sono applicabili le disposizioni di **livello locale** di seguito descritte.

Regime normativo di MANTENIMENTO MA (Art. 64)

Tale regime si applica nelle parti dei territorio nelle quali sono presenti elementi geomorfologici e/o idrogeologici con specifici valori ambientali o che contribuiscono in misura significativa a definire la configurazione paesistico-ambientale dei contesto.

In ta Interventi di ripascimento spiagge *che rispettino l'integrità degli elementi geomorfologici e idro ıle e non compromettano la complessiva configurazione paesistico-ambientale dei contesto in quanto determinata da componenti idro-geo-morfologiche"*.

Regime normativo di CONSOLIDAMENTO-CO (Art. 65)

Tale regime si applica nelle parti dei territorio che presentano condizioni idrogeologiche comportanti rischi di compromissione per l'ambiente e/o pericoli per le attività insediate, e nelle quali peraltro si riscontrano valori paesaggistici o di fruizione che richiedono particolare attenzione.

Gli interventi preordinati alla prevenzione dei rischi ed all'eliminazione dei pericoli, qualora incidano in misura rilevante sull'assetto paesistico-ambientale, dovranno fare riferimento ad uno Studio Organico d'Insieme che ne garantisca il migliore inserimento nel contesto d'ambito, anche attraverso la definizione di appropriata modalità esecutive.

Regime normativo di MODIFICABILITA' di tipo B MO-B (Art. 67)

In tali aree, gli interventi, "*oltre a rispettare la specifica disciplina di settore, dovranno conformarsi a criteri di corretto inserimento ambientale delle opere"*.

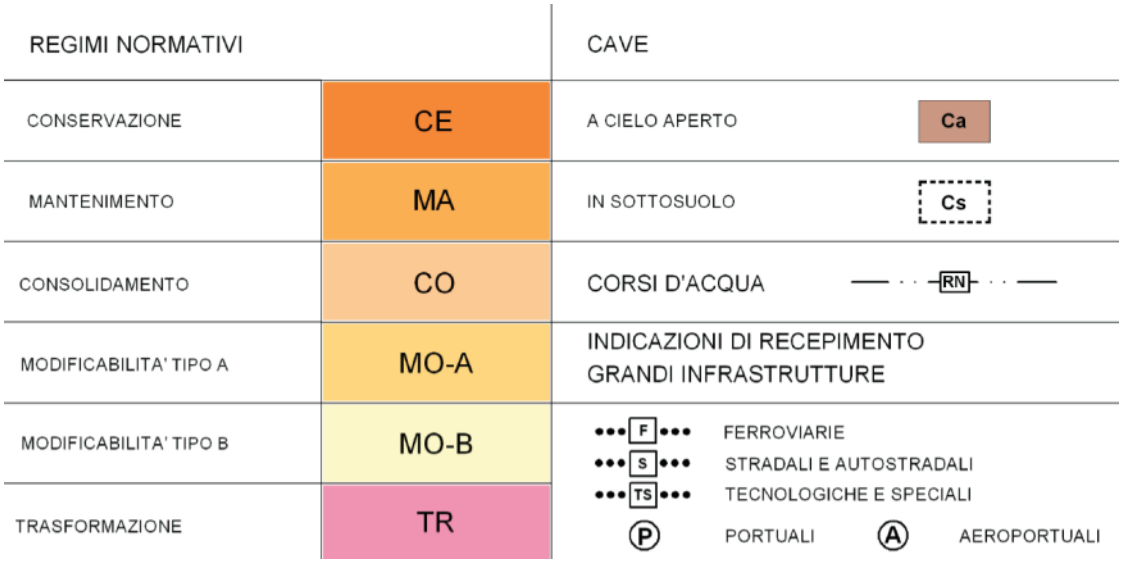


Figura 2-5 - PTCP - Assetto Geomorfologico - Legenda

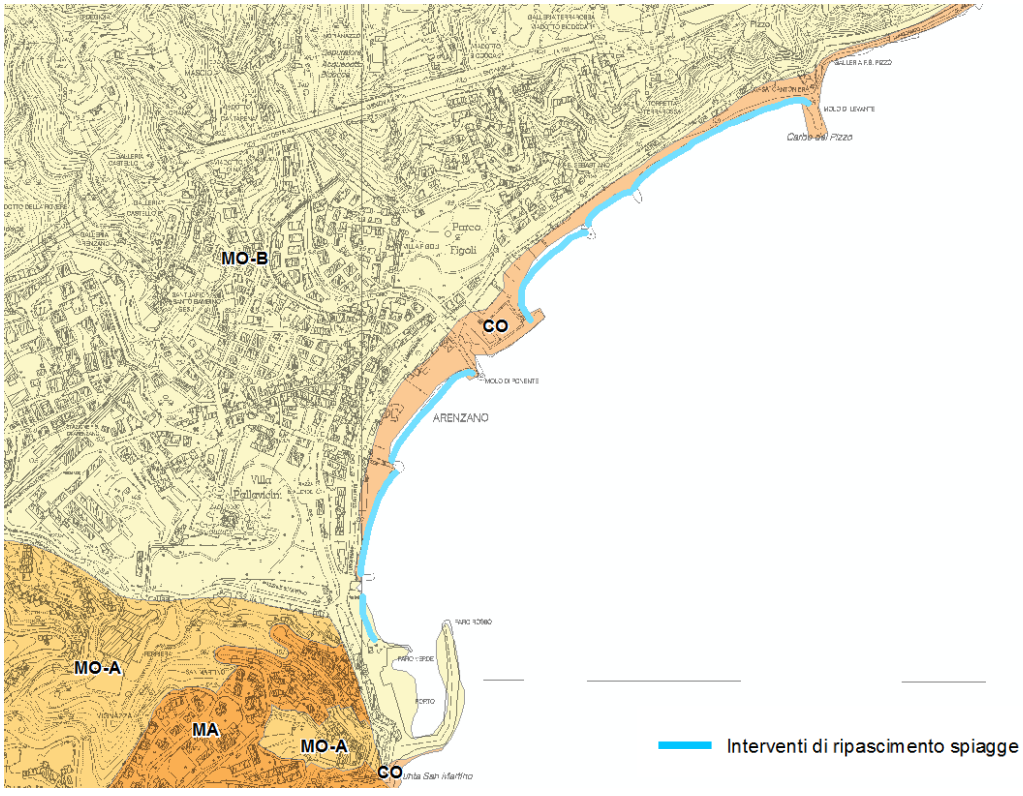


Figura 2-6 - Inquadramento dei siti di ripascimento nell'Assetto Geomorfologico del PTCP (Stralcio tavola 15, CR 213.3, aggiornamento 29.07.2011)

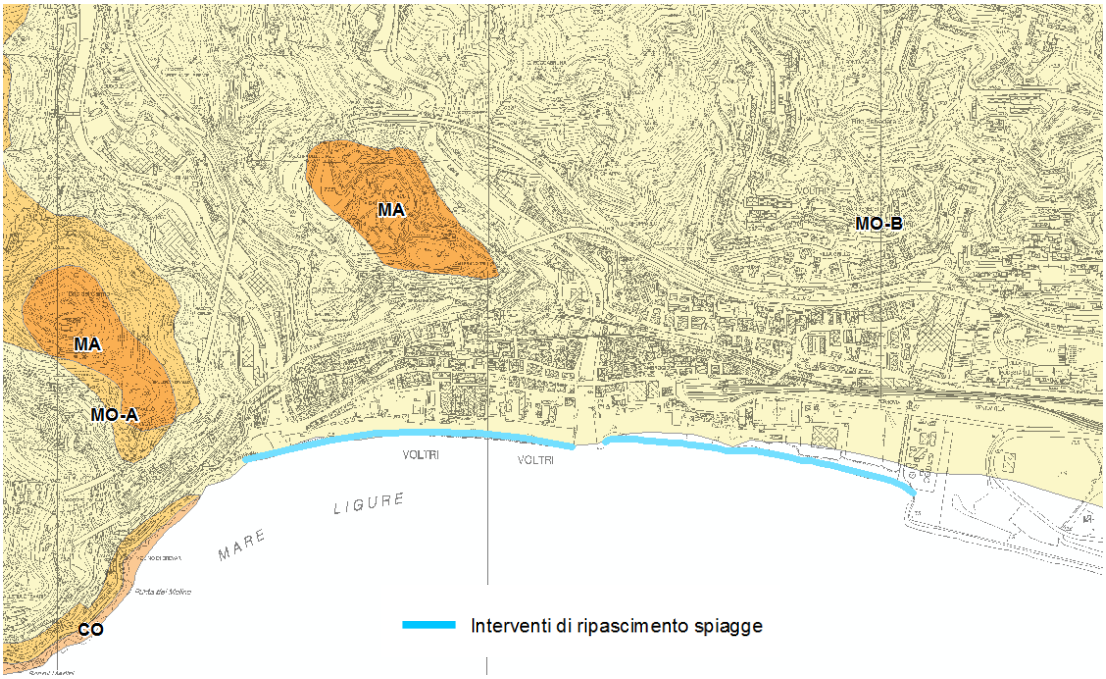


Figura 2-7 - – Inquadramento dei siti di ripascimento nell'Assetto Geomorfologico del PTCP (Stralcio tavola 15, CR 213.3, aggiornamento 29.07.2011)



Figura 2-8 - – Inquadramento dei siti di ripascimento nell'Assetto Geomorfologico del PTCP (Stralcio tavola 25, CR 231.4, aggiornamento 30.05.2008)

Sintesi delle disposizioni del PTCP

Nella tabella che segue è riportato il quadro di sintesi delle componenti e dei regimi normativi del PTCP vigenti nelle aree interessate dalle opere di progetto.

L'analisi delle disposizioni normative ha evidenziato che le opere in progetto non presentano elementi di incompatibilità con quanto previsto dal Piano.

Nello specifico, si evidenzia che non sono emersi elementi di criticità riferibili all'assetto insediativo sia in fase di cantiere che di esercizio.

Opera/attività	Ambito PTCP	Assetto insediativo	Assetto geomorfologico
siti di ripascimento di ponente	52 "Arenzano Cogoleto"	Strutture urbane qualificate-SU	Regime normativo di CONSOLIDAMENTO-CO
		Aree Non Insediate - Regime normativo di MANTENIMENTO-ANI-MA	
		Insediamenti Diffusi - Regime normativo di MANTENIMENTO-ID-MA	
siti di ripascimento di ponente	52A "Genova Voltri-Prà"	Insediamento Sparso a regime normativo di Trasformabilità - Tessuto Urbano IS TR-TU	Regime normativo di MODIFICABILITA' di tipo B MO-B
		Aree Urbane: tessuti -TU	Regime normativo di MODIFICABILITA' di tipo B MO-B

Tabella 3 - Sintesi delle componenti e dei regimi normativi PTCP della Liguria vigenti nelle aree interessate dalle opere di progetto

2.3 Piano di bacino – Stralcio per l'assetto idrogeologico

I piani stralcio dell'assetto idrogeologico della Regione Liguria sono articolati per singoli bacini idrografici o per ambiti di bacini raggruppati secondo un criterio di omogeneità territoriale.

I piani di interesse per le opere in progetto sono i seguenti:

- **Ambiti 12 e 13**: siti di ripascimento di levante;
- **Ambito 14**: siti di ripascimento di ponente.

L'analisi di compatibilità delle opere in relazione alle previsioni di ciascun piano stralcio di interesse è riportata nel seguito.

2.3.1 Ambiti regionali di bacino 12 e 13

Il Piano di Bacino stralcio degli Ambiti 12 e 13 è stato approvato con D.C.P. n. 65 del 12/12/2002 e modificato con variante approvata con D.D.G. n. 98 del 13/04/2017 entrata in vigore il 10/05/2017.

Il Piano comprende i territori dei Comuni di Arenzano, Cogoleto, Genova e Mele, suddivisi in 6 aree omogenee. Nell'area denominata "Bacini minori e aree scolanti di Arenzano" ricadono i siti di ripascimento.

Ai fini dell'inquadramento delle opere in oggetto si è fatto riferimento alle Norme di Attuazione vigenti, modificate con D.G.P. n. 124 del 22/09/2014, e alla cartografia di piano di rilevanza per il progetto. Le Norme sono applicabili agli ambiti 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18.

Art.15 Fasce di inondabilità

Come riportato nella Figura 2-9, i siti di ripascimento a sud del Molo di Ponente ricadono in fascia C ove "*è consentito ogni tipo di intervento purché realizzato con tipologie costruttive finalizzate alla riduzione della vulnerabilità delle opere e, quindi, del rischio per la pubblica incolumità, e coerenti con le azioni e misure di protezione civile previste dai presenti Piani e dai piani di protezione civile comunali*".

I siti di ripascimento ubicati nei pressi della foce del Torrente Leira, in località Voltri, sono esterni alle fasce B e C (Figura 2-10).

Art.16 Aree a diversa suscettività al dissesto

I siti di ripascimento ricadenti nel territorio comunale di Arenzano e quelli a sud della foce del T. Leira in località Voltri ricadono in aree a suscettività al dissesto molto bassa (Pg0) di cui al comma 4, come indicato nella Figura 2-11 e nella Figura 2-12.

La disciplina applicabile a tali aree è demandata "*ai Comuni, nell'ambito della norma geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto*."

Ai sensi del comma 4 bis è stabilito che "*nelle classi di suscettività al dissesto si applicano, in ogni caso, le norme generali di carattere idrogeologico per la prevenzione del dissesto di cui all'art. 5".*

Le disposizioni del citato art. 5, al comma 2, stabiliscono che:

a) non sono consentiti gli interventi che richiedano sbancamenti e riporti, che incidano negativamente sulla configurazione morfologica esistente o compromettano la stabilità dei versanti;

b) deve essere mantenuta efficiente la rete scolante generale (fossi, cunette stradali) e la viabilità minore (interpoderale, poderale, forestale, carrarecce, mulattiere e sentieri) che, a tal fine, deve essere dotata di cunette tagli acqua e di altre opere similari;

c) in occasione di scavi connessi alla realizzazione di interventi urbanistico-edilizi, qualora sia individuata la presenza di acque sotterranee, devono essere eseguite idonee opere di intercettazione;

d) nei territori boscati in abbandono e nelle aree cespugliate e prative ex coltivi, vanno favoriti sistematici interventi di recupero qualitativo dell'ambiente mediante l'introduzione di specie arboree ed arbustive conformi alle tipologie individuate dalla normativa forestale, tenuto conto delle funzioni del loro apparato radicale a contributo del consolidamento dei suoli ;

e) le attività agro-forestali, al fine di non incidere negativamente sulla stabilità dei versanti, devono darsi carico, anche in base a specifiche normative e regolamenti di settore, di provvedere ad una adeguata gestione del soprassuolo, convogliare le acque di sorgente e di ristagno idrico nel reticolo di scolo, impostare adeguati canali di raccolta delle acque e mantenerne nel tempo la loro efficienza;

f) è fatto salvo, in ogni caso, il rispetto delle previsioni in merito alla gestione ed al miglioramento dei boschi e dei pascoli e delle relative modalità di utilizzazione previste dai Piani di assestamento ed utilizzazione del patrimonio silvo-pastorale, definiti ai sensi dell'art. 19 della l.r. n. 4/99.

Al comma 4 è stabilito che "al fine di mantenere le caratteristiche naturali del territorio, la realizzazione degli interventi di sistemazione è subordinata, per quanto possibile, all'impiego di tecniche naturalistiche, di rinaturalizzazione degli alvei dei corsi d'acqua e di opere di ingegneria ambientale volte alla sistemazione dei versanti".

Art 16 bis Aree speciali

Il sito di ripascimento a levante di Voltri ricade in Area Speciale di tipo B2 "Discariche dismesse e riporti antropici" (Figura 2-12).

Ai sensi del comma 5, "*fermo restando il rispetto delle normative vigenti in materia di gestione di discariche, per quanto concerne gli aspetti finalizzati al contenimento del rischio idrogeologico qualsiasi riutilizzo di tali areali è subordinato alla valutazione ed alla verifica preventiva, in sede di progetto, in merito all'idoneità dell'area sotto il profilo geomorfologico, idrogeologico e geotecnico alla nuova destinazione d'uso prevista*".

L'analisi di compatibilità delle opere in relazione al Piano di Bacino degli Ambiti 12 e 13 non ha evidenziato elementi di contrasto.

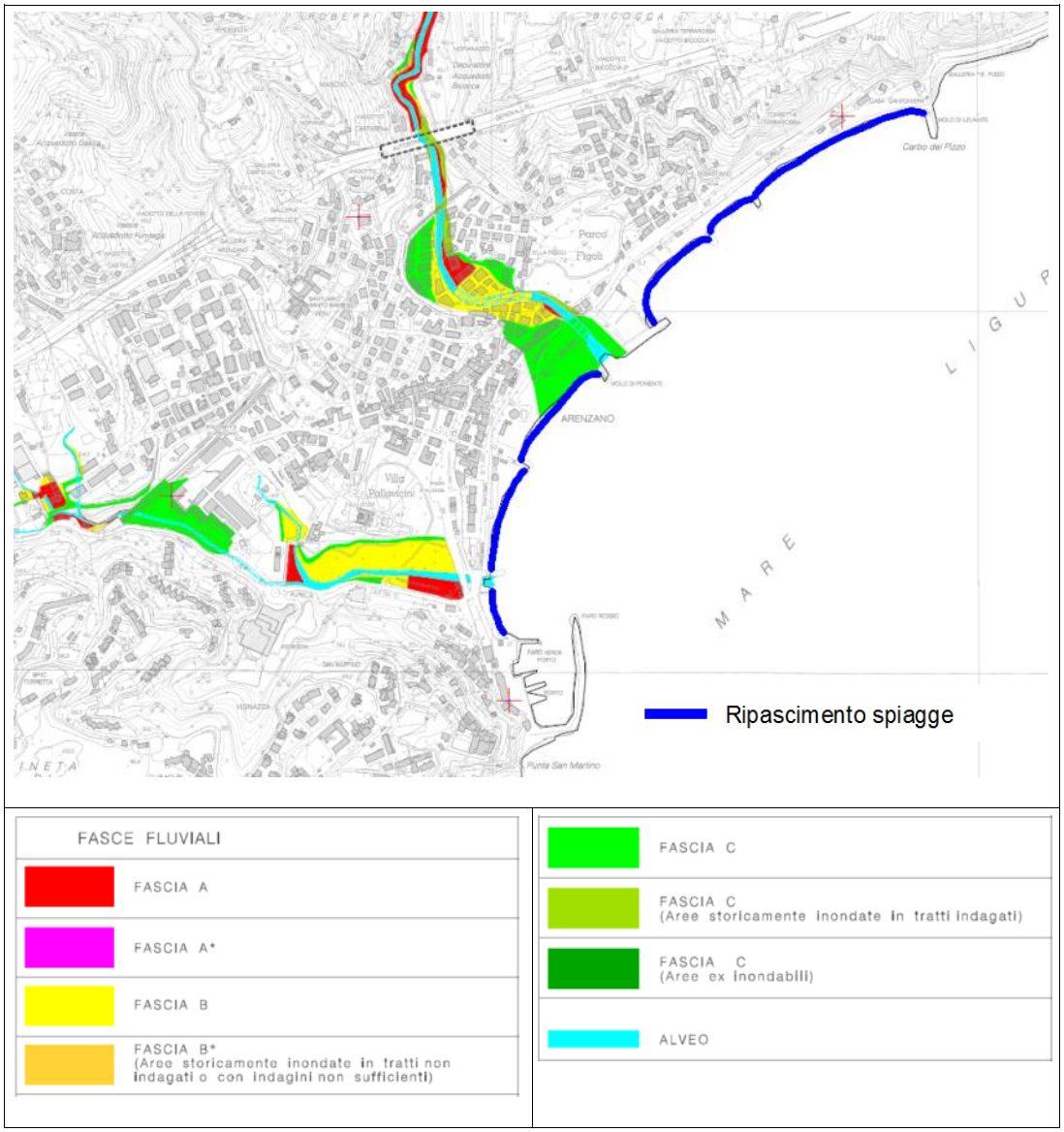


Figura 2-9 - Carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi (Piano Stralcio di Bacino degli Ambiti regionali di bacino 12 e 13, Stralcio Tavola n. 2, aggiornamento 13.04.2017)

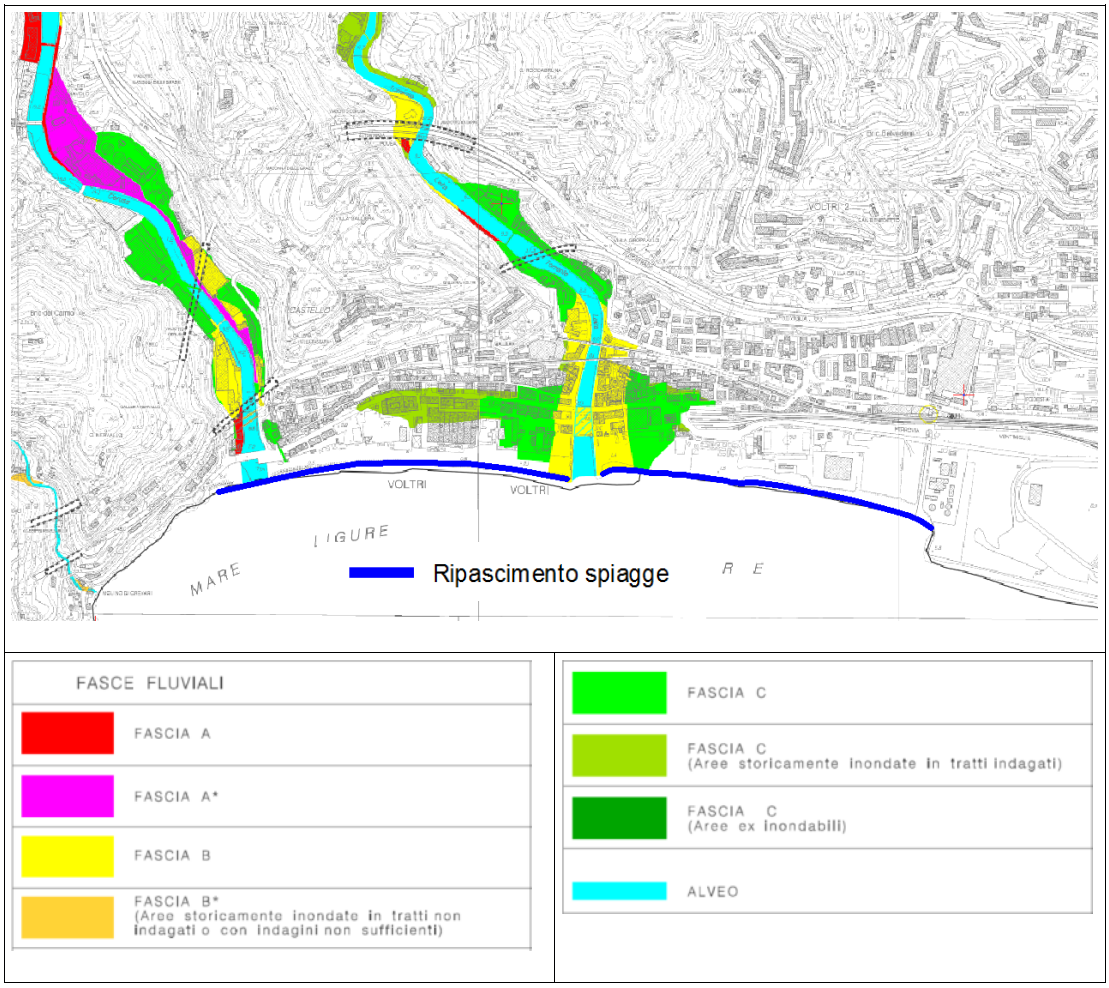
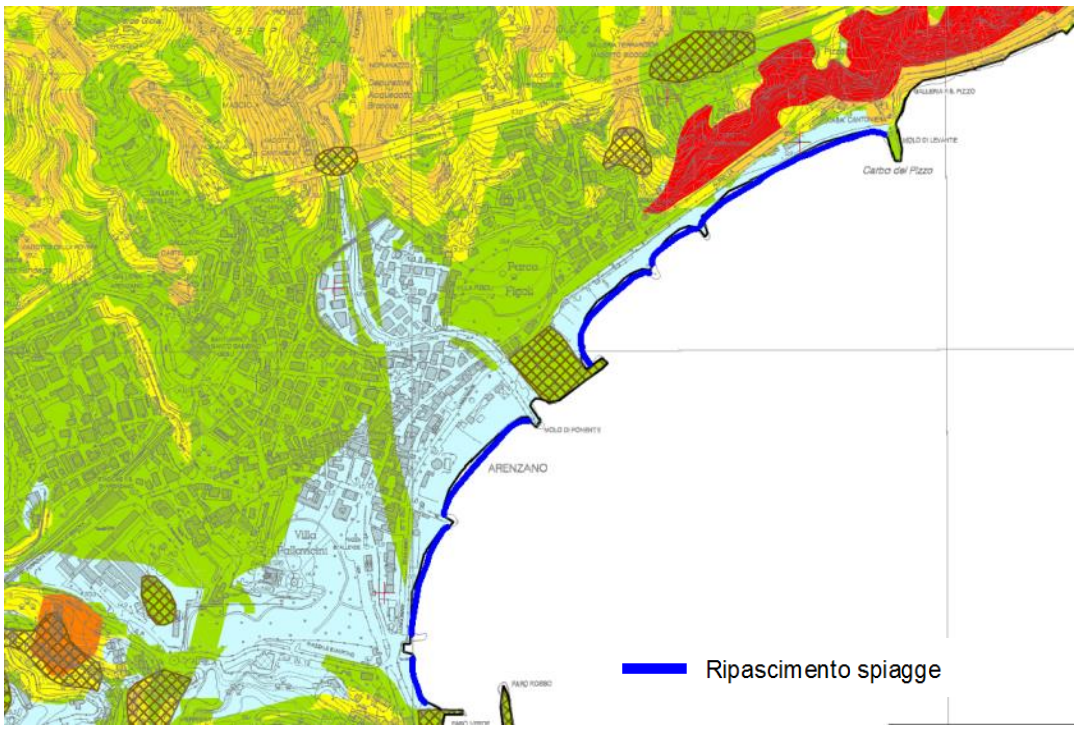


Figura 2-10 - Carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi (Piano Stralcio di Bacino degli Ambiti regionali di bacino 12 e 13, Stralcio Tavola n. 3, aggiornamento 13.04.2017)



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

Figura 2-11 - Carta della suscettività al dissesto (Piano Stralcio di Bacino degli ambiti regionali di bacino 12 e 13, Stralcio Tavola n. 213130, aggiornamento 13.02.2017)

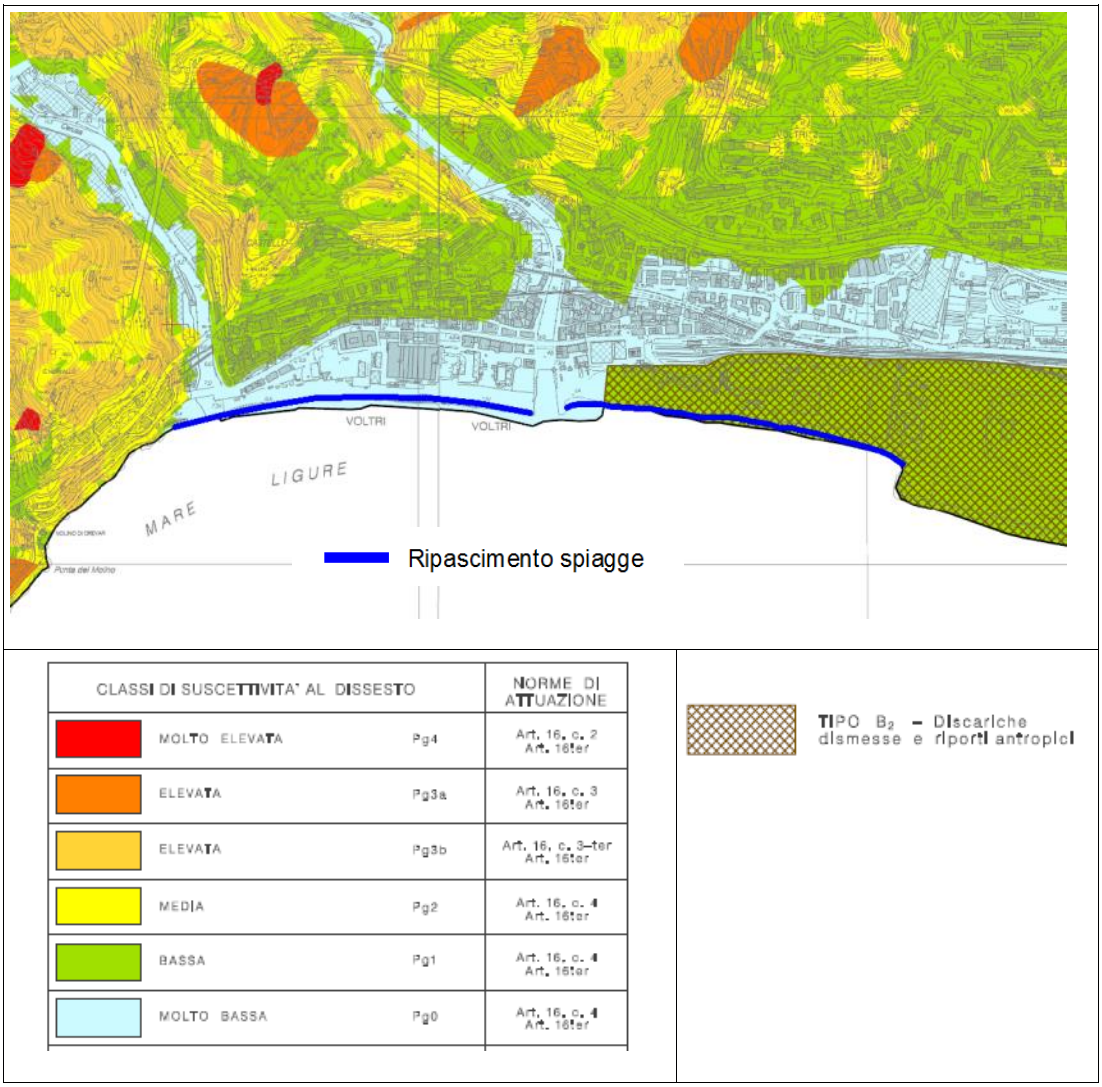


Figura 2-12 - – Carta della suscettività al dissesto (Piano Stralcio di Bacino degli ambiti regionali di bacino 12 e 13, Stralcio Tavole n. 213130 e 213140 , aggiornamento 13.02.2017)

2.3.2 *Ambito regionale di bacino 14*

Il Piano di Bacino stralcio dell'Ambito 14 è stato approvato con D.C.P. n. 66 del 12/12/2002 e modificato con variante approvata con D.G.R. n. 97 del 08/02/2017 entrata in vigore il 08/03/2017.

Il Piano comprende i territori dei Comuni di Genova, Bogliasco, Pieve Ligure, Sori, Recco.

Ai fini dell'inquadramento delle opere in oggetto si è fatto riferimento alle Norme di Attuazione vigenti modificate con D.G.P. n. 124 del 22/09/2014, e alla cartografia di piano di rilevanza per il progetto. Le Norme sono applicabili agli ambiti 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18.

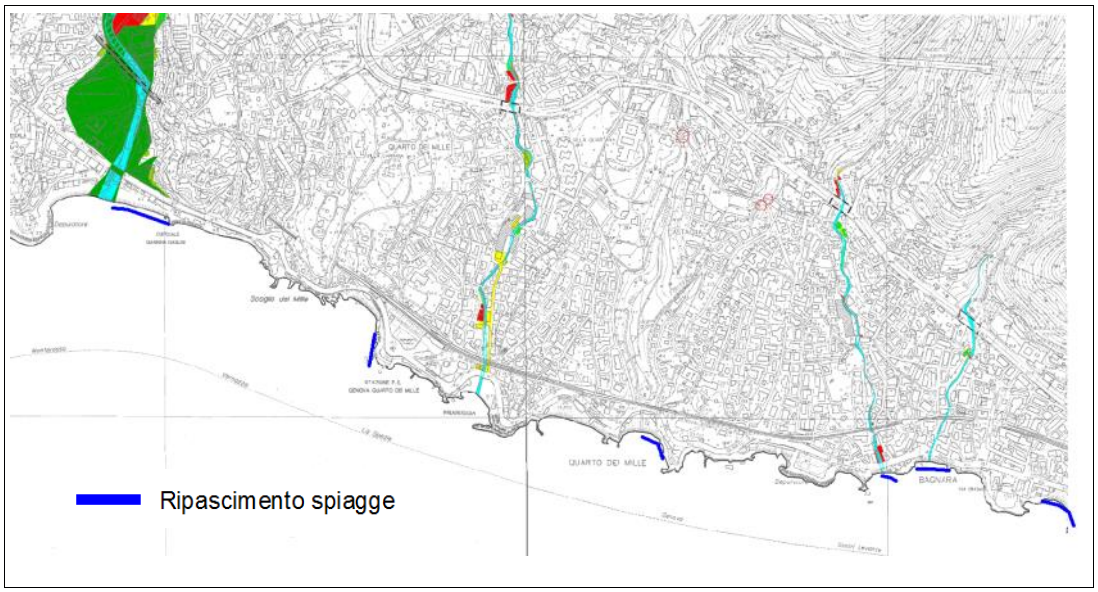
Nelle fasce di inondabilità dell'ambito 14 non ricade alcuna opera in progetto (Figura 2-13).

Art.16 Aree a diversa suscettività al dissesto

I siti di ripascimento ricadono in aree a suscettività al dissesto molto bassa (Pg0), a eccezione del sito prospiciente alla stazione ferroviaria di Quarto dei Mille e quello più a nord ricadenti in aree a suscettività al dissesto bassa (Pg1), come indicato nella Figura 2-14 e Figura 2-15.

La disciplina applicabile a tali aree è demandata "*ai Comuni, nell'ambito della norma geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto*."

Ai sensi del comma 4 bis è stabilito che "*nelle classi di suscettività al dissesto si applicano, in ogni caso, le norme generali di carattere idrogeologico per la prevenzione del dissesto di cui all'art. 5*" (circa i contenuti dell'art. 5, si veda quanto già riportato al precedente paragrafo 2.3.1.



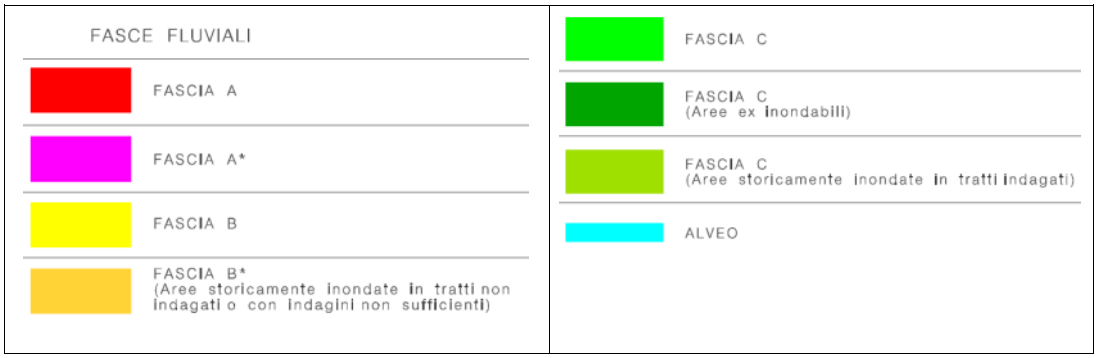
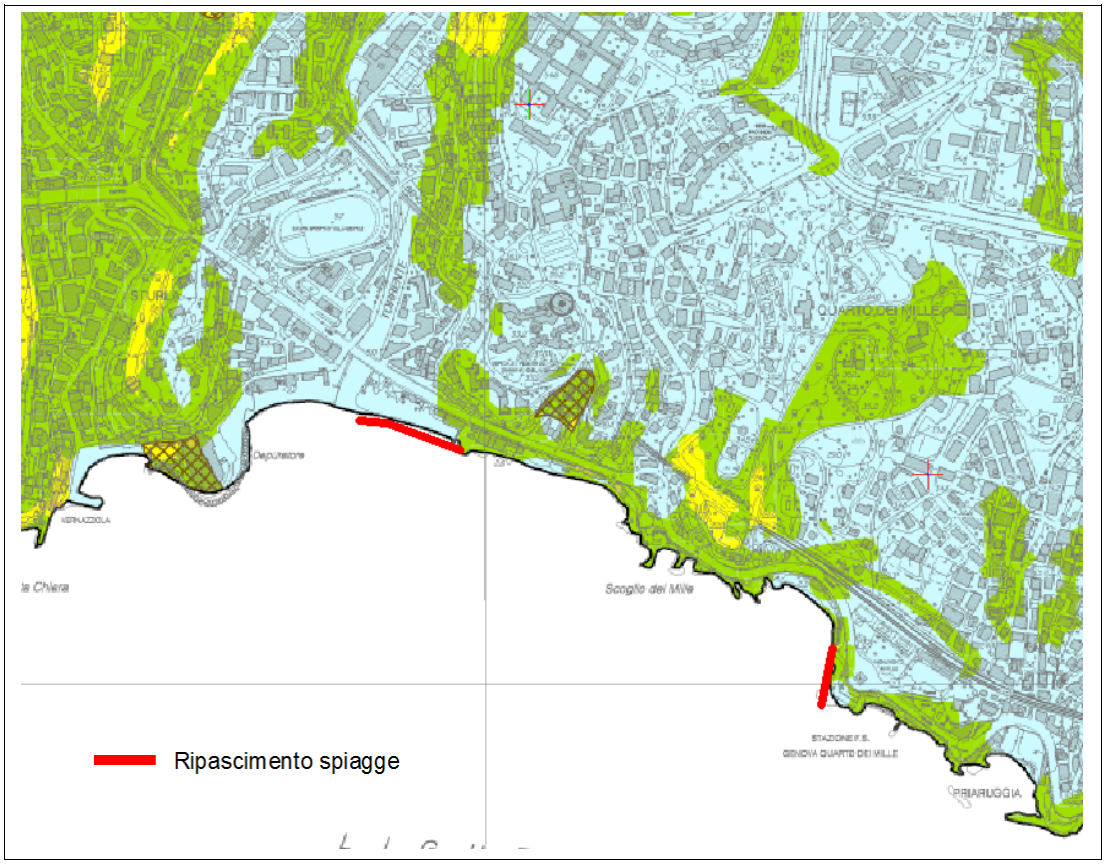


Figura 2-13 - – Carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi (Piano Stralcio di Bacino dell'ambito regionale di bacino 14, Stralcio Tavola n. 2)



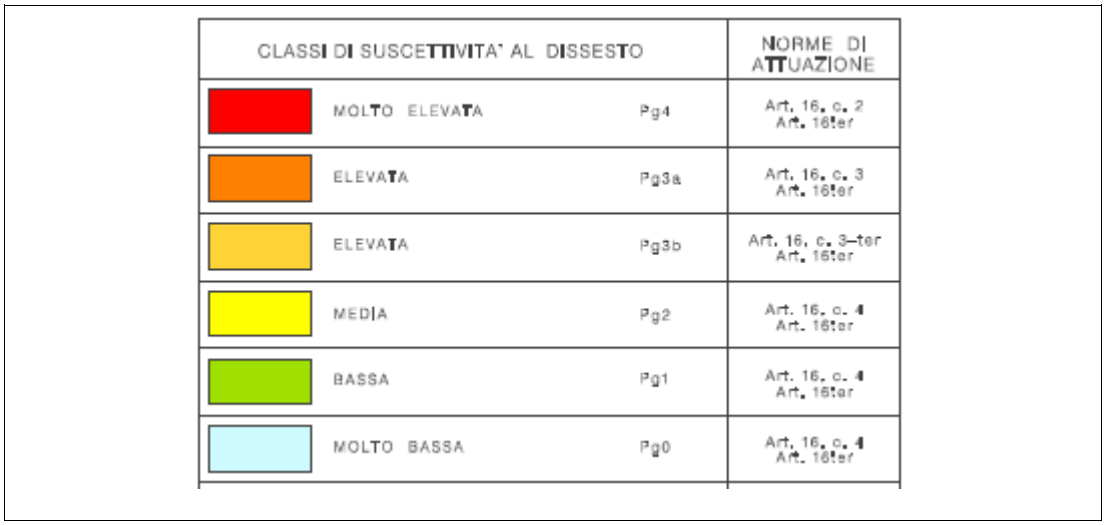
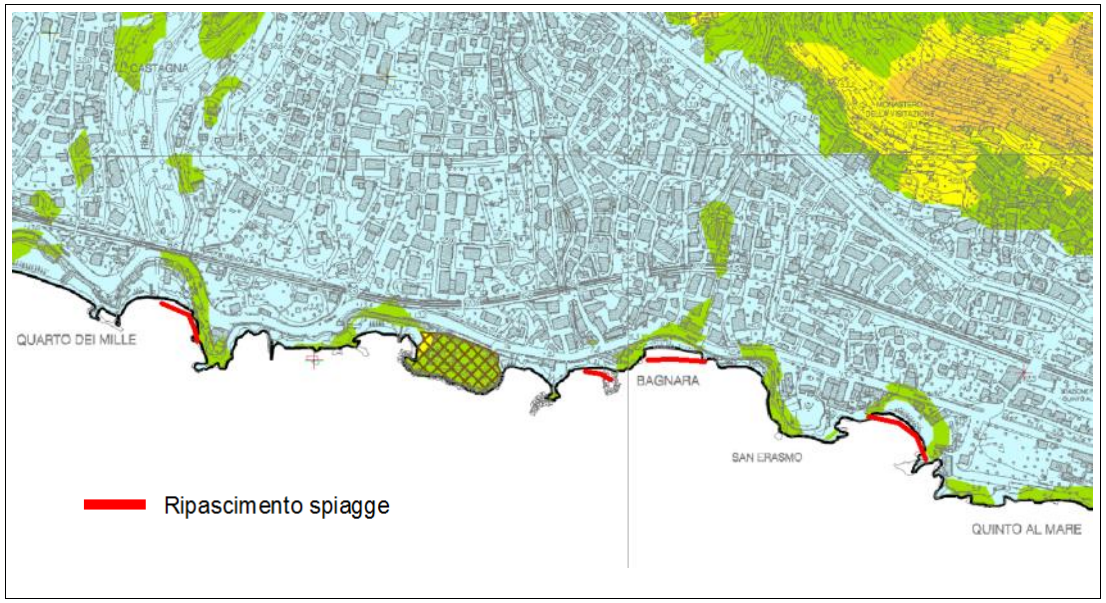


Figura 2-14 - Carta della suscettività al dissesto (Piano Stralcio di Bacino dell'ambito regionale di bacino 14, Stralcio Tavola n. 230040, aggiornamento 08.02.2017)



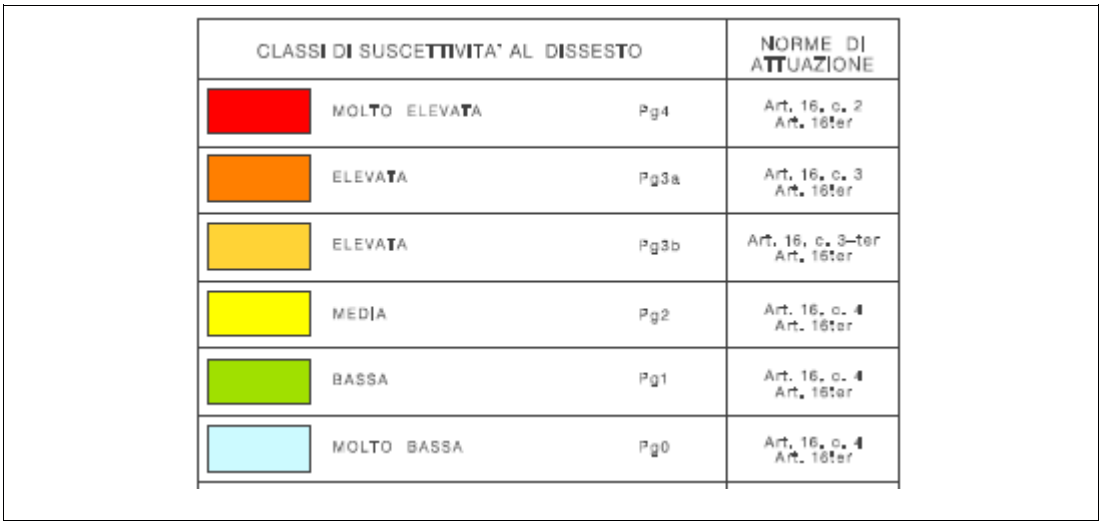


Figura 2-15 - Carta della suscettività al dissesto (Piano Stralcio di Bacino dell'ambito regionale di bacino 14, Stralcio Tavola n. 231010, aggiornata al 08.02.2017)

2.4 Piano Urbanistico Comunale di Genova

Il Piano Urbanistico Comunale (in seguito PUC), approvato con D.D. 2015/118.0.0./18 del 27/11/2015, disciplina le attività di trasformazione urbanistica dell'intero territorio comunale con l'esclusione delle aree disciplinate dal Piano Regolatore del Porto di Genova.

La struttura del Piano è organizzata in tre livelli aventi differenti gradi di efficacia:

- **Livello 1 Territoriale di Area Vasta,** i cui contenuti di inquadramento della città nel sistema infrastrutturale di collegamento con l'Europa hanno efficacia propositiva e di indirizzo per la progettazione delle trasformazioni territoriali ed infrastrutturali**;**
- **Livello 2 Urbano di Città** rappresenta l'analisi dei sistemi infrastrutturali e di servizio alla struttura insediativa, produttiva e dei servizi urbani, avente efficacia direttiva suscettibile di modificazioni ed integrazioni in ragione dello sviluppo delle diverse componenti e dell'attuazione delle previsioni di trasformazione del territorio;
- **Livello 3 Locale di Municipio** i cui contenuti disciplinano gli interventi sul territorio sotto il profilo urbanistico-edilizio, idrogeologico, paesaggistico e ambientale, avente efficacia prescrittiva non suscettibile di applicazione diversa da quella indicata.

Ai fini dell'inquadramento delle opere in progetto si è fatto riferimento al **Livello 3 Locale di Municipio** che comprende le zonizzazioni di seguito elencate:

- **Assetto urbanistico:** delimitazione di Ambiti di Conservazione e di Riqualificazione, distretti di Trasformazione, rete delle infrastrutture per la mobilità urbana e locale, localizzazione dei servizi di scala locale, gli assetti infrastrutturali appartenenti ai Livelli 1 e 2 con i relativi gradi di efficacia delle previsioni;
- **Vincoli geomorfologici e idraulici**: delimitazione di aree soggette a specifiche limitazioni dell'attività edilizia per la presenza di dissesti idrogeologici;
- **Zonizzazione geologica del territorio**: delimitazione dei diversi gradi di suscettività d'uso del territorio;
- **Sistema dei Servizi pubblici SIS-S**: localizzazione di tutti i servizi pubblici di interesse generale e locale, suddivisi nelle categorie: istruzione, interesse comune, verde pubblico, gioco e sport, spazi pubblici attrezzati, parcheggi pubblici;
- **Livello paesaggistico puntuale del P.U.C**.: individuazione degli elementi territoriali aventi rilevanza agli effetti della tutela paesaggistica e la relativa disciplina (efficacia prescrittiva);
- **Ambito di Conservazione del Centro Storico Urbano AC-CS**: indicazione delle categorie degli edifici, comprensive degli elementi e caratteri storici significativi che li qualificano (efficacia di direttiva), e la perimetrazione delle aree inidonee alla realizzazione di nuovi parcheggi (efficacia prescrittiva).

2.4.1 Assetto urbanistico

Le opere in progetto interessano differenti ambiti dell'assetto urbanistico comunale nei quali vige specifica disciplina d'uso del territorio come stabilito dalle **Norme di Conformità - Disciplina Urbanistico-Edilizia** (aggiornamento Ottobre 2016) alle quali si è fatto riferimento per la verifica di compatibilità.

Gli ambiti dell'assetto urbanistico interessati, sono stati individuati a partire dalla sovrapposizione degli elementi progettuali di carattere permanente e provvisorio alla cartografia dell'Assetto Urbanistico i cui stralci di inquadramento territoriale sono riportati nel seguito. In calce agli stralci cartografici sono riportati i vincoli e le aree di tutela pertinenti.

Oltre alle zonizzazioni riportate in tabella, si evidenzia l'esistenza del **Distretto di trasformazione n. 1 Voltri Litorale di Levante,** disciplinato dalle **Norme di congruenza**, in corrispondenza dell'area di ripascimento denominata "P.ILa" prevista a Voltri Levante.

L'**asse di relazione "città-porto"** indicato nello stralcio della cartografia di Assetto Urbanistico di cui alla Figura 2-16 si riferisce a Voltri Litorale di Levante non è interferito direttamente dai ripascimento in quanto riguarda il percorso ciclo–pedonale, fra l'abitato di Voltri e gli interventi di riqualificazione della parte a levante del terminal portuale.

Denominazione ambito/area	Opera o attività progettuale di riferimento
AR-PU Ambito di Riqualificazione Urbanistica Produttivo – Urbano	cantiere ex canile
ACO-L Ambito Complesso per la Valorizzazione del Litorale	
Fronte mare di Voltri (arco costiero di riqualificazione)	Ripascimenti
Litorale di Crevari (arco costiero di conservazione)	Ripascimenti
Fronte mare di Sturla (arco costiero di riqualificazione)	Ripascimenti
Litorale Quarto-Quinto (arco costiero di riqualificazione)	Ripascimenti
Fronte mare di Quinto (arco costiero di riqualificazione)	Ripascimenti
Punta Vago-San Giuliano (arco costiero di riqualificazione)	Opera di sbocco

Tabella 4 – PUC Genova - Ambiti dell'assetto urbanistico di interesse per il progetto

La disciplina d'uso negli ambiti di riferimento per il progetto è stabilita dalle Norme di Conformità-Disciplina Urbanistico-Edilizia.

La verifica di compatibilità ha evidenziato che le opere ricadenti nell'Ambito complesso per la valorizzazione del litorale **ACO-L** non presentano elementi di contrasto con la disciplina dell'Assetto Urbanistico.

Nell'Ambito complesso per la valorizzazione del litorale **ACO-L**, l'obiettivo generale è la valorizzazione dei tratti di costa aventi rilevanza paesaggistica, naturalistica e ambientale, riqualificazione dei tratti urbanizzati ed integrati nel tessuto storico della città, sviluppo della fruizione pubblica della costa e attiva del mare.

In tali ambiti, fermo restando le funzioni ammesse dal PUC, sono ammessi gli interventi di ripascimento degli arenili in Aree demaniali, come stabilito dalla L.R. 13/1999:

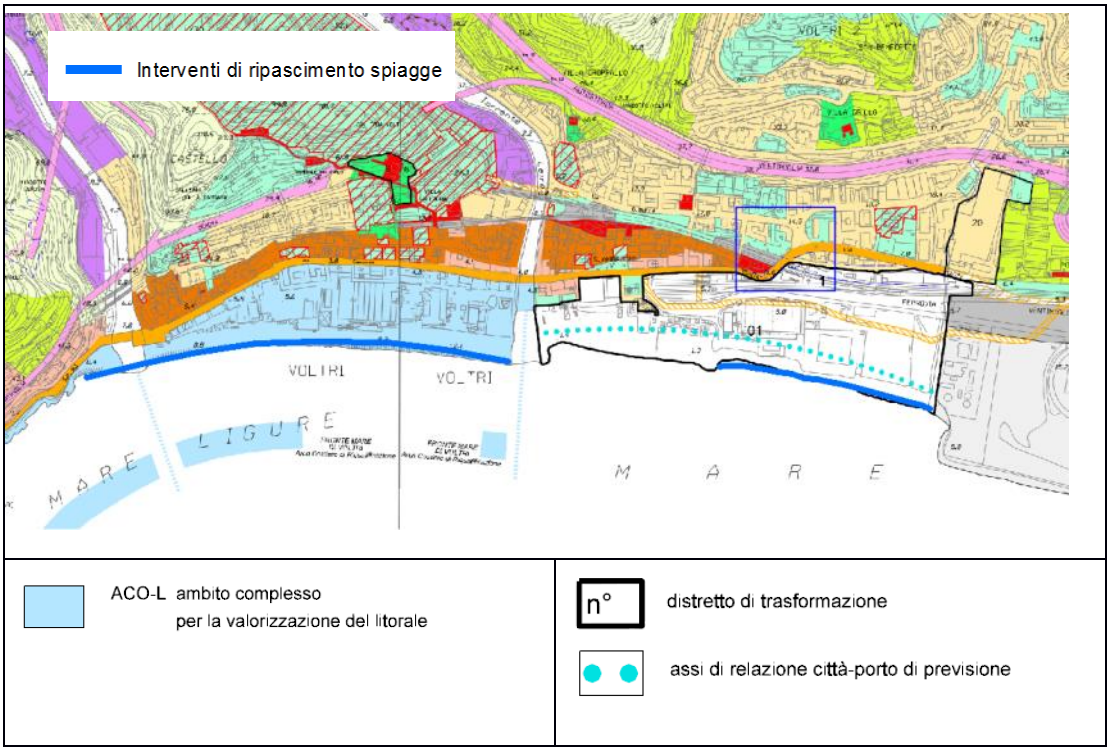


Figura 2-16 – Inquadramento delle aree di ripascimento - Livello 3 - Assetto Urbanistico (PUC, Stralcio delle tavole 23 e 24)

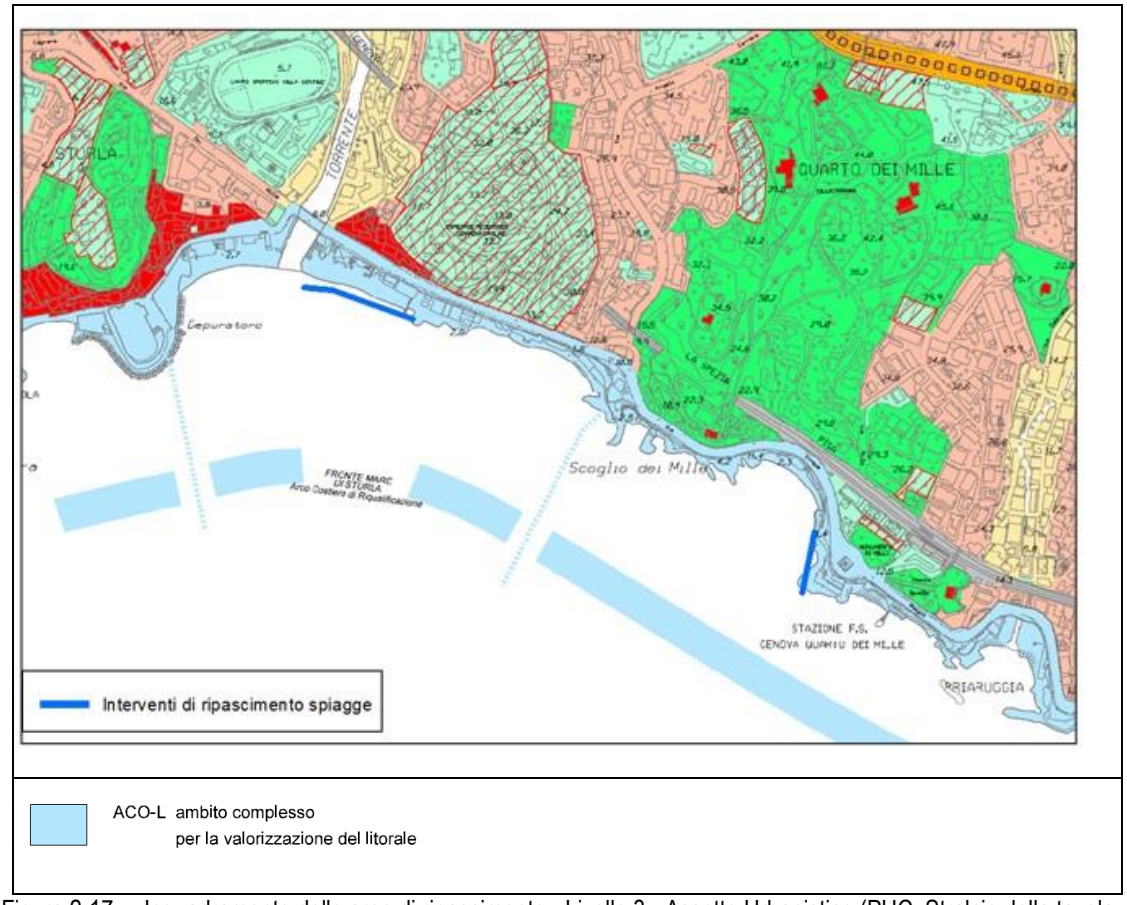


Figura 2-17 – Inquadramento delle aree di ripascimento - Livello 3 - Assetto Urbanistico (PUC, Stralcio della tavola 44)

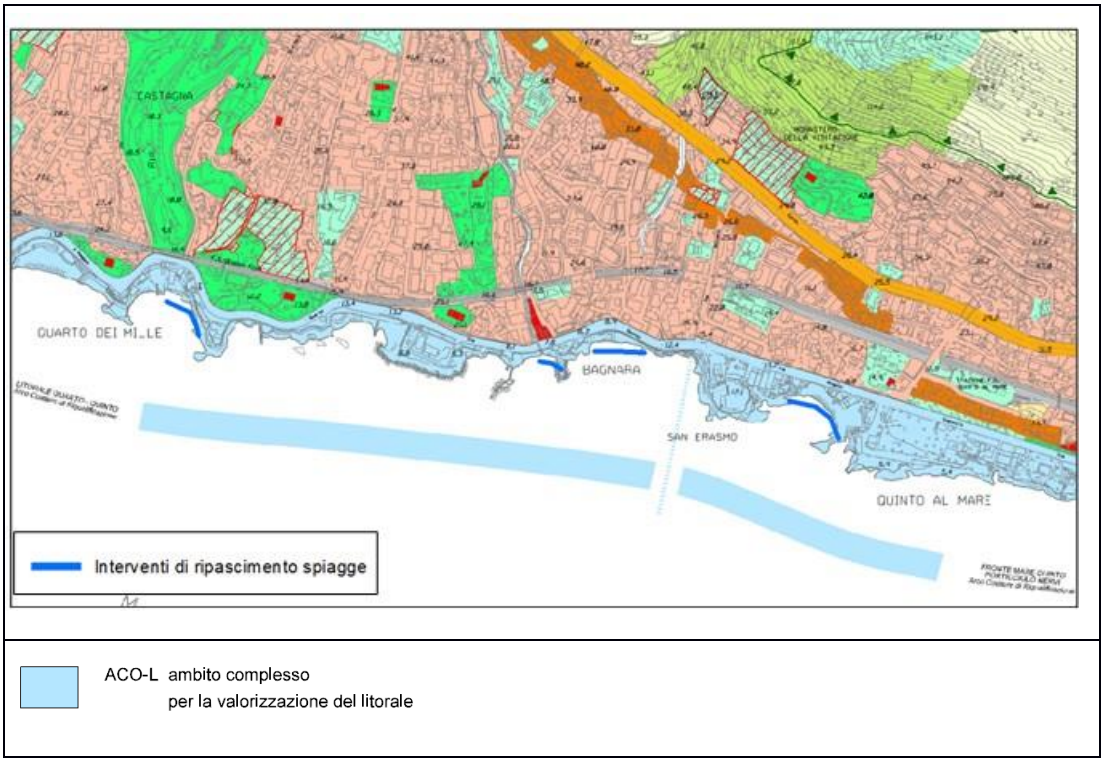


Figura 2-18 – Inquadramento delle aree di ripascimento - Livello 3 - Assetto Urbanistico (PUC, Stralcio della tavola 45)

2.4.2 *Livello paesaggistico puntuale*

La disciplina paesistica di livello puntuale costituisce specificazione delle indicazioni di livello locale del PTCP, con particolare riguardo agli aspetti qualitativi, nonché specificazione del Sistema del Verde del PTC provinciale.

Nel Livello Paesaggistico Puntuale sono individuate la Struttura Urbana Qualificata (SUQ), le componenti del paesaggio di rilevante valore, gli archi costieri, i nuclei storici, le emergenze paesaggistiche e i sistemi di paesaggio, che possono anche avere disciplina paesistica specifica.

La conformità degli interventi deve essere verificata in relazione alla disciplina urbanistica e paesaggistica.

Gli elementi territoriali di rilevanza in relazione alla tutela paesaggistica presenti nel territorio comunale sono riportati nella cartografia di Livello paesaggistico puntuale e disciplinati dalle **Norme di conformità – Disciplina paesaggistica di livello puntuale** (aggiornamento Maggio 2017) alle quali si è fatto riferimento per la verifica di compatibilità.

Nella Tabella 5 sono individuati gli elementi paesaggistici di interesse ottenuti a partire dalla sovrapposizione delle aree di intervento alla cartografia del Livello Paesaggistico i cui stralci di inquadramento sono riportati nel seguito. In calce agli stralci cartografici sono riportati i vincoli e le aree di tutela pertinenti.

Elemento di rilevanza paesaggistica	Opera/attività di riferimento
Corso d'acqua	Interventi sul torrente Bisagno
Ambito di paesaggio costiero	
Fronte mare di Voltri	Ripascimenti
Litorale di Crevari	Ripascimenti
Fronte mare di Sturla	Ripascimenti
Litorale Quarto-Quinto	Ripascimenti
Fronte mare di Quinto	Ripascimenti
Punta Vago-San Giuliano	Opera di sbocco
Struttura urbana qualificata	Ripascimenti, interventi sul torrente Bisagno

Tabella 5 – PUC Genova - Individuazione degli elementi di rilevanza paesaggistica nelle aree di intervento

L'analisi di compatibilità non ha riscontrato elementi di contrasto tra le opere in progetto e la disciplina paesaggistica puntuale.

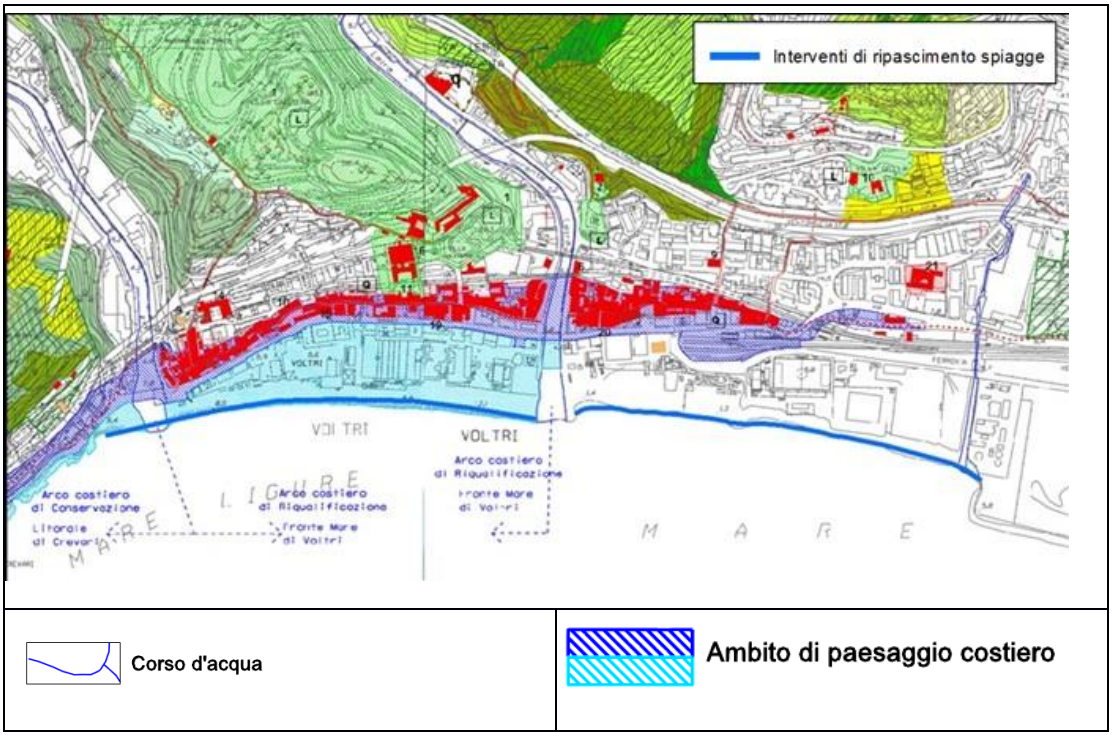


Figura 2-19 – Inquadramento delle aree di ripascimento - Livello 3 Locale di Municipio - Livello Paesaggistico Puntuale (PUC, Stralcio delle tavole 23 e 24)

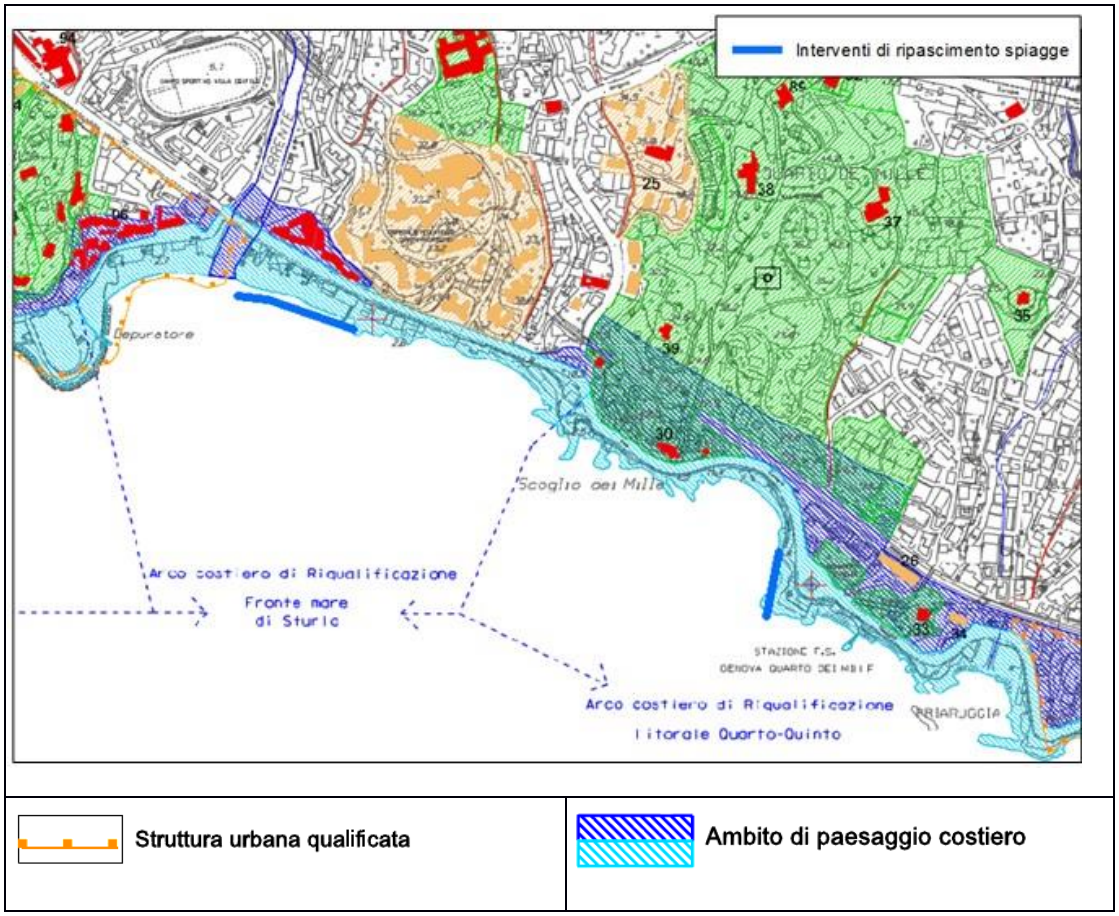


Figura 2-20 – Inquadramento della aree di ripascimento - Livello 3 Locale di Municipio - Livello Paesaggistico Puntuale (PUC, Stralcio della tavola 44)

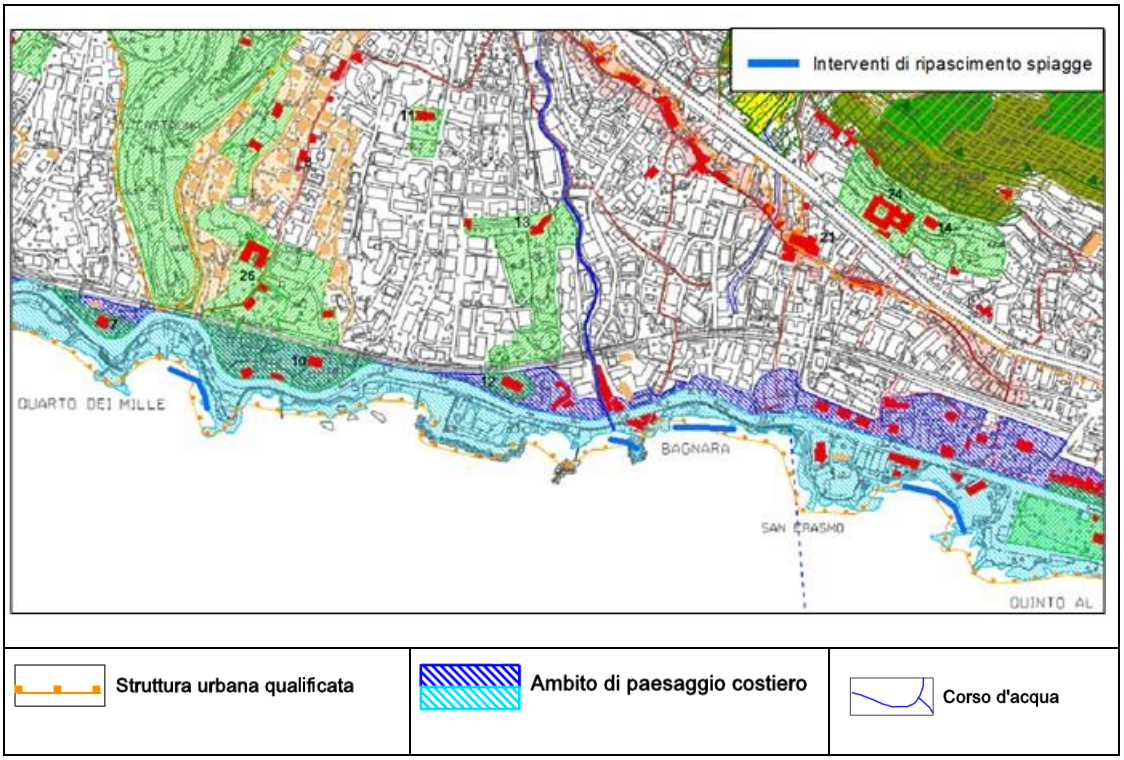


Figura 2-21 – Inquadramento delle aree di ripascimento - Livello 3 Locale di Municipio - Livello Paesaggistico Puntuale (PUC, Stralcio della tavola 45)

2.4.3 Componente geologica

L'inquadramento delle opere in progetto nella zonizzazione di carattere geomorfologico, idraulico e idrogeologico del territorio comunale è stato effettuato a partire dagli elaborati cartografici di Livello 3, aventi valore prescrittivo, dalle **Norme Geologiche** e dalle **Norme Generali** per gli aspetti idraulici ed idrogeologici, in particolare all'art. 14 "Norme di rilevanza ambientale".

Le Norme Geologiche si riferiscono alla zonizzazione geologica individuata nella carta "**Zonizzazione geologica e suscettività d'uso del territorio**", mentre i vincoli e le prescrizioni di carattere urbanistico-edilizio che potrebbero limitare l'attività edificatoria sono riportati nella carta "**Vincoli geomorfologici e idraulici**". Quest'ultima riporta anche i vincoli e le limitazioni poste dai vari Piani di Bacino (agg. al 31/05/2017) e costituisce solo un riferimento indicativo, per cui occorrerà sempre e comunque verificare la normativa e la cartografia dei Piani di bacino vigenti al momento della presentazione di una pratica urbanistico-edilizia.

La normativa è strutturata su due diversi livelli:

- norme di carattere generale valide comunque su tutto il territorio comunale;

- norme specifiche, corrispondenti alle diverse zone in cui è stato suddiviso il territorio comunale in termini di "suscettività d'uso", riportate nella cartografia di zonizzazione geologica del territorio.

I vincoli vigenti nelle aree di intervento, elencati nella Tabella 6, sono stati individuati a partire dalla sovrapposizione degli elementi progettuali con la cartografia tematica sopracitata i cui stralci sono riportati nel seguito. In calce agli stralci cartografici sono riportati i vincoli e le aree di tutela pertinenti.

Si evidenzia che la realizzazione della galleria scolmatrice del Bisagno risponde all'indirizzo strategico di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico del bacino delineato dal "Piano di Bacino stralcio per la tutela del rischio idrogeologico del Torrente Bisagno" ed è individuata tra le azioni strutturali da attuare nel territorio.

Vincoli Geomorfologici e Idraulici	**Opera di riferimento**
Vincoli idraulici imposti dai sovraordinati piani di bacino	
Alveo attuale	ripascimenti
Aree inondabili con diverso tempo di ritorno	ripascimenti
Acquiferi significativi – Piano di tutela delle Acque	
Area con suscettività d'uso non condizionata (zona A)	ripascimenti
Area con suscettività d'uso parzialmente condizionata (zona B)	ripascimenti

Tabella 6 – PUC Genova - Individuazione dei vincoli geomorfologici e idraulici nelle aree di intervento

Di seguito si riportano le disposizioni contenute nelle Norme Geologiche di interesse per le opere in progetto. Si evidenzia che laddove le norme condizionino l'ammissibilità degli interventi ad accertamenti tecnici, indagini e presentazione di idonea documentazione, per tali aspetti si rimanda all'articolo di riferimento

Art. 23 Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata (ZONE B)

Ricadono nelle aree disciplinate dall'art. 23 il cantiere ex canile, l'opera di sfioramento e presa Bisagno, la briglia, i ripascimenti, l'opera di sbocco a mare e l'imbocco della galleria scolmatrice. Tali aree "*presentano condizionamenti eliminabili con interventi di piccola o media difficoltà e onerosità.*

In tali aree le condizioni geologiche rilevate, in senso lato, non pongono in rilievo fenomeni geologici negativi in atto, ma solo possibili problemi connessi ai rapporti esistenti tra substrato roccioso e coltri o depositi alluvionali o coperture incoerenti o semicoerenti, di spiaggia, nonché difficoltà di ordine geotecnico, pur trovandosi in aree pianeggianti o in debole pendio…

Le problematiche essenziali di tali zone sono legate alla localizzazione in profondità del substrato lapideo della formazione di base e alle caratteristiche geotecniche dei materiali sciolti, per la scelta e dimensionamento delle soluzioni fondazionali.

Dal punto di vista sismico i sedimenti alluvionali e marini con spessori maggiori di 3 m ricadono tra le "zone stabili suscettibili di amplificazione locale" della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, a corredo del presente Piano…"

Ai fini dell'applicazione delle norme è necessario condurre accertamenti specifici i cui contenuti tecnici sono definiti dal presente articolo al quale si rimanda.

L'analisi di compatibilità delle opere in relazione alla componente geologica del PUC di Genova non ha evidenziato elementi di contrasto.

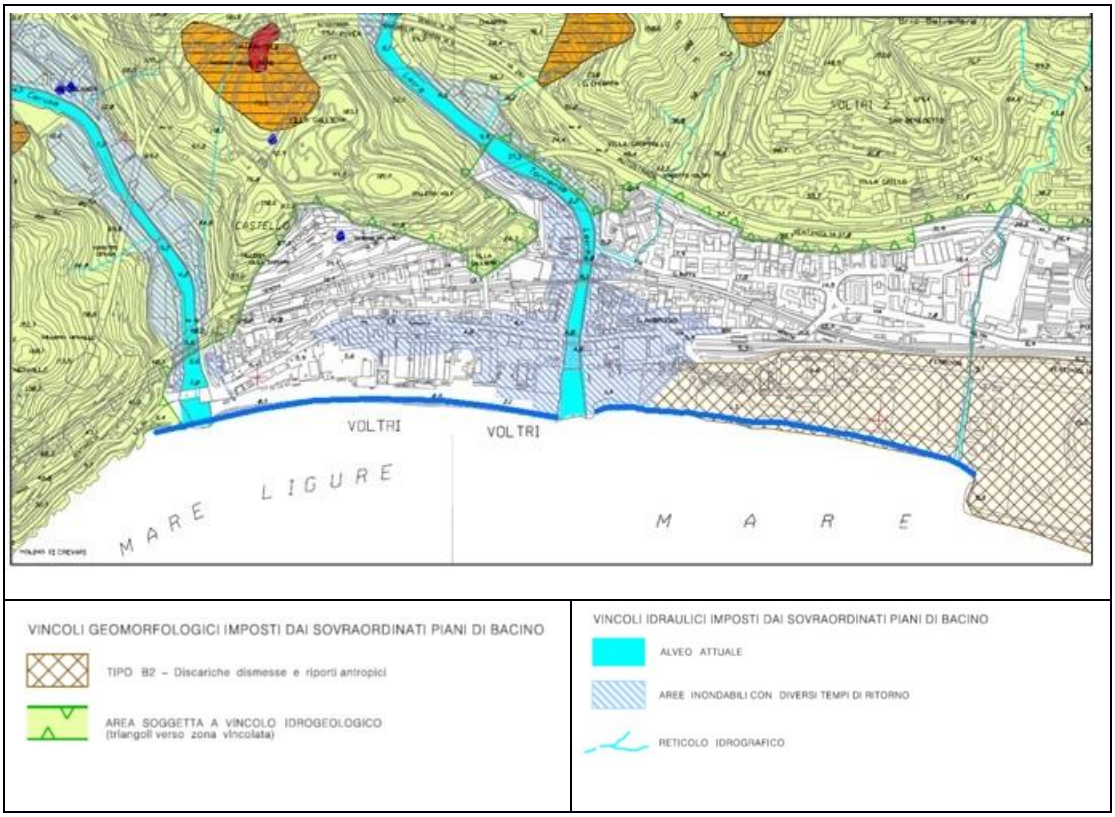


Figura 2-22 – Inquadramento delle aree di ripascimento - Livello 3 - Vincoli Geomorfologici ed Idraulici (PUC, Stralcio delle tavole 23 e 24)

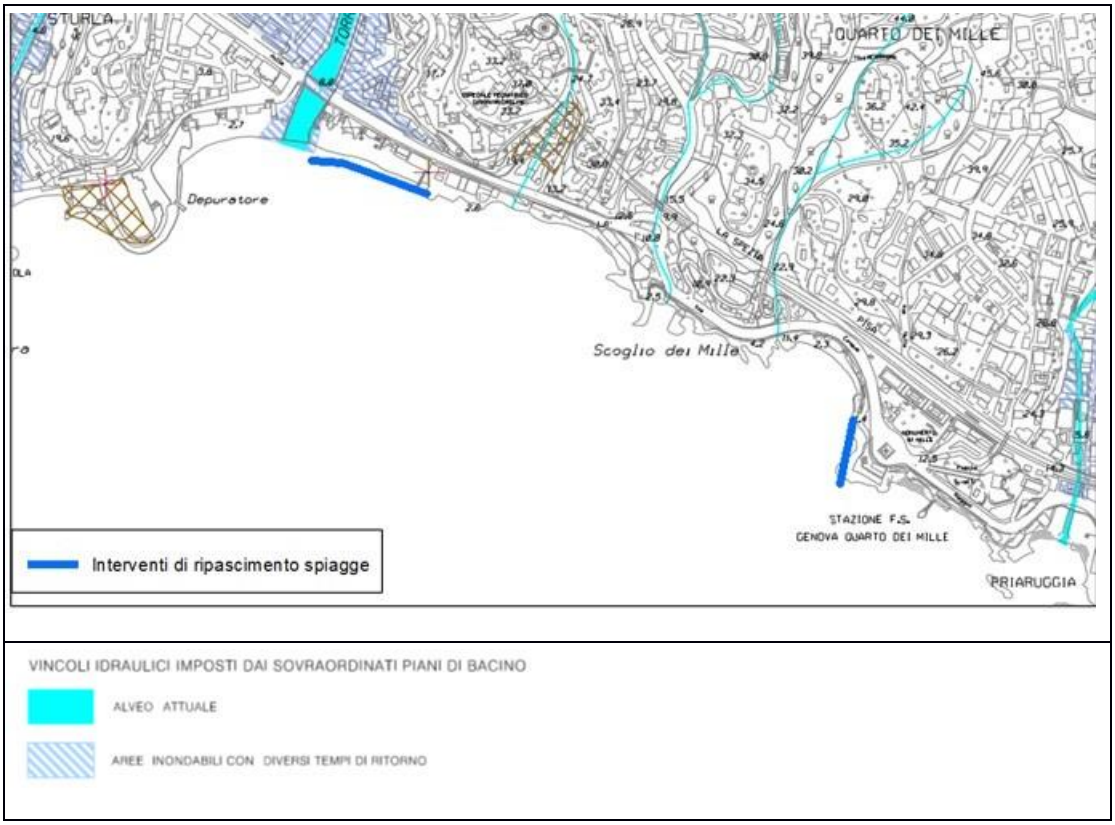


Figura 2-23 – Inquadramento delle aree di ripascimento - Livello 3 - Vincoli Geomorfologici ed Idraulici (PUC, Stralcio della tavola 44)

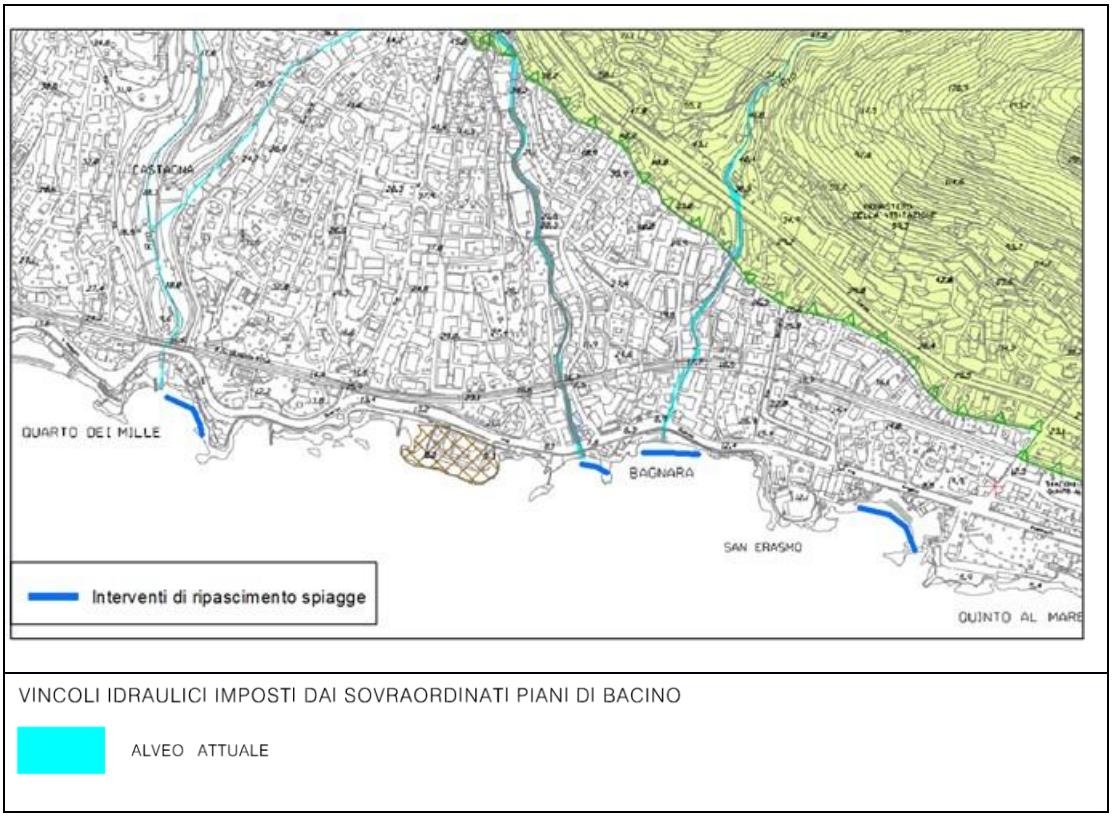


Figura 2-24 – Inquadramento delle aree di ripascimento - Livello 3 - Vincoli Geomorfologici ed Idraulici (PUC, Stralcio della tavola 45)

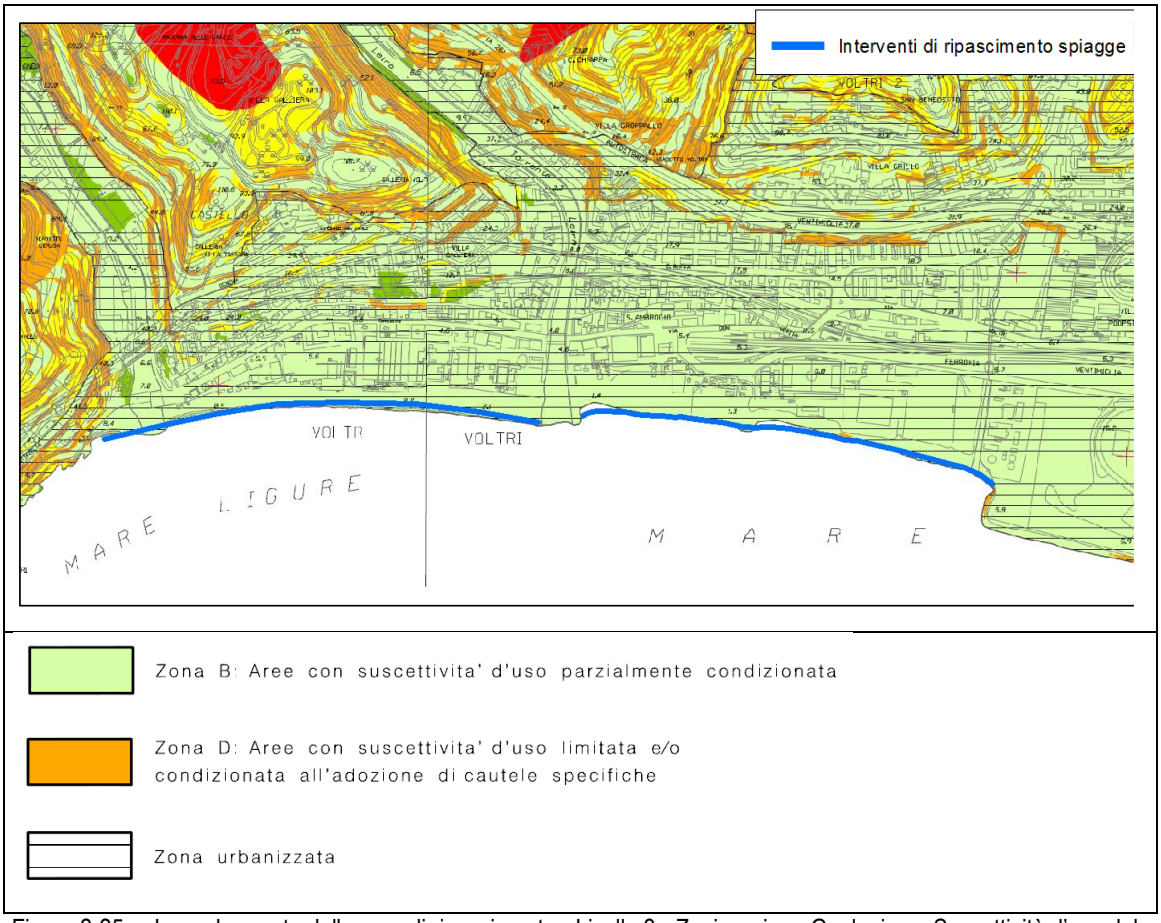


Figura 2-25 – Inquadramento delle aree di ripascimento - Livello 3 - Zonizzazione Geologica e Suscettività d'uso del Territorio (PUC, Stralcio delle tavole 23 e 24)

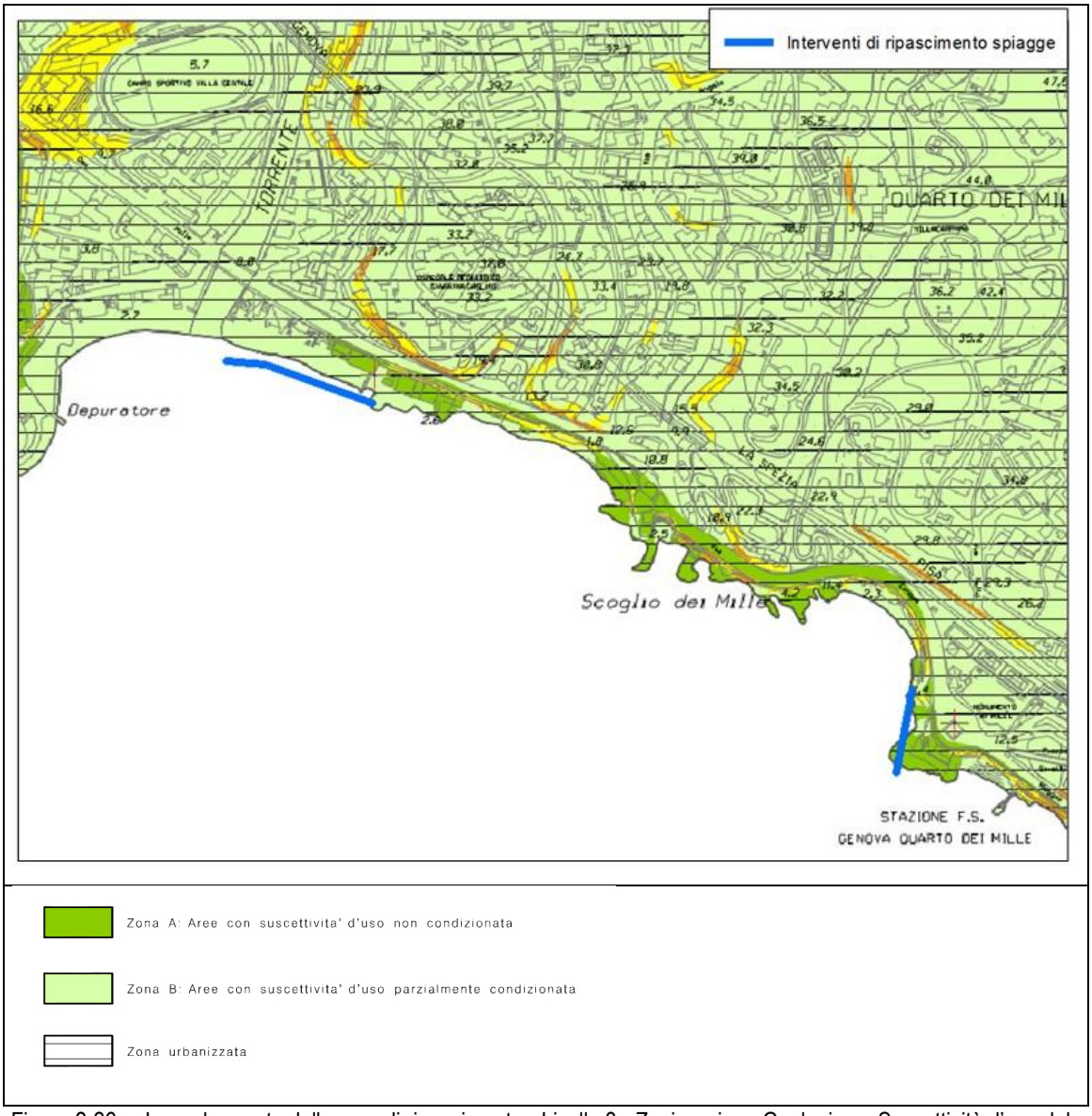


Figura 2-26 – Inquadramento delle aree di ripascimento - Livello 3 - Zonizzazione Geologica e Suscettività d'uso del Territorio (PUC, Stralcio della tavola 44)

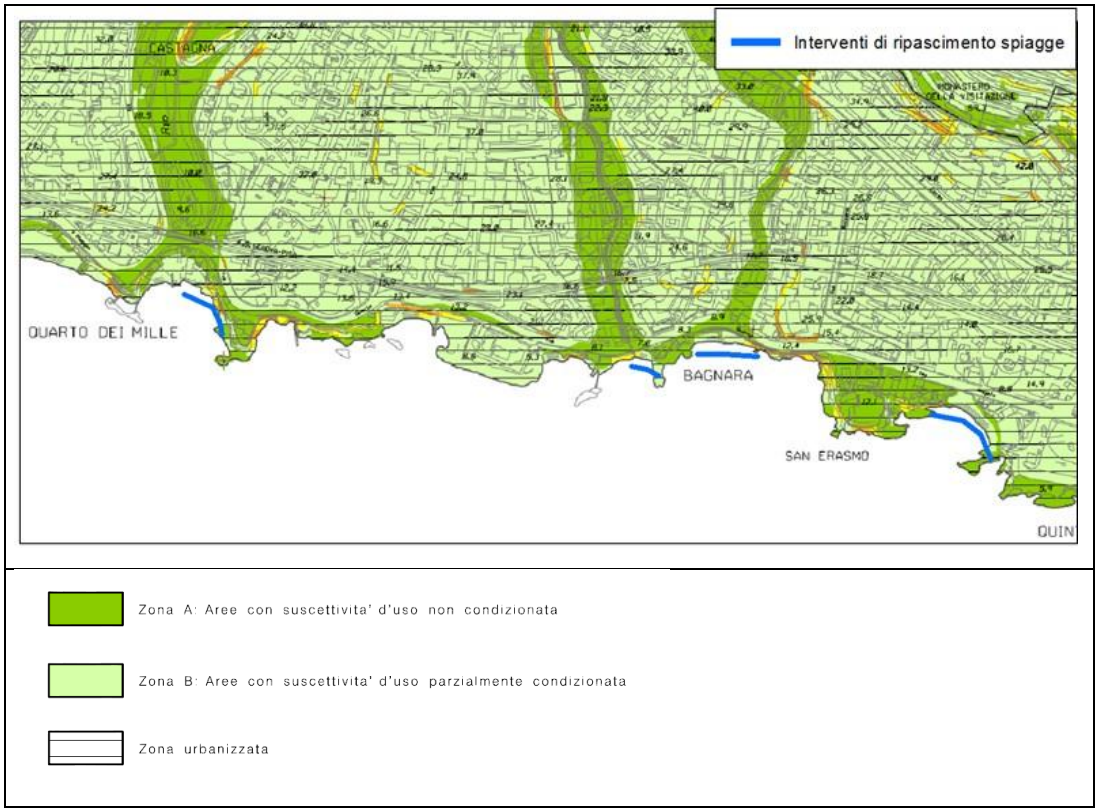


Figura 2-27 – Inquadramento delle aree di ripascimento - Livello 3 - Zonizzazione Geologica e Suscettività d'uso del Territorio (PUC, Stralcio della tavola 45)

L'analisi di compatibilità delle opere in relazione alle norme di rilevanza ambientale non ha evidenziato elementi di contrasto.

2.5 Piano Urbanistico Comunale di Arenzano

Il Piano Urbanistico Comunale di Arenzano (di seguito PUC) è stato approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n. 754 del 20/09/2017, con contestuale approvazione di varianti al PTCP.

Gli elaborati definitivi del PUC, modificati con i contenuti di cui alla citata delibera, sono in fase di rielaborazione e pubblicazione. Pertanto, ai fini dell'analisi di compatibilità dell'opera in progetto, si è fatto riferimento alla documentazione consultabile alla voce "Adeguamento alla DGR 179/2017" disponibile nel sito web officiale del comune, come dalle istruzioni di utilizzo fornite dall'ufficio competente.

Il PUC disciplina le attività di trasformazione fisica e funzionale, di rilevanza urbanistica ed edilizia, nel territorio comunale.

Il territorio comunale è suddiviso in ambiti di conservazione/riqualificazione e distretti di trasformazione, in ambiti territoriali destinati al presidio ambientale ovvero non insediabili, nonché in aree di produzione agricola.

Nel Comune di Arenzano ricadono esclusivamente i siti di ripascimento delle spiagge, come descritto nel par. XX. Ai fini del loro inquadramento nella pianificazione comunale sono stati esaminati i seguenti atti normativi:

- Norme generali di attuazione (aggiornamento marzo 2017);
- Norme di livello puntuale di P.T.C.P. (aggiornamento marzo 2017);
- Norme geologiche di attuazione (aggiornamento marzo 2017);
- Norme di conformità-regole di congruenza: ambiti e distretti (aggiornamento marzo 2017);
- elaborati grafici di indirizzo pianificatorio-normativo.

Le norme del PUC hanno valenza subordinata in relazione alla pianificazione di bacino e, pertanto, la realizzazione di qualunque intervento è soggetta alla conformità rispetto alla normativa del Piano di Bacino.

2.5.1 Inquadramento generale

La Figura 2-28 riporta l'inquadramento dei siti di ripascimento in relazione all'articolazione del territorio comunale definita dal PUC.

Tutti i siti ricadono all'interno dell'**Ambito Costiero – arenili (n. 12 R)** con indirizzo di riqualificazione. A levante si segnala la presenza dell'**Unita di Intervento 12.5** riguardante la ristrutturazione dell'arenile, delle attrezzature pubbliche e degli spazi per la sosta veicolare Costa di Levante sino al Garbo del Pizzo.

La disciplina applicabile all'ambito 12R è descritta nelle **Norme di conformità - regole di congruenza** da una specifica scheda di cui sono riportati nel seguito gli indirizzi più significativi ai fini dell'intervento in progetto.

La scheda normativa contiene la descrizione dell'intervento in UI 12.5 classificato come "progetto di iniziativa pubblica" (progetto di opere pubbliche con conferenza dei servizi ex l.241/90 e s.m.i., in aree totalmente pubbliche), esteso a tutto il sub ambito Ui, e avente come oggetto la risistemazione del tracciato dell'Aurelia:

- con la creazione di una banchina a sbalzo (preferenzialmente nel tratto dal cimitero alla galleria), per far spazio ai parcheggi funzionali agli stabilimenti balneari, integrando la passeggiata pedonale che corre a livello spiaggia con la pista ciclabile che invece si dovrebbe ricavare a livello stradale garantendo la percorrenza ciclo pedonale lungo tutta l'estensione dell' Ui e le connessioni con la stessa percorrenza ad est ed ad ovest;
- ripristino dell'attraversamento pedonale;
- riqualificazione della spiaggia.

Con riferimento alle indicazioni di livello puntuale paesistico riportate nella citata scheda è richiesto "*un forte controllo della qualità nel disegno di questo tratto di arenile da riqualificare specie con la qualità delle sistemazioni delle percorrenze e della definizione dei margini fisici tra le diverse percorrenze*".

L'analisi di compatibilità del ripascimento degli arenili in relazione agli obiettivi generali dell'ambito 12R e dell'Unità di Intervento 12.5 non ha evidenziato elementi di contrasto. Non sono emersi altresì prescrizioni o criteri urbanistici applicabili a questo tipo di intervento che si ricarda essere normato dalla L.R. 13/1999.

Ambito Costiero – arenili (n. 12 R)

Prevalente indirizzo di pianificazione è 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.

Le finalità che il PUC persegue al di fuori delle aree di intervento sono:

Passeggiata

- Ridefinizione, riqualificazione e rifunzionalizzazione delle sistemazioni degli spazi aperti, con riferimento alle relazioni con gli ambiti con termini e soluzioni integrate tra edificato, passeggiata e spazio aperto;
- accessibilità e messa a sistema tra i percorsi pedonali interni in particolare al Centro storico, passeggiata e arenile;
- potenziamento ed ampliamento della passeggiata con particolare riferimento alla ciclopedonalità;
- ridefinizione dei "bordi" dell'area con particolare attenzione alle visuali terra-mare;
- parcheggi in aree dedicate;
- ridefinizione delle aree verdi con concentrazione di piantumazioni;

Arenili

Coordinare il PUC con le strategie e gli interventi più opportuni di consolidamento delle spiagge nel quadro di riferimento progettuale del PUD:

secondo questo indirizzo uno specifico Piano degli arenili dovrà porsi i seguenti obiettivi, articolandone i dettagli operativi, le più opportune gerarchie e le successioni temporali:

- ridefinizione dei sistemi tipologici degli stabilimenti, al fine di impostarli anche per un uso prolungato della spiaggia (elioterapia invernale);
- normativa per le tipologie e le strutture balneari con riferimento alle infrastrutture, ai materiali ed alle forme;
- definizione dell'assetto normativo del quadro prestazionale e delle regole morfologiche per la realizzazione di strutture fisse per l'attività di prevalenza balneare (chioschi di vendita) con interventi tipologicamente inerenti l'ambito.

2.5.2 *Inquadramento di livello puntuale paesistico*

Con riferimento al livello puntuale paesistico di PTCP, il cui stralcio di interesse è riportato nella Figura 2-29., i siti ricadono nei seguenti areali:

- SU-3 / ANI-3 “Attrezzature e stabilimenti balneari” nella fascia di arenile di fronte al centro storico, cui sono legati con forti relazioni spaziali ed urbane;
- ID-6 “ Attrezzature e stabilimenti balneari” sulla fascia costiera, a valle della “Pineta”.

La scheda descrittiva dei caratteri paesistici dei tessuti insediativi “ID.6 - SU.3 -TU.3 - ANI.3” riporta l’articolazione delle categorie degli edifici nei tessuti, le disposizioni relative ad interventi edilizi e ad interventi sul suolo in aree libere da edifici.

Tali norme non risultano pertinenti con la tipologia di intervento in oggetto.

1.1.1 Norme Geologiche di Attuazione

Nella Figura 2-30 è riportato l’inquadramento dei siti di ripascimento in relazione alle classi di suscettività d’uso del territorio. I siti ricadono in **Classe 3** “Aree con suscettività d’uso condizionata”, ed in particolare nella sottoclasse **3gt** “Riporti antropici”, disciplinata dall’art. 7.3.

E’ presente inoltre la delimitazione di una fascia di rispetto nei confronti della risorsa idrica idropotabile (pozzi e sorgenti captate) compresa in **Classe 4** “Aree con suscettività d’uso parzialmente limitata”, di cui all’art. 7.4.

Con riferimento alla Microzone Sismiche Omogenee, il ripascimento interessa la **zona B1** “zone stabili soggette a amplificazioni litostratigrafiche”.

Art. 7.3 Classe 3 - Aree con suscettività d’uso condizionata

Sono aree prive, al momento, di movimenti gravitativi significativi in atto in cui, però, sono presenti indicatori indiretti di elevata suscettività al dissesto idrogeologico valutabili dalla combinazione di elementi tettonici, geomorfologici, idrogeologici e idraulici.

Le situazioni riscontrate in queste aree, pur non essendo ostative alla realizzazione di interventi antropici comportano la necessità di un’attenta valutazione della loro fattibilità in fase preliminare.

Dal punto di vista sismico le aree di Classe 3 ricadono in “*zone stabili suscettibili di amplificazione litostratigrafica (coltri, detriti di versante, riporti antropici, depositi alluvionali con potenze superiori ai 3 m, substrati coesivi sovraconsolidati con Vs<800 ms) e topografica (depositi incoerenti con spessori > 3 m e substrati lapidei in corrispondenza di versanti con pendenze > di 15°)” della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*”.

Non vi sono limitazioni al ripascimento, in quanto in queste aree sono *“consentiti tutti gli interventi purché corredati da specifici studi geologici e geotecnici...*”. I contenuti di tali studi sono definiti dalle Norme geologiche alle quali si rimanda.

Art. 7.4 Classe 4 - Aree con suscettività d’uso parzialmente limitata

In tali aree vigono specifiche disposizioni di legge o norme (Piano di Bacino, D.Lgs 152/06) per l'individuazione degli interventi assentibili i quali dovranno essere corredati di documentazione tecnica rispondente ai criteri stabiliti dalle Norme geologiche alle quali si rimanda.

Nelle zone di rispetto ai sensi del D. Lgs. 152/2006, sono vietati:

- la dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- l'accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- lo spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- la dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;
- le aree cimiteriali;
- l'apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- l'apertura di pozzi, ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano;
- la gestione di rifiuti;
- lo stoccaggio di sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- i centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- i pozzi perdenti;
- il pascolo e la stabulazione di bestiame.

L'analisi di compatibilità del ripascimento in relazione alla componente geologica del PUC di Arenzano non ha evidenziato elementi di contrasto.

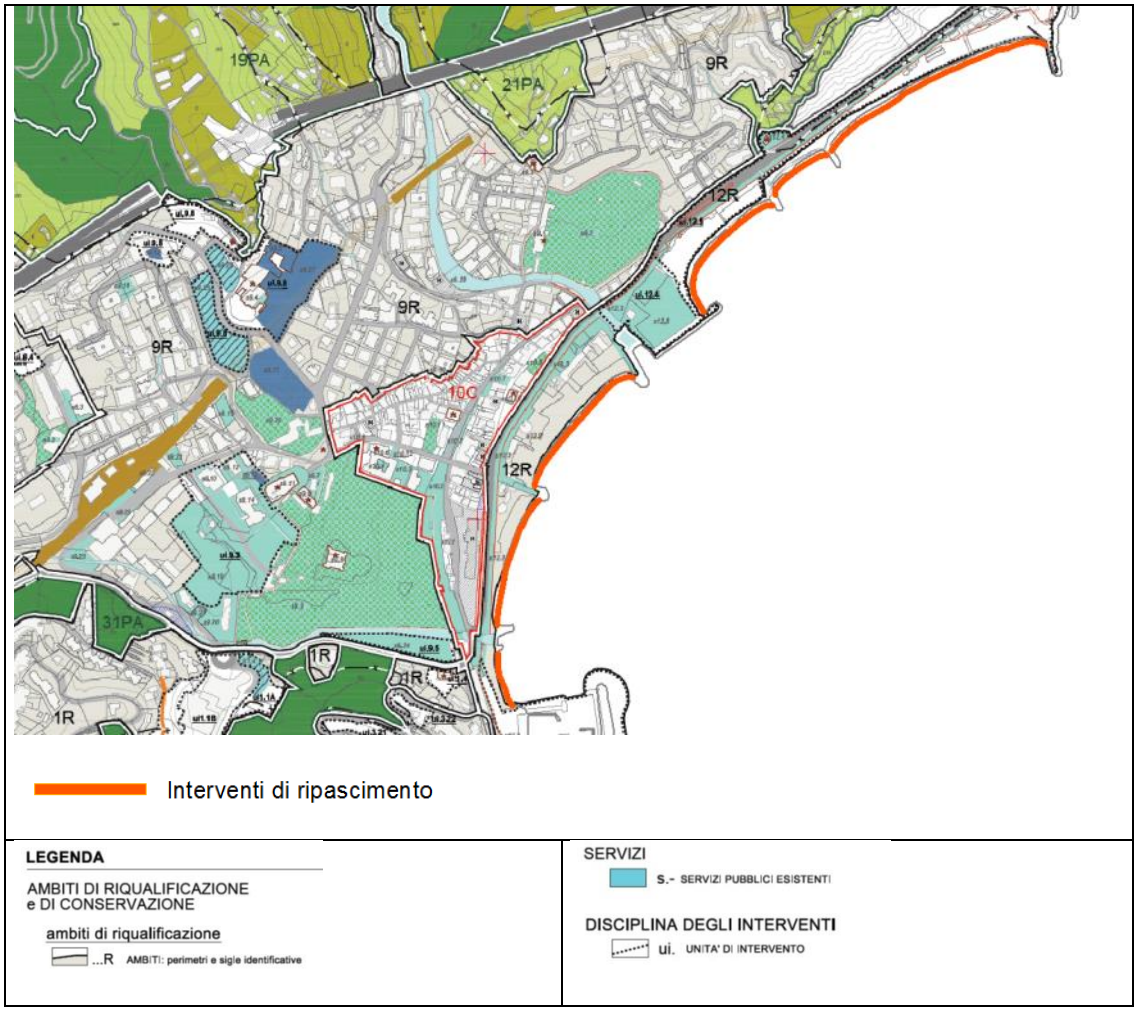


Figura 2-28 – Inquadramento delle aree di ripascimento (PUC, Stralcio della tavola ST 2.1, Aggiornamento novembre 2015)

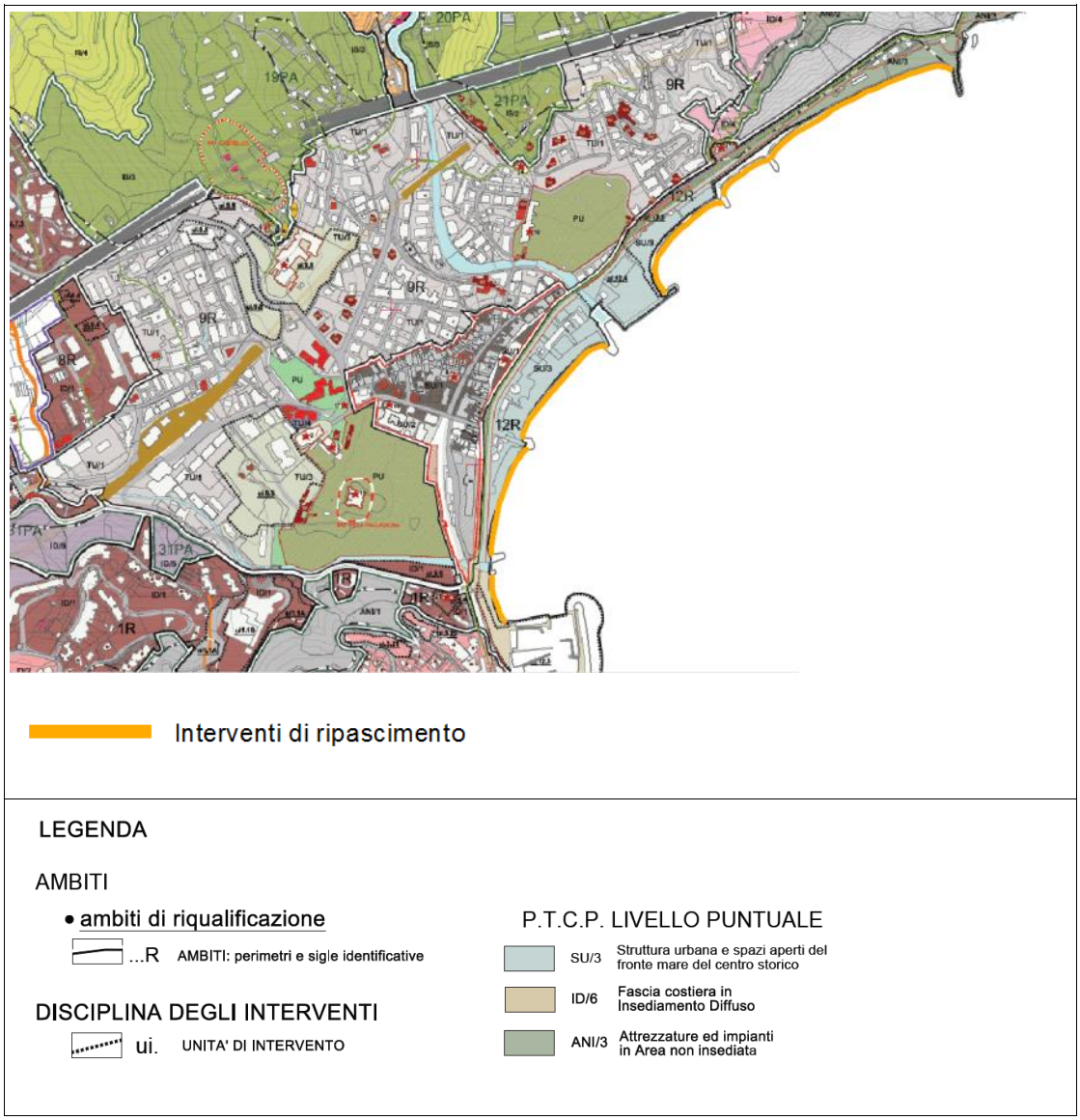


Figura 2-29 – Inquadramento delle aree di ripascimento (PUC, Stralcio della tavola ST 7.0, Livello Puntuale PTCP, Aggiornamento agosto 2015)

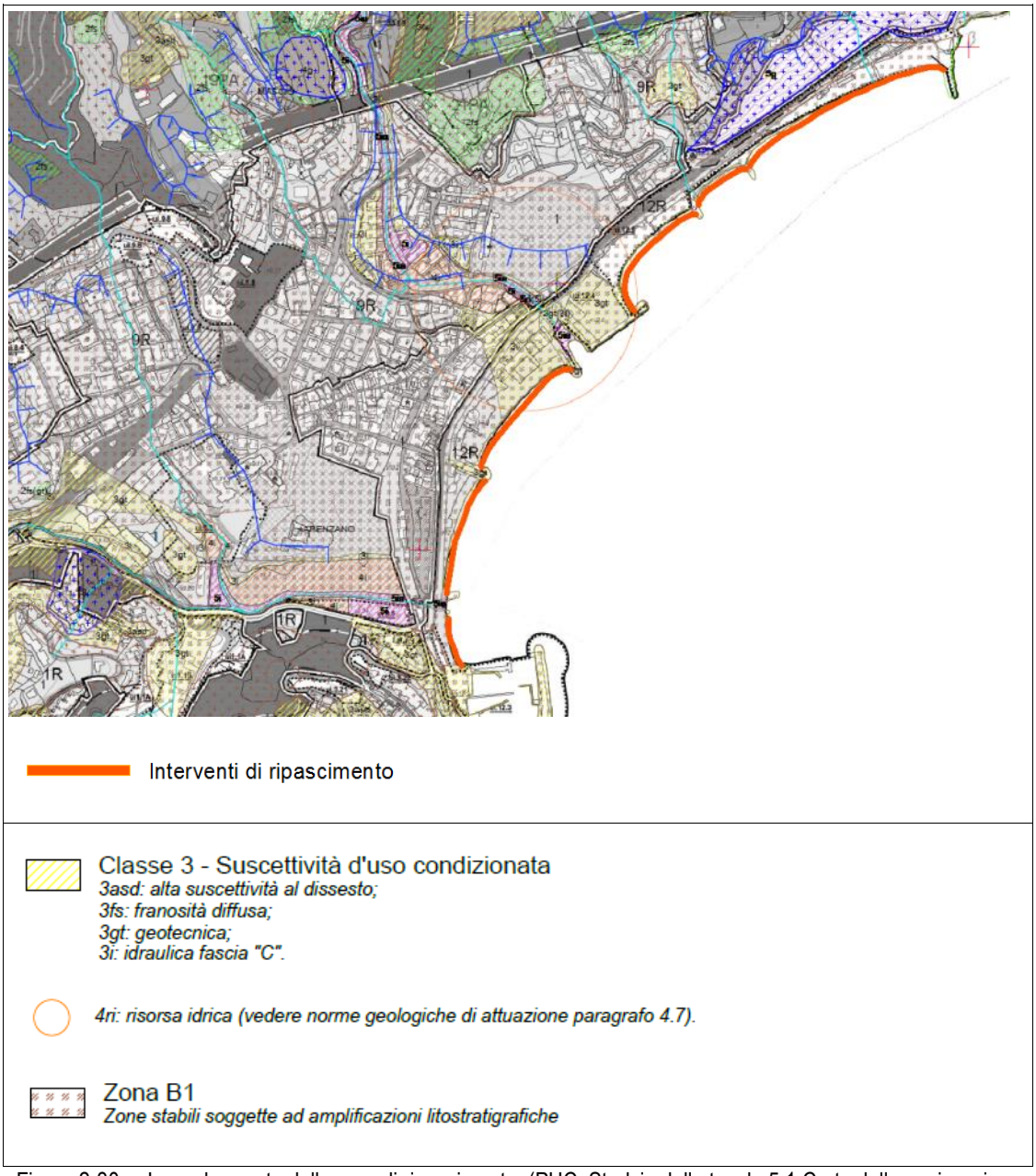


Figura 2-30 – Inquadramento delle aree di ripascimento (PUC, Stralcio della tavola 5.1 Carta della zonizzazione geologica e suscettività d'uso del territorio)

2.6 Vincoli ambientali e paesistici

L'analisi ha preso in considerazione i vincoli normati dalle seguenti leggi:

- Regio Decreto Legge n. 3267 del 30/12/1923 - Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani (vincolo idrogeologico);
- Direttiva Comunitaria "Uccelli" 49/409/CEE del 2 aprile 1979 - Conservazione degli uccelli selvatici (Zone di Protezione Speciale – ZPS);
- Legge n. 394 del 6 dicembre 1991 - Legge Quadro sulle Aree Protette;
- Direttiva Comunitaria "Habitat" 92/43/CEE del 21 maggio 1992 - Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche (Siti di Importanza Comunitaria – SIC);
- Decreto Legislativo del Governo n. 42 del 22 gennaio 2004 – Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'art.10 della legge 6 luglio 2002, n.137.

Nell'ambito della verifica eseguita sull'area interessata dal progetto nei Comuni di Genova ed Arenzano è emerso quanto segue:

Vincoli paesistici ai sensi dell'art. 136 comma 1, lettera c) del D. Lgs. 42/2004 (c.d. "bellezza d'insieme") – Comune di Genova

- "Zona in località San Giuliano (Genova) comprendente la Abbazia La Chiesa e gli spazi verdi circostanti (Manca Gu)": in corrispondenza dell'opera di sbocco di mare D.M. 08.09.1977);
- "Piano Territoriale Paesistico di Genova – Nervi – Santo Ilario": in corrispondenza dei siti di ripascimento di levante (D.M. 04.07.1953);
- "Fascia costiera fino a quota 100 dal torrente Nervi al torrente Sturla nel Comune di Genova – Quarto – Quinto (D.M. 11.12.1954);
- "Sede stradale della Via Aurelia in Provincia di Genova per una profondità di m. 50 sia a monte che a valle". (D.M. 19.06.1958).

Elementi di interesse paesaggistici ai sensi dell'art. 142, comma 1, lettere a) e c) del D. Lgs. 42/2004 – Comune di Genova

- i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare;
- i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna.

Vincoli paesistici ai sensi dell'art. 136 comma 1, lettera c) del D. Lgs. 42/2004 (c.d. "bellezza d'insieme") – Comune di Arenzano

- "Zona collinare in località Maloa e Terrarossa ricca di vegetazione mediterranea e di numerosi belvederi";

- "Sede stradale della Via Aurelia in Provincia di Genova per una profondità di m. 50 sia a monte che a valle". (D.M. 19.06.1958).

Elementi di interesse paesaggistici ai sensi dell'art. 142, comma 1, lettere a) e c) del D. Lgs. 42/2004 – Comune di Arenzano

- i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare.

3 Stato di qualità delle acque marino-costiere

Nel tratto di litorale interessato dalle opere, l'ambiente marino-costiero è monitorato da due differenti reti riguardanti rispettivamente le **Acque di balneazione** e l'**Ambiente marino costiero**. Non è attivo invece il monitoraggio delle Acque destinate alla vita dei molluschi.

Ambiente marino-costiero

Il monitoraggio dell'ambiente marino-costiero (ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.), attuato in 26 differenti corpi idrici costieri, rileva lo stato delle acque, del sedimento e degli organismi marini.

I corpi idrici costieri interessati dall'intervento, indicati nella Fig. 1, sono i seguenti:

- n. 13 Genova Voltri: ripascimenti;
- n. 15 Genova Bisagno: opera di sbocco in mare;
- n. 16 Genova Camogli: ripascimenti.

Le stazioni di riferimento per i corpi idrici di interesse sono articolate come riportato nella **Tabella 7**.

Corpo idrico	Acque	Sedimenti	Macroalghe	Posidonia
13. Genova Voltri	3	1	3	0
15. Genova Bisagno	3	1	0	0
16. Genova - Camogli	3	1	3	4

Tabella 7 - Stazioni di monitoraggio delle acque marino costiere ricadenti nei corpi idrici interessati dall'intervento (Fonte: Piano Tutela delle Acque 2016-2021, Regione Liguria)



Figura 3-1 - Corpi idrici costieri interessati dall'intervento (indicati in rosso)

Analogamente a quanto avviene per i fiumi, la caratterizzazione delle acque marino-costiere avviene tramite la definizione dello stato chimico ed ecologico.

Lo **stato chimico** è determinato sulla base degli inquinanti chimici prioritari rilevati nelle acque o in organismi marini, sulla base di valori di riferimento (standard di qualità ambientale-SQA), mentre lo **stato ecologico** è determinato sulla base della conformità agli SQA degli inquinanti chimici non prioritari nelle acque e degli Elementi di Qualità Biologica (EQB), valutati a partire dai seguenti indicatori:

- M-AMBI per i Macroinvertebrati bentonici;
- metodo della Clorofilla per il Fitoplancton;
- indice PREI per la Posidonia oceanica;
- indice CARLIT per le macroalghe di scogliera.

Gli indici "M-AMBI" e "Fitoplancton" sono applicabili e ritenuti significativi per tutti i corpi idrici liguri, contrariamente a PREI e CARLIT, in quanto la comunità biologica alla quale si riferiscono può non essere presente in maniera rappresentativa a causa di motivi indipendenti dalle attività antropiche. Inoltre, in alcuni casi la rappresentatività di un certo bioindicatore risulta ancora da confermare.

La valutazione degli EQB viene integrata dall'indice TRIX, relativo alla quantificazione dei rischi di eutrofizzazione delle acque, e dall'indicatore della presenza di sostanze inquinanti "non prioritarie" nelle acque (tabella 1/B) e nei sedimenti (tabella 3/B). D.Lgs. 15/ 2006 e s.m.i.…???

La caratterizzazione dei sedimenti fornisce l'andamento dei principali contaminanti di natura chimica.

Le tabelle seguenti riportano, rispettivamente, gli indicatori biologici rilevati nei corpi idrici di interesse ai fini dello studio e la loro classificazione in funzione degli EQB e della valutazione complessiva.

L'indice "PREI", relativo alla Posidonia oceanica, è stato rilevato solo a Genova-Camogli, mentre "CARLIT, relativo alle macroalghe di scogliera, non è stato rilevato a Genova Bisagno.

Genova Voltri rientra nella classe "sufficiente" a causa dell'indice "CARLIT", mentre Genova Bisagno e Genova Camogli rientrano nella classe "buono".

Si evidenzia che gli indicatori "PREI" e "CARLIT" sono considerati i più sensibili ad evidenziare condizioni di alterazione ambientale e pertanto la loro assenza potrebbe indurre a sovrastimare lo stato ecologico; per questo motivo, il sistema di classificazione prevede di declassare a "buono" lo stato ecologico di questi corpi idrici nei casi in cui "Fitoplancton" e "M-AMBI" portassero al giudizio "elevato".

Corpo idrico	Fitoplancton	M-ambi	Carlit	Prei	Complessivo
Genova Voltri					
Genova Bisagno					
Genova Camogli					

Tabella 8 - Elementi di Qualità Biologica nei corpi idrici di interesse (in verde i bioindicatori rilevati, in grigio i casi di non applicabilità (Fonte: Piano Tutela delle Acque 2016-2021, Regione Liguria)

Corpo idrico	Fitoplancton	M-ambi	Carlit	Prei	Complessivo
Genova Voltri	elevato	buono	sufficiente		sufficiente
Genova Bisagno	elevato	elevato			buono
Genova Camogli	elevato	elevato	elevato	buono	buono

Tabella 9 - Primo livello di aggregazione per la classificazione dello stato ecologico (uso dei soli elementi di qualità biologica) (Fonte: Piano Tutela delle Acque 2016-2021, Regione Liguria)

La classificazione sopra riportata non è ancora definitiva in quanto deve essere incrociata con gli indicatori TRIX e la presenza di sostanze inquinanti "non prioritarie" nelle acque (tabella 1/B) e nei sedimenti (tabella 3/B).

Nelle tabelle seguenti sono riportati i successivi passaggi di aggregazione degli indicatori citati funzionali alla determinazione dello stato ecologico complessivo.

La **Tabella 10** mostra l'aggregazione tra gli EQB e l'indice TRIX, evidenziando che quest'ultimo ricade sempre in classe "buono" e pertanto non altera la classificazione in base ai bioindicatori EQB.

Situazioni di criticità sono invece riscontrabili dalla **Tabella 11** che aggrega la classificazione dello stato ecologico con le sostanze non prioritarie. Dai risultati emerge la presenza nei sedimenti di alcune sostanze non prioritarie di cui alla Tabella 3/B, come IPA Totali, sommatoria Diossine, Furani, PCB DIOX simili, PCB Totali.

Ne consegue che lo stato ecologico buono non viene raggiunto nei corpi idrici "Genova-Bisagno" e "Genova-Camogli" per mancato rispetto degli SQA, come richiesto dal paragrafo A.4.6.1. del D.M. 260/2010).

L'ultimo livello di aggregazione, riportato nella **Tabella 12**, sintetizza i differenti elementi di classificazione utilizzati:

- stato ecologico in funzione degli indicatori ecologici (elementi di qualità biologica ed indice TRIX),
- stato ecologico comprensivo delle sostanze chimiche "non prioritarie",
- stato chimico riferito alle sostanze chimiche "prioritarie".

La combinazione delle classi assegnate fornisce lo stato complessivo del corpo idrico, tenuto conto della conformità allo stato ecologico e chimico.

La classe "buono" non viene conseguita in nessuno dei tre casi (stato ecologico, chimico e complessivo) nelle stazioni del Bisagno considerate nell'analisi. Di conseguenza, non viene rispettato il raggiungimento dell'obiettivo di qualità pari a "buono" previsto per il 2015.

Corpo idrico	Classe in base a EQB	Classe in base a TRIX	Stato ecologico
13. Genova Voltri	sufficiente	buono	sufficiente

15. Genova Bisagno	buono	buono	buono
16. Genova - Camogli	buono	buono	buono

Tabella 10 - Aggregazione tra elementi di qualità biologica e indice TRIX per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici (Fonte: Piano Tutela delle Acque 2016-2021, Regione Liguria)

Corpo idrico	Classe EQB + TRIX	Tab. 1/B acque	Tab. 3/B sedimenti	Stato ecologico
13. Genova Voltri	sufficiente		IPA Totali - sommatoria Diossine, Furani, PCB DIOX simili - PCB Totali	sufficiente
15. Genova Bisagno	buono		IPA Totali - sommatoria Diossine, Furani, PCB DIOX simili - PCB Totali	sufficiente
16. Genova - Camogli	buono		IPA Totali - PCB Totali	sufficiente

Tabella 11 - Aggregazione della classificazione dello stato ecologico e le sostanze non prioritarie (Fonte: Piano Tutela delle Acque 2016-2021, Regione Liguria)

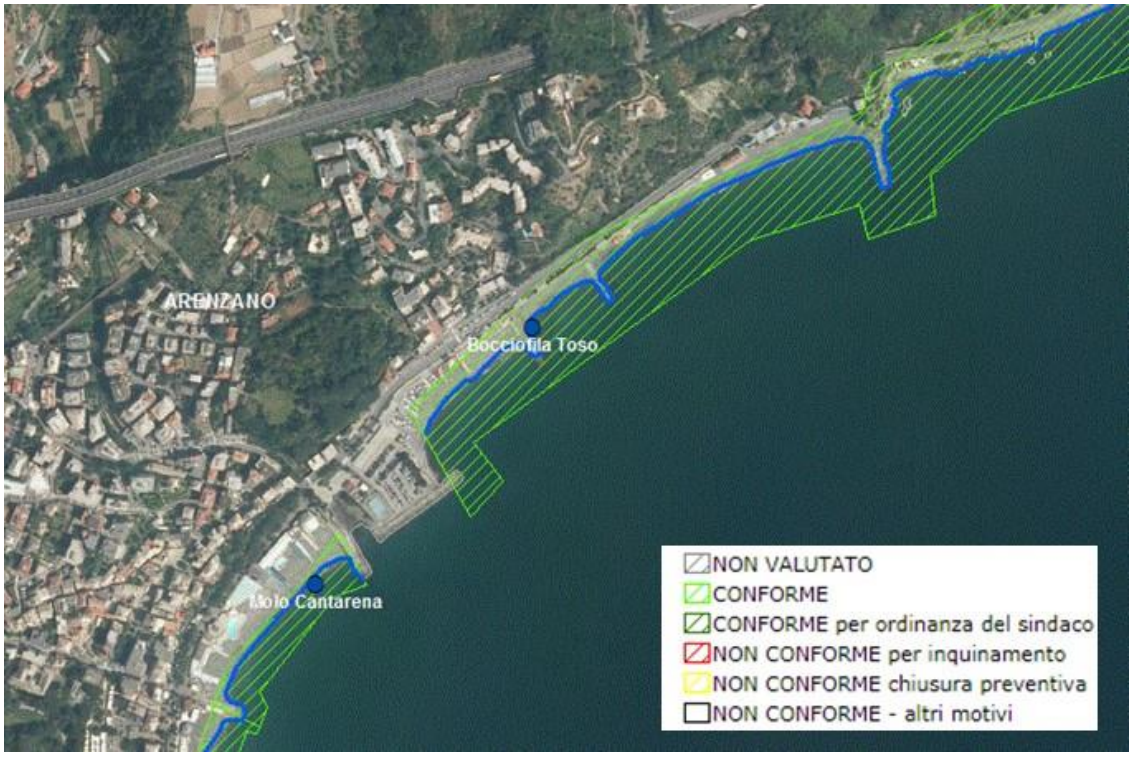
Corpo idrico	Stato bioindicatori	Stato ecologico	Stato chimico	Stato complessivo
13. Genova Voltri	Sufficiente	Sufficiente	Non buono	Non buono
15. Genova Bisagno	Buono	Sufficiente	Non buono	Non buono
16. Genova - Camogli	Buono	Sufficiente	Non buono	Non buono

Tabella 12 - Classificazione dei corpi idrici marino costieri (Fonte: Piano Tutela delle Acque 2016-2021, Regione Liguria)

Acque di balneazione

La rete di monitoraggio delle acque di balneazione (D.Lgs. 116/08) dispone di circa 375 punti di indagine, disposti lungo l'arco costiero ligure. I controlli avvengono dal primo aprile al 30 settembre, a cadenza quindicinale, e riguardano le acque comprese entro i 100 metri dalla battigia.

I risultati del monitoraggio sono pubblicati sul sito istituzionale dell'ARPA Liguria. I rilievi relativi al 2017 per i tratti di mare in corrispondenza dei siti di ripascimento previsti sono riportati nel seguito. Non sono state rilevate situazioni di non conformità.


ARENZANO
Bocciofila Toso
Molo Cantarena
NON VALUTATO
CONFORME
CONFORME per ordinanza del sindaco
NON CONFORME per inquinamento
NON CONFORME chiusura preventiva
NON CONFORME - altri motivi


GENOVA
Cerusa
Castello Genovese
Piazza Nicolò da Voltri
NON VALUTATO
CONFORME
CONFORME per ordinanza del sindaco
NON CONFORME per inquinamento
NON CONFORME chiusura preventiva
NON CONFORME - altri motivi


GENOVA
Sturla Ovest
Sturla Est
Via 5 Maggio
Vernazzola
P.zza Crispi
Via Stacchetti
NON VALUTATO
CONFORME
CONFORME per ordinanza del sindaco
NON CONFORME per inquinamento
NON CONFORME chiusura preventiva
NON CONFORME - altri motivi



Figura 3-2 - Stato di conformità delle acque di balneazione nei tratti di mare in corrispondenza dei futuri siti di ripascimento (Fonte: sito ARPA Liguria, consultazione on line)

4 Arenzano

4.1 Quadro conoscitivo del sito oggetto di intervento

Le spiagge di Arenzano sono già state oggetto di una specifica attività di studio, commissionata dal Comune, allo scopo di valutare gli interventi sul litorale nel territorio comunale e finalizzate al miglioramento della difesa all'erosione delle spiagge di Arenzano, allo scopo di garantirne una migliore fruibilità turistica, compatibilmente al mantenimento delle migliori condizioni ambientali dei fondali marini prospicienti, della qualità delle acque di balneazione, delle spiagge emerse e degli aspetti paesaggistici.

In particolare è stata avviata la procedura di screening ambientale, in accordo con quanto disciplinato dalla L.R. 38/98, sulla base del **Progetto Preliminare redatto dalla S.G.G. di Cairo Montenotte (SV)**. La procedura, conclusa con esito positivo, ha permesso la realizzazione, con l'impiego delle risorse disponibili da parte dell'Amministrazione Comunale, alcuni stralci di intervento.

Nell'ambito della progettazione esecutiva di cui alla presente relazione, è stata manifestata dall'Amministrazione Comunale di Arenzano la disponibilità, nell'ambito del quadro conoscitivo e pianificatorio già approvato, a ricevere parte del materiale di smarino previsto nell'ambito della galleria del Bisagno per il completamento, almeno parziale, delle opere di ripascimento degli arenili comunali.

Nel seguito, anche per completezza espositiva, vengono riportati gli elementi conoscitivi principali delle aree oggetto di intervento, allo scopo di dimostrare la fattibilità tecnica ed economica degli interventi di ripascimento inseriti nel presente progetto esecutivo, rimandando per maggiori dettagli al progetto preliminare già approvato.

4.1.1 Inquadramento territoriale

L'areale è caratterizzato dalla presenza di due differenti settori, delimitati dalla foce del rio Cantarena:

- il **settore di ponente** si sviluppa dal molo di sottoflutto del porto di Arenzano, fino al pennello in destra orografica della foce del Rio S. Martino (in un settore di circa 110 m in cui la spiaggia è costituita da sedimenti di natura sabbioso ghiaiosa), per poi proseguire in direzione NNE, fino alla foce del Torrente Cantarena, per una lunghezza pari a circa 480 m (qui l'arenile è confinato da tre pennelli, ed è caratterizzato da una granulometria di natura sabbioso ghiaiosa);
- il **settore di levante**, ubicato a NNE del piazzale in sinistra rio Cantarena, è denominato spiaggia del Pizzo, e presenta una lunghezza pari a circa 600 m. L'arenile è sezionato da quattro opere trasversali, che in influiscono sulla distribuzione sedimentologica: al limite di ponente la spiaggia risulta sabbioso-ghiaiosa, mentre verso levante la percentuale ghiaiosa diminuisce.

4.1.2 Identificazione dell'unità fisiografica

4.1.2.1 Unità fisiografica

L'unità fisiografica in cui ricade l'area di intervento è delimitata a levante dal Porto di Voltri mentre a ponente dalla diga del porto di Varazze.



Figura 4-1 - Limite Unità Fisiografica (linee di colore blu - (Cartografia Regione Liguria)

4.1.2.2 Paraggio oggetto di intervento

Il paraggio di riferimento è definito a levante dal pennello artificiale di Punta del Pizzo mentre a ponente dalla diga del porto turistico di Arenzano.

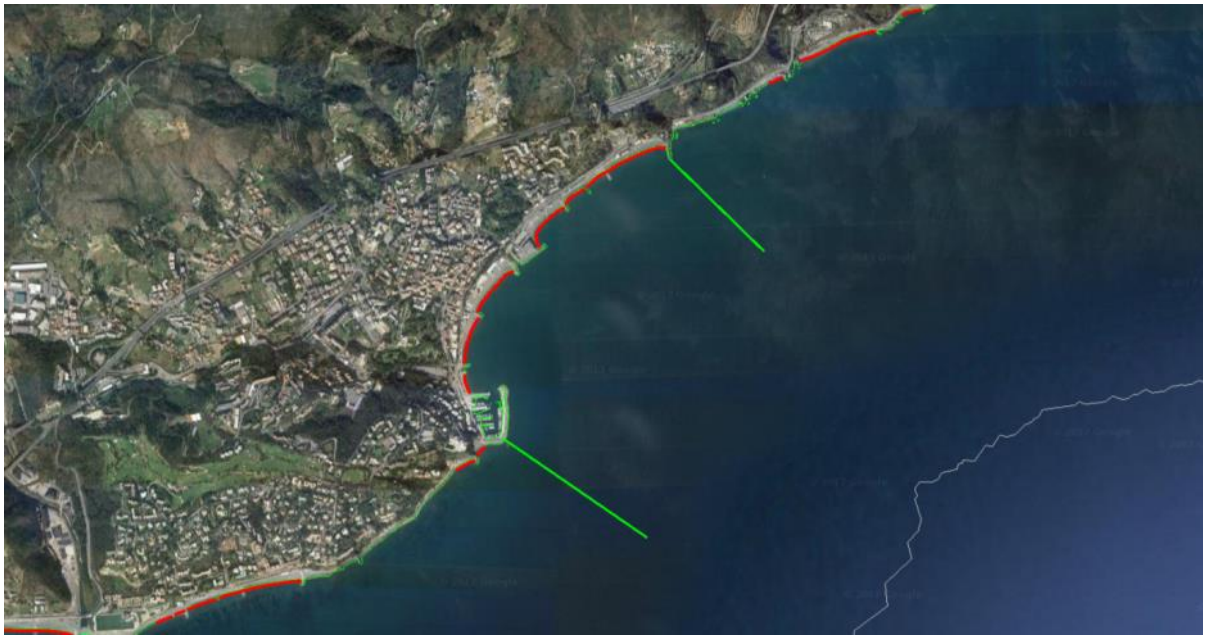


Figura 4-2 - Limite di paraggio (Cartografia Regione Liguria)

Le celle litorali oggetto degli interventi di ripascimento sono delimitate da elementi artificiali realizzati per il contrasto dell'erosione costiera. La seguente Figura 4-3 - indica la posizione e le caratteristiche attuali delle celle.



Figura 4-3 - Celle litorali oggetto di intervento (Cartografia Regione Liguria)

4.1.3 Rilievo dello stato attuale e della tendenza evolutiva

Lo stato attuale delle celle litorali oggetto di intervento è rappresentato dal rilievo topografico e batimetrico descritto nei seguenti paragrafi.

La tendenza evolutiva rilevabile dal confronto delle cartografie storiche recenti e dalle riprese aeree disponibili è descritta nelle immagini riportate nelle seguenti figure. In esse sono poste a confronto le linee di battigia corrispondenti agli anni 1944, 1983, 1993 e 2003 con l'assetto attuale descritto dalle foto aeree Agea 2016 (dati Regione Liguria).



Figura 4-4 - Evoluzione della linea di costa Anno 1944 (linea bianca - Cartografia Regione Liguria)



Figura 4-5 - Evoluzione della linea di costa Anno 1983 (linea arancione - Cartografia Regione Liguria)



Figura 4-6 - Evoluzione della linea di costa Anno 1993 (linea rossa - Cartografia Regione Liguria)



Figura 4-7 - Evoluzione della linea di costa Anno 2003 (linea rossa - Cartografia Regione Liguria)

L'evoluzione della linea di battigia evidenzia un forte arretramento nell'assetto degli anni 80 in corrispondenza dei paraggi compresi tra le foci dei Rii San Martino e Cantarena. Successivamente la linea di costa manifesta modificazioni poco pronunciate rispetto all'assetto attuale, ad eccezione di localizzati fenomeni di erosione.

Vengono di seguito riportati i risultati dell'analisi della variazione della linea di costa effettuata nell'ambito del progetto "**Studio ambientale e progetto preliminare sul riassetto della costa di Arenzano**" eseguito per conto del Comune di Arenzano dalla S.G.G. nel novembre 2003.

Gli interventi antropici hanno fortemente condizionato, nel corso degli anni, la morfologia costiera del territorio comunale di Arenzano, in particolare alla foce del Lerone (discariche Stoppani e ferrovie, sul versante a mare del promontorio (insediamento di Marina Grande), alla foce del San Martino (porto turistico) e del Cantarena (discarica inerti) nonché lungo l'Aurelia (opere radenti di protezione).

Inoltre, l'ambiente costiero è stato fortemente danneggiato dal naufragio Haven, avvenuto il 14/04/1991 al largo del porto di Arenzano, a seguito del quale parte del crudo era fuoriuscito dalle stive, mentre la parte più consistente della struttura giace ora orizzontalmente su un fondale di 85 metri.

Le prime sostanziali variazioni "morfologiche" sono avvenute a seguito della costruzione della linea ferroviaria, nella seconda metà dell'ottocento. In seguito, con la realizzazione dell'autostrada e l'urbanizzazione della Pineta, negli anni 1960 – 80, si sono rese disponibili grandi quantità di materiale, che è stato sversato a mare, con la creazione delle principali colmate (del Campo Sportivo, del Moletto al limite di Marina Grande, del Molo di Ponente).

Negli anni sessanta, con la costruzione del porto, l'impatto sul litorale si è reso più evidente, innescando processi di rifrazione del moto ondoso, legato alla componente dominante da libeccio, che determina asportazione di larga parte del materiale costituente le Spiagge di Marina Grande e Marina Piccola con distribuzione dei sedimenti all'interno di una piccola area compresa tra la foce del Rio San Martino la diga foranea, e sedimentazione in adiacenza della stessa.

Nel corso degli anni sono state realizzate strutture trasversali, sia rigide che deformabili, per la protezione degli arenili dal moto ondoso, ma non si sono dimostrate efficienti. Infatti attualmente, a fronte dei cospicui sversamenti avvenuti dal 1960 al 1980 circa, con materiale proveniente dallo smarino delle gallerie della costruenda autostrada e conseguente progradazione (in allora) dell'arenile, l'intero litorale presenta una evidente tendenza erosiva (S.G.G., 2001).

In generale si riscontra che, per le diverse operazioni di conferimento a mare descritte, la costa risulta dovunque più arretrata nell'intervallo 1930 - 1960; i riempimenti degli anni '70 hanno determinato consistenti avanzamenti verso mare, progressivamente assorbiti nel periodo 1979-1995. La tendenza successiva è di natura erosiva, con un progressiva migrazione della battigia verso la posizione del 1960.

La situazione evolutiva recente per ciascuna spiaggia, che tiene conto dei numerosi interventi di ripascimento eseguiti, può così riassumersi:

- la spiaggia di Marina Grande presenta un evidente processo di arretramento, più accentuato nel settore di levante, la cui tendenza può dirsi "costante" (rilievi de 2001 e 2003);
- la spiaggia di Marina Piccola, suddivisa in due lembi sabbiosi depositatisi all'interno di insenature della falesia, risulta soggetta ad un significativo arretramento rispetto al 1995, nonostante esistano opere di protezione a levante del pennello in massi di Punta S. Martino e del porto. Tale andamento

è confermato dai rilievi del 2001 (Studio della Costa Provinciale. S.G.G., 2001), e da quelli più recenti del 2003;

- la spiaggia che si sviluppa in sponda destra del Rio S.Martino, a ridosso del molo di sottoflutto, presenta condizioni di arretramento fra la linea di battigia rilevata negli anni settanta, dopo la costruzione del porto, e la posizione attuale. E' comunque da rilevare che la posizione della linea di battigia rilevata nel 2003 è pressoché identica ai rilievi del 2001 (Studio della Costa Provinciale. S.G.G., 2001);
- la spiaggia principale di Arenzano, compresa tra le foci del Rio S.Martino e del Torrente Cantarena, suddivisa in due compartimenti dai tre pennelli esistenti, è mantenuta in leggero avanzamento con i frequenti interventi di ripascimento, come evidente dai rilievi effettuati nel 2001 (Studio della Costa Provinciale. S.G.G., 2001), e più recentemente, nel 2003. Le condizioni erosive sono particolarmente evidenti in adiacenza alla foce del Rio S.Martino;
- la spiaggia del Pizzo, compresa tra la colmata realizzata in sponda destra del Torrente Cantarena e la Punta di Carbo del Pizzo, risulta compartimentata in quattro zone da 3 pennelli, due dei quali molto ravvicinati tra loro. Nel tratto più meridionale presenta condizioni di modesto accrescimento rispetto ai rilievi del 2001; mentre, nel tratto centrale e settentrionale, la tendenza erosiva risulta evidente rispetto entrambi i rilievi.

In tabella si riporta una sintesi dei principali dati misurati nell'analisi storica.

PERIODO OSSERVAZIONI	Marina grande	Marina Piccola	Porto turistico	Arenzano centro	Pizzo
1930 - 1960	-15	-20	+23	-11	-23
1960 - 1979	+30	+22	+15	+24	+18
1979 - 1995	-12	-17	-7	-9	-12
1995 - 2003	-6	-6	-4	+14	-6
ARRETRAMENTO ('95-'03) (m/anno)	-0.75	-0.75	-0.5	+1.7	-0.75

Tabella 13 - Variazione della battigia (m)

Le linee di costa storiche sono state riportate, per maggiore chiarezza, all'interno delle tavole progettuali elab. BIS2-E-A-SPG01-PL02-0 allegati alla presente relazione.

4.1.4 *Rilievi batimetrici*

Allo scopo della migliore caratterizzazione geometrica delle aree di ripascimento, con particolare riferimento alla componente batimetrica, è stata condotta, nell'ambito del presente progetto esecutivo, una campagna di rilievi morfo-batimetrici ad elevato dettaglio e indagini topografiche 3D, rispettivamente mediante l'utilizzo dei sistemi MBES (Multibeam Echosounder) e LS (Laser Scanner).

I rilievi batimetrici sono stati condotti per le spiagge in cui è prevista la esecuzione di ripascimenti strutturali. I dati così ottenuti sono stati elaborati per la costruzione della geometria del fondale, mediante restituzione con isobate. I rilievi dello stato di fatto sono riportati nelle specifiche tavole grafiche allegate al presente progetto esecutivo.



Figura 4-8 –Restituzione tramite isobate della batimetria e della superficie emersa delle spiagge di Arenzano – settore di Ponente

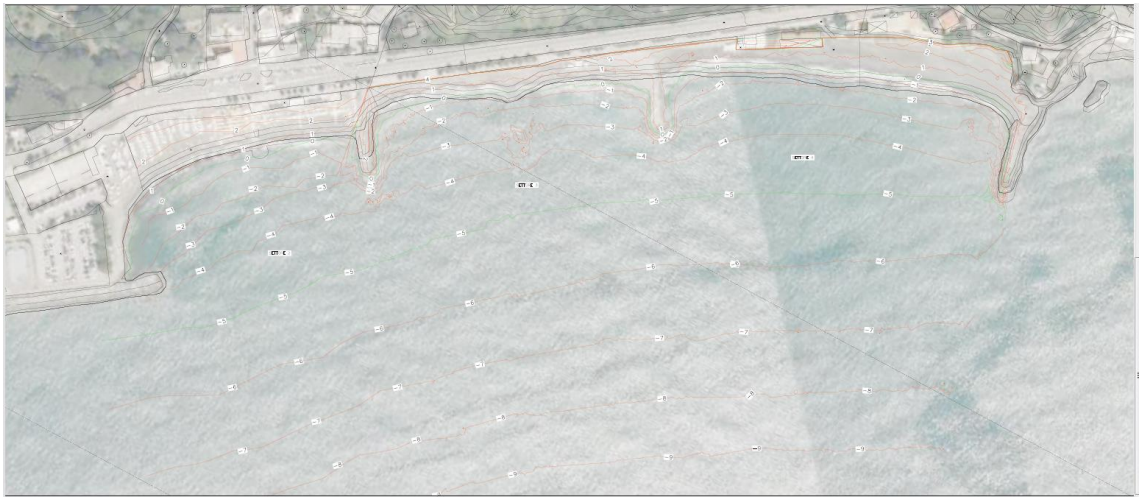


Figura 4-9 –Restituzione tramite isobate della batimetria e della superficie emersa delle spiagge di Arenzano – settore di Levante

4.1.5 Caratterizzazione granulometrica

Lo spessore dei sedimenti sciolti sul fondale della baia di Arenzano è stato valutato nel corso di una campagna sismica a mare, eseguita per lo studio di ampliamento del porto commissionato dalla Mario Valle Engineering (Studio di Progettazione Ambientale, 1997); nella fascia fino all'isobata dei 5 m, il basamento roccioso è attestato fra i 5 – 6 m di profondità dalla quota di fondale.

Per la definizione delle caratteristiche sedimentologiche dei fondali sono stati prelevati ventidue campioni di sedimento (C1 - C22). In prossimità delle zone di costa la classe prevalente dei depositi è quella delle sabbie, in percentuale superiore al 96%. Al largo e nelle zone focive principali, si rilevano contenuti in ghiaia fino al 16%. In prossimità della foce del Cantarena si evidenzia un comparto con frazioni limose fino al 12.7%.

	granulometria			logaritmo dei diametri corrispondenti alle frequenze del trattenuto						
Campione	g (%)	s (%)	limo/arg. (%)	f5	f16	f25	f50	f75	f84	f95
C1	9,66	85,80	4,54	-1,32	-0,93	-0,85	-0,14	1,00	1,32	3,32
C2	11,10	87,95	0,95	-1,07	-0,93	-0,89	-0,58	0,32	0,74	2,32
C3	3,28	95,04	0,95	-0,93	-0,85	-0,77	-0,38	0,51	0,62	1,74
C4	0,19	98,45	1,36	-0,85	-0,77	-0,68	0,15	1,32	1,74	3,06
C5	0,56	96,14	3,30	-1,00	-0,89	-0,93	-0,58	0,42	1,00	2,32
C6	2,90	95,81	1,29	-1,00	-0,93	-0,96	-0,68	0,23	0,74	1,74
C7	0,00	93,24	6,76	1,74	2,32	2,56	3,47	3,64	3,74	3,84
C8	9,56	89,49	0,95	-1,38	-0,96	-1,00	-0,85	-0,26	0,00	1,00
C9	4,16	95,02	0,82	-0,96	-0,93	-0,85	-0,14	0,51	0,74	1,00
C10	0,43	97,00	2,58	1,51	1,74	2,06	2,64	2,32	3,32	3,64
C11	0,09	98,03	1,88	1,51	1,74	2,06	2,64	2,32	3,32	3,64

	granulometria			logaritmo dei diametri corrispondenti alle frequenze del trattenuto						
Campione	g (%)	s (%)	limo/arg. (%)	f5	f16	f25	f50	f75	f84	f95
C12	1,86	96,79	1,34	-0,77	-0,26	0,74	1,51	2,47	2,74	3,47
C13	16,25	82,85	0,90	-1,43	-1,00	-0,93	-0,26	0,86	1,32	2,74
C14	0,10	87,20	12,70	1,51	2,18	2,47	3,06	3,64	3,84	4,06
C15	0,00	95,86	4,14	1,51	2,18	2,47	3,06	3,64	3,84	4,06
C16	0,00	93,89	6,11	1,51	2,18	2,47	3,06	3,64	3,84	4,06
C17	0,70	95,22	4,09	1,51	2,18	2,47	3,06	3,64	3,84	4,06
C18	0,04	96,24	3,72	1,51	2,18	2,47	3,06	3,64	3,84	4,06
C19	1,21	94,39	4,39	1,51	2,18	2,47	3,06	3,64	3,84	4,06
C20	0,07	97,74	2,20	1,51	2,18	2,47	3,06	3,64	3,84	4,06
C21	0,04	97,23	2,73	1,51	2,18	2,47	3,06	3,64	3,84	4,06
C22	0,14	98,01	1,85	1,51	2,18	2,47	3,06	3,64	3,84	4,06

Tabella 14 - Comune di Arenzano - analisi sedimentologica dei campioni di fondale

	granulometria			logaritmo dei diametri corrispondenti alle frequenze del trattenuto						
Campione	g (%)	s (%)	limo/arg. (%)	f5	f16	f25	f50	f75	f84	f95
C23	3,37	93,83	2,80	0,96	-0,77	-0,58	-0,07	0,60	1,32	2,12
C24	0,85	98,66	0,49	0,32	0,69	0,86	1,47	1,79	1,94	2,56
C25	10,52	89,44	0,04	-3,32	0,32	0,86	1,64	1,89	2,00	2,56
C26	16,03	83,07	0,90	-2,70	-1,00	-0,38	1,47	1,84	2,12	2,74
C27	0,19	97,56	2,25	-0,38	0,32	0,42	0,67	1,32	1,51	1,94
C28	6,23	91,91	1,86	-1,58	-0,68	-0,26	0,38	0,74	1,00	1,64

	granulometria			logaritmo dei diametri corrispondenti alle frequenze del trattenuto						
Campione	g (%)	s (%)	limo/arg. (%)	f5	f16	f25	f50	f75	f84	f95
C29	8,12	91,36	0,52	-2,00	-0,85	-0,68	0,12	0,51	0,69	1,51
C30	42,98	56,18	0,84	-4,70	-4,09	-3,32	-0,77	0,15	0,51	1,32

Tabella 15 - Comune di Arenzano - analisi sedimentologica dei campioni di spiaggia

4.1.6 Analisi delle biocenosi marine

Dalla foce del torrente Arrestra fino al confine orientale del comune di Arenzano la costa è fortemente antropizzata. La foce del torrente Lerone, al centro di questo pareggio costiero, è stata nel corso dell'ultimo secolo profondamente condizionata da discariche di materiale terrigeno, sia per la presenza di un importante insediamento industriale, sia per le attività di infrastrutturazione della costa. Il porticciolo di Arenzano nel 2006 ha subito un intervento di ampliamento e ristrutturazione. Nonostante il numero e l'entità degli interventi e del disastro della Haven del 1992, i fondali marini, compresi nel SIC IT1332477 - fondali Arenzano-Punta Invrea mantengono ancora un certo interesse.

4.1.6.1 Prateria di Posidonia oceanica di Cogoleto e Arenzano (GE)

La prateria di Cogoleto prende il via a partire dal comune di Varazze e si estende per 3,5 km di lunghezza, terminando a levante del torrente Lerone. tale prateria ha una ampiezza che varia a seconda del tratto di costa, e comunque tra i 150 e i 500 m, per una superficie totale di 100 ha, composta per lo più da formazioni a mosaico 83 ha e 12 ha di matte morta. Il limite superiore è compreso tra 2 e 10 m mentre quello inferiore tra 15 e 20 m. Molte le indagini su questa prateria a partire dagli anni '90 (ENEA 1993; Bianchi e Peirano, 1995; Repetto 2003; ARPAL 2002, 2003, 2005, 2006; RSTA 2004a, 2005, 2007; Diviacco e Coppo, 2006), tutte evidenziano uno stato di degrado della prateria. In alcuni punti lo stato di conservazione risulta ancora soddisfacente, mentre in altri la presenza della pianta appare discontinua se non addirittura relittuale.

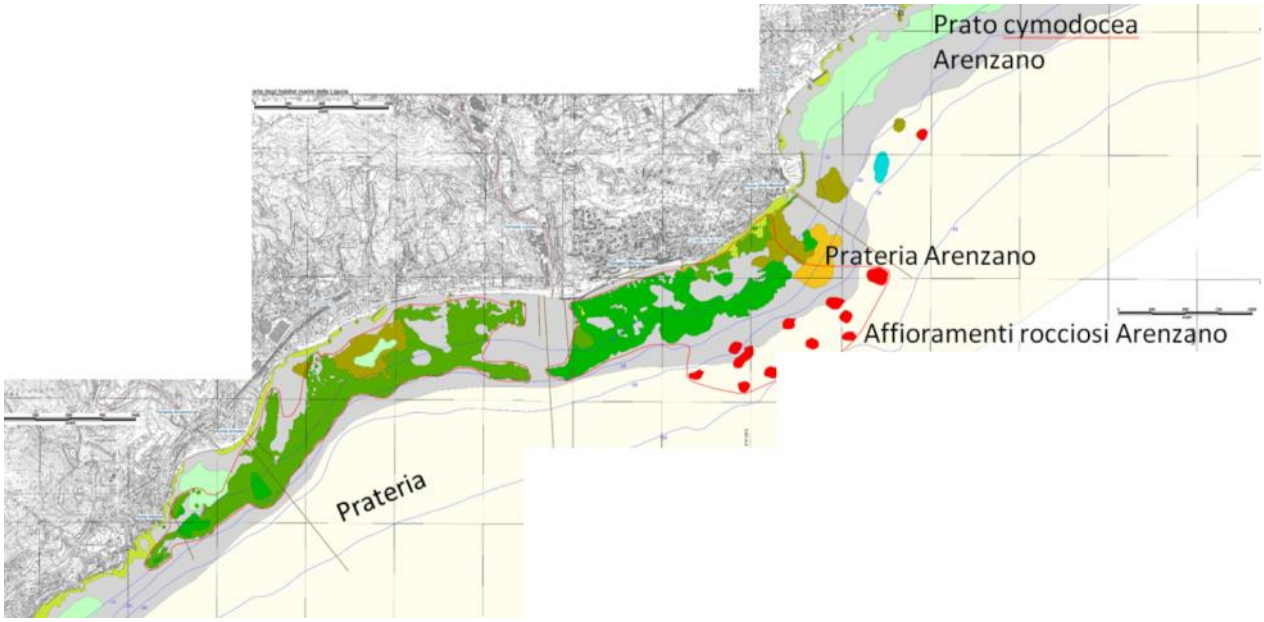

Prato cymodocea
Arenzano
Prateria Arenzano
Affioramenti rocciosi Arenzano
Prateria



Figura 4-10 - Rappresentazione cartografica della prateria di posidonia ed altre biocenosi tra Cogoleto e Vesima

Dalle più recenti indagini di marcatura del limite si evidenza uno stato di sostanziale stabilità sia per quanto riguarda la posizione del limite che la vitalità della pianta. Di seguito si riportano i dati reperiti dalle relazioni di Enea (1993), di ARPAL (dal 2002 al 2006) e di RSTA (2007).

Profondità (m)	Densità 1991 (fasci/m²)	Densità 1992 (fasci/m²)	Ricoprimento %
9	366	300	5
13	213	351	70
19,5	171	160	20

Tabella 16 - Densità dei fasci fogliari e ricoprimento della prateria di Cogoleto (da Enea 1993)

Anno	Profondità (m)	Densità (fasci/m²)	Ricoprimento %
2002	17,2	175	70
2003	17,2	174	70
2004	17,2	151	80
2005	17,2	159	75
2006	17,2	164	75

Tabella 17 - Densità dei fasci fogliari e ricoprimento della prateria di Cogoleto (dati ARPAL)

TRANSETTO	PROF. MARGINE	COORDINATE BALISES	TEMP (1 m - 5 m)	SALINITA' (1 m - 5 m)	TIPO DI MARGINE	SUBSTRATO	STIMA COPERTURA	DENSITA' FASCI	NOTE
A SUPERIORE	10 m	44° 22' 71'' N 8° 38' 26'' E	22,24°C 21,81°C	36,83 36,81	EROSIVO	SABBIA a scarsa componente pelitica	70%	500 fasci/m² Classe di qualità II	patches di posidonia su subbia (mosaico);grossi canaloni di sabbia.
A INFERIORE	18 m	44° 22' 63'' N 8°38'29'' E	22,36°C 21,90°C	36,81 36,77	REGRESSIVO	SABBIA a preponderante componente pelitica	60%	300 fasci/m² Classe di qualità IV	posidonia più densa, con canaloni di sabbia; mosaico di posidonia.
B SUPERIORE	7 m	44°22' 79'' N 8°38'31'' E	22,93°C 22,04°C	36,84 36,78	EROSIVO	SABBIA	50%	280 fasci/m² Classe di qualità III	zona un po' più erosa;mosaico ben evidente di posidonia.
B INFERIORE	19 m	44° 22' 65'' N 8° 38'35'' E	22,51°C 21,88°C	36,82 36,78	REGRESSIVO	SABBIA a preponderante componente pelitica	60%	250 fasci/m² Classe di qualità IV	sabbione;mosaico di posidonia
C SUPERIORE	5 m	44°23'05'' N 8°38'47'' E	22,85°C 21,69°C	36,79 36,75	REGRESSIVO	SABBIA	35%	230 fasci/m² Classe di qualità IV	tutta sabbia;evidenti i ripple.
C INFERIORE	17 m	44°22'97'' N 8°38'55'' E	22,65°C 21,92°C	36,84 36,80	REGRESSIVO	SABBIA a preponderante componente pelitica	40%	170 fasci/m² Classe di qualità IV	subbia
D SUPERIORE	5 m	44°23'34'' N 8°39' 01'' E	23,45°C 22,70°C	36,77 36,76	REGRESSIVO	SABBIA e ROCCIA	30%	150 fasci/m² Classe di qualità IV	sabbia;matte morta;qualche ciuffo di posidonia.
D INFERIORE	20 m	44°23'06'' N 8°39'07'' E	23,03°C 21,97°C	36,78 36,77	REGRESSIVO	SABBIA a scarsa componente pelitica	40%	200 fasci/m² Classe di qualità IV	sabbia con evidenti ripple.
E SUPERIORE	1,5 m	44° 23'00'' N 8°39'31'' E	23,84°C	36,81	EROSIVO	SABBIA	30%	260 fasci/m² Classe di qualità IV	sabbia;matte morta;qualche ciuffo di posidonia;formazione rocciosa;matte con foglie strappate.
E INFERIORE	20 m	44°23'09'' N 8°39'24''E	23,37°C 21,87°C	36,86 36,75	REGRESSIVO	SABBIA a scarsa componente pelitica	40%	260 fasci/m² Classe di qualità IV	mosaico posidonia su sabbia.

Tabella 18 - Densità dei fasci fogliari e ricoprimento della prateria di Cogoleto (da RSTA 2007). La lettera maiuscola indica il transetto; Superiore e inferiore indica il posizionamento della stazione in base al limite.

La prateria di Arenzano ha inizio subito a levante della foce del torrente Lerone e si sviluppa per circa 2 km, terminando a ponente del porticciolo; la larghezza della prateria, nel punto di massima estensione, è di circa 450 m. La superficie totale è di circa 8ha di matte morta.

Il limite superiore varia da 2 m a 5 m di profondità, mentre quello inferiore è situato mediamente tra i 15 e i 20 m. Presenta evidenti segni di regressione con copertura discontinua, presenza di ampie lacune e aree di matte morta. Tali caratteristiche sono più accentuate nella porzione di prateria verso levante, tanto che a Sud Ovest del porticciolo di Arenzano la presenza della pianta appare vestigiale, mentre a nord di esso rimangono solo tracce di matte morta, testimonianza della passata presenza del posidonieto anche nel settore di levante del comune (Diviacco & Coppo 2004).

Profondità (m)	Densità 1991 (fasci/m²)	Densità 1992 (fasci/m²)	Ricoprimento %
3	439	486	5
12	238	317	60
17,5	172	250	20

Tabella 19 - Densità dei fasci fogliari e ricoprimento della prateria di Arenzano (da Enea 1993)

	Profondità (m)	Densità (fasci/m²)	Note
T1–sup	5	615	chiazze su roccia
T1–prof	10	356	fioritura
T2–sup	5	748	
T2 prof	11	465	frutti in formazione; copertura 50%
T3–sup	4	552	chiazze su roccia
T3–prof	17	244	limite progressivo

Tabella 20 - Densità dei fasci fogliari della prateria di Arenzano (da IDRA 2004)

Nel complesso gli studi denotano una situazione migliore rispetto a quella documentata all'inizio degli anni '90, almeno per la posizione di ponente della prateria; per il settore di levante lo stato di progressiva degradazione (IDRA, 1999c). Nel 2004 ritrovamento di fiori e frutti in formazione e di un limite inferiore con segni di progressione (IDRA, 2004e).

Da indagini condotte nel 2006 (Diviacco e Coppo 2006) oltre a confermare una prateria a distribuzione frammentata hanno rilevato poche aree coperte da buon rigoglio vegetativo.

Prato di Cymodocea nodosa di Arenzano (GE)

A levante del porto di Arenzano è presente un prato di Cymodocea nodosa molto più vasto rispetto ai precedenti (circa 58 ha), che si estende per circa 2,5 km fino a Vesima tra 4 e 10 metri di profondità.

Affioramenti rocciosi di Arenzano (GE)

A sud e, in misura minore ad Est del porticciolo di Arenzano, tra i 30m e i 50 m di profondità si trovano vaste isole di substrato duro, colonizzate da popolamenti tipici del coralligeno, che rappresentano un elemento di notevole pregio e biodiversità; tali formazioni sono state oggetto di alcune osservazioni nell'ambito dello studio comunale già richiamato. La comunità biologica a -30 m è dominata dai Poriferi, come Axinella polypoides e Spongia agaracina, mentre gli affioramenti più profondi sono caratterizzati da gorgonie, fra le quali domina Paramuricea clavata.

4.1.7 Analisi meteo-marine

Con riferimento alle analisi meteo-marine necessarie per il dimensionamento delle opere di ripascimento in progetto si rimanda alla relazione allegata al progetto preliminare redatto dalla S.G.G. di Savona, e di cui si

è già riferito in premessa, nell'ambito del quale sono state analizzate le caratteristiche della dinamica litorale del paraggio (clima meteomarino, trasporto dei sedimenti e stabilità delle spiagge).

Le analisi e verifiche (per i cui dettagli si rimanda alla specifica relazione allegata al Progetto Preliminare) sono state eseguite con il seguente schema procedurale:

- valutazione del clima del moto ondoso in acque profonde, al fine di determinare la dinamica litorale nel tratto di costa antistante Arenzano;
- modellazione numerica per analizzare l'evoluzione del moto ondoso sotto costa (codice di calcolo GHOST);
- valutazione del trasporto solido lungo costa dei sedimenti (potenziale), in base alle condizioni del moto ondoso sotto costa e definizione del tasso di erosione (o accrescimento) con bilancio dei sedimenti;
- valutazioni sulle criticità e analisi delle soluzioni per le diverse spiagge di Arenzano.

Per l'esecuzione dello studio sono state utilizzate le seguenti basi d'informazione:

- dati sul moto ondoso (boa di La Spezia e dati di hindcast);
- fotografe aeree storiche della costa di Arenzano;
- batimetria della costa comunale (levata nel luglio 2003);
- analisi granulometriche di diversi campioni di fondale, prelevati nel corso dell'estate 2003.

I profili di spiaggia di progetto sono stati individuati sulla base delle risultanze delle analisi meteomarine condotte nel citato studio, di cui si riportano nel seguito alcuni dati di sintesi, rimandando alla relazione originale per maggiori dettagli.

4.1.8 Studio meteomarino

Le fonti d'informazione di base utilizzate sono riferite, come accennato, ai dati rilevati dalla boa ondametrica di La Spezia, e quelli satellitari detti di hindcast commercializzati dalla OceanWeather Inc. (USA), che si riferiscono all'intera costa ligure.

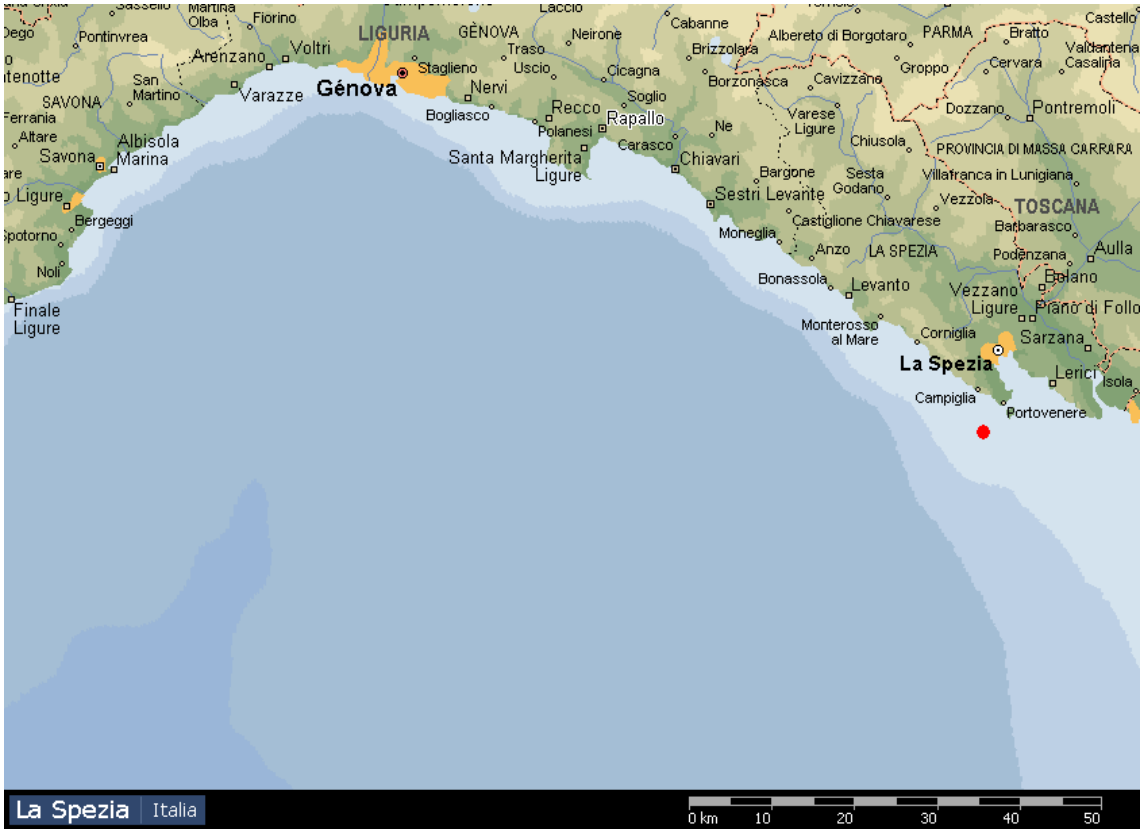


Figura 4-11 - Posizione della stazione ondametrica di La Spezia.

La distribuzione cardinale ottenuta sulla base dei due sistemi di rilevamento ondametrici è riportata nelle figure sottostanti, nelle quali si apprezza la chiara differenza settoriale del moto ondoso.

In particolare, la rosa ottenuta dai dati della boa ondametrica indica una predominanza del moto ondoso da SW, in quanto non raccoglie, per la posizione geografica protetta a levante, onde di componente E. I dati satellitari sul Mar Ligure, invece, riportano tutte le onde presenti.

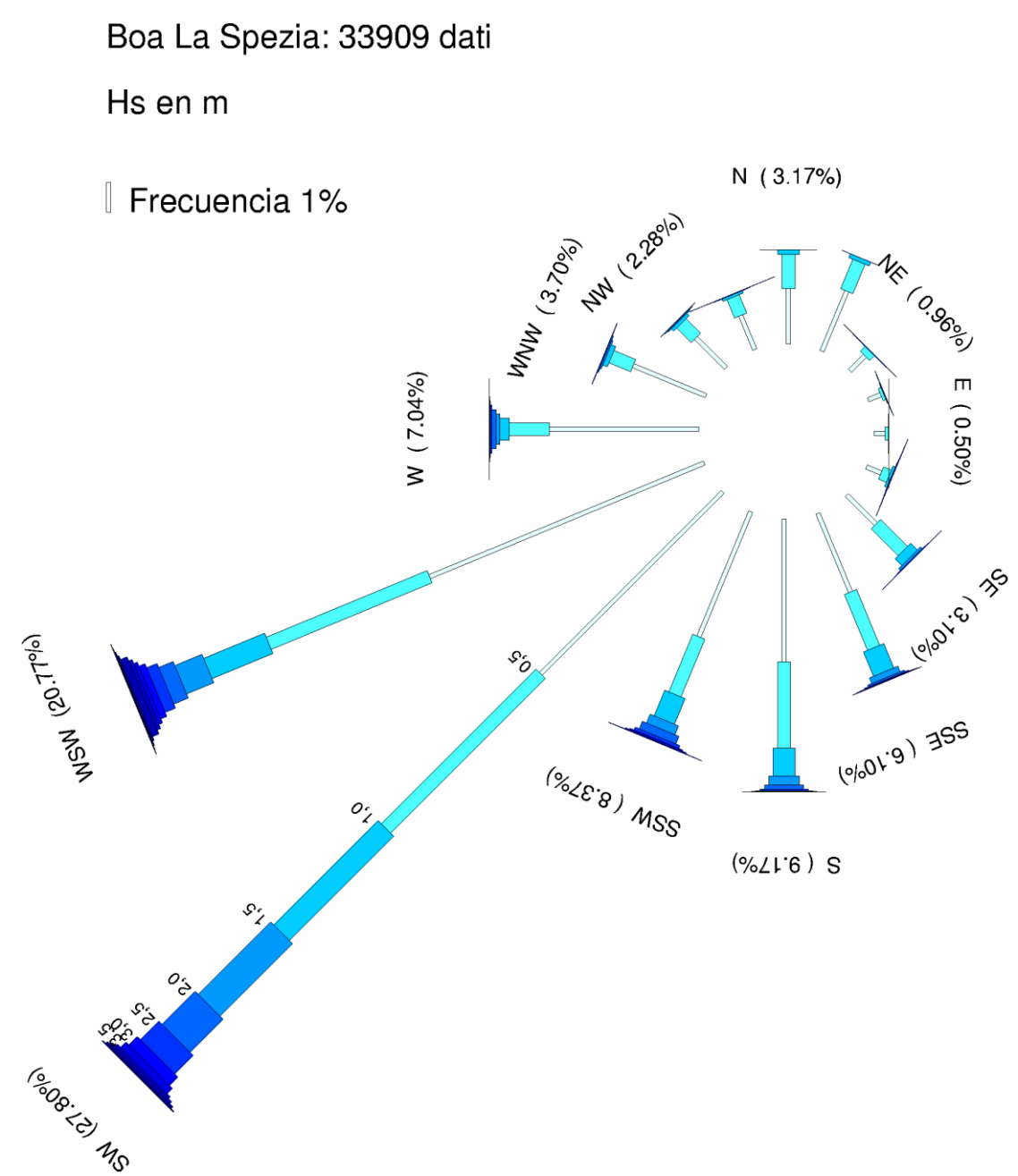


Figura 4-12 - diagramma annuale del moto ondoso. Dati boa ondametrica di La Spezia.

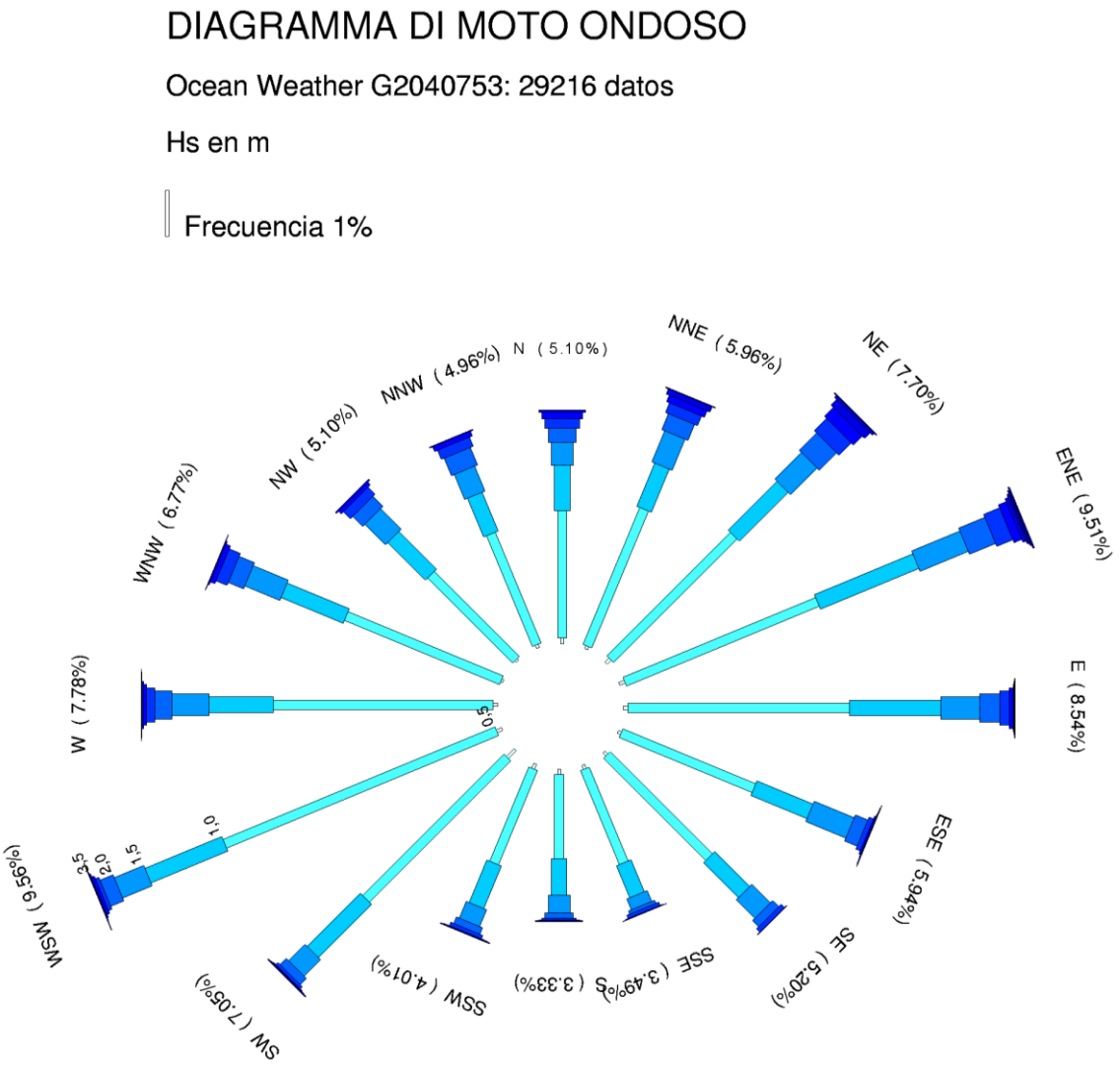


Figura 4-13 - diagramma annuale del moto ondoso. Dati OceanWeather (nodo G2040753).

La procedura utilizzata per la definizione del clima marittimo finale è stata basata sui dati misurati a La Spezia, integrati da quelli di provenienza satellitare, non registrati per la morfologia del paraggio dove è ubicato lo strumento ondametrico, ma comunque esistenti al largo di Arenzano (principalmente quelli di componente E).

4.1.9 Propagazione del moto ondoso

L'analisi di propagazione del moto ondoso dal mare aperto fino alla costa in esame è finalizzata alla simulazione dei fenomeni che trasformano la morfologia delle onde nel percorso di avvicinamento dagli alti

fondali alla battigia, in modo da caratterizzare adeguatamente direzioni e altezze delle onde lungo costa e quindi gli effetti sulla dinamica litorale.

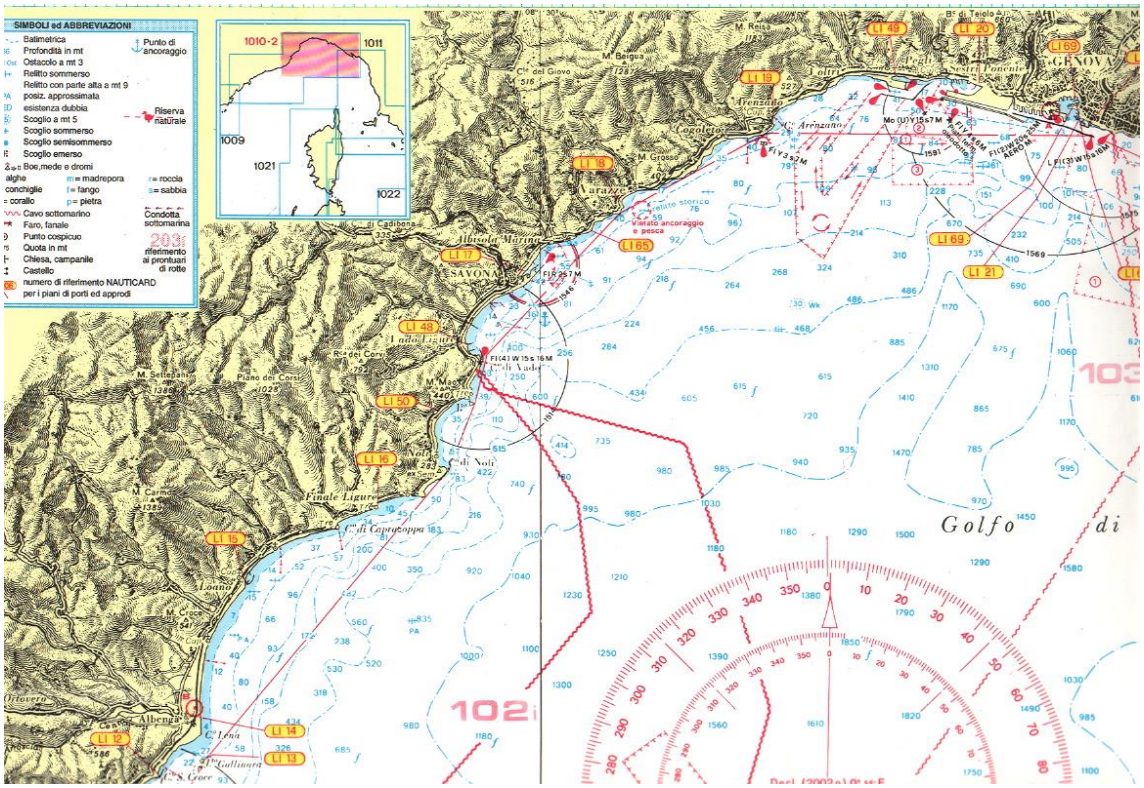


Figura 4-14 - Inquadramento geografico della zona in studio.

La posizione geografica di Arenzano risulta protetta, per alcuni settori di moto ondoso, dal “cono d’ombra” determinato da Capo Mele, a W del Golfo di Genova; in mare aperto i dati satellitari evidenziano che le onde provenienti da SW (vento di Libeccio) sono quelle caratterizzate da una maggiore energia, in conseguenza della rilevante estensione del fetch.

Il modello matematico impiegato per la simulazione della propagazione delle onde, dal largo verso costa, è il codice GHOST (Rivero et al, 1997; Carci & Rivero, 1998). Si tratta di un codice di calcolo che impiega un modello matematico de propagazione irregolare delle onde, integrato nelle frequenze e descritto da una funzione di dispersione direzionale, in un dominio fisico arbitrario ed in presenza di correnti ambientali. Il modello è in grado di riprodurre in forma congiunta i seguenti fenomeni fisici associati alla propagazione del moto ondoso dal mare aperto al litorale:

- shoaling;

- rifrazione;
- diffrazione;
- interazioni onda correnti;
- attrito con il fondale;
- frangimento dell'onda.

Il modello si basa sull'equazione spettrale di trasporto della densità di azione dell'onda ($A=E/\sigma$), quale funzione di tre variabili indipendenti: due di coordinate spaziali (x e y) e la direzione di propagazione (α), assumendo condizioni stazionarie, discretizzate alle differenze finite. Si tratta, pertanto di un modello lineare di tipo energetico (phase-averaged), che non considera la riflessione delle onde nonché i fenomeni non lineari (asimmetria del profilo d'onda, dispersione per ampiezza, interazioni non lineari onda-onda, ecc.). Ciononostante, il modello è in grado, mediante una condizione al contorno laterale speciale, di riprodurre la riflessione generata da un'ondazione che incide obliquamente su tale intorno.

La griglia di calcolo impiegata è orientata con l'asse delle ascisse in direzione 30°N. Il dominio fisico riprodotto risulta di 4.200 m x 9.300 m, discretizzato in celle rettangolari di 20 x 30 m, nel numero di 210 in direzione dell'asse X e 310 in direzione dell'asse delle ordinate. L'interpolazione batimetrica è stata realizzata in base ai dati misurati nell'apposita campagna di rilevamento del fondale eseguita, integrata dalle informazioni riportate nelle carte nautiche ufficiali mediante interpolazione (metodo kriging). Il risultato dell'interpolazione è riportato in seguito.

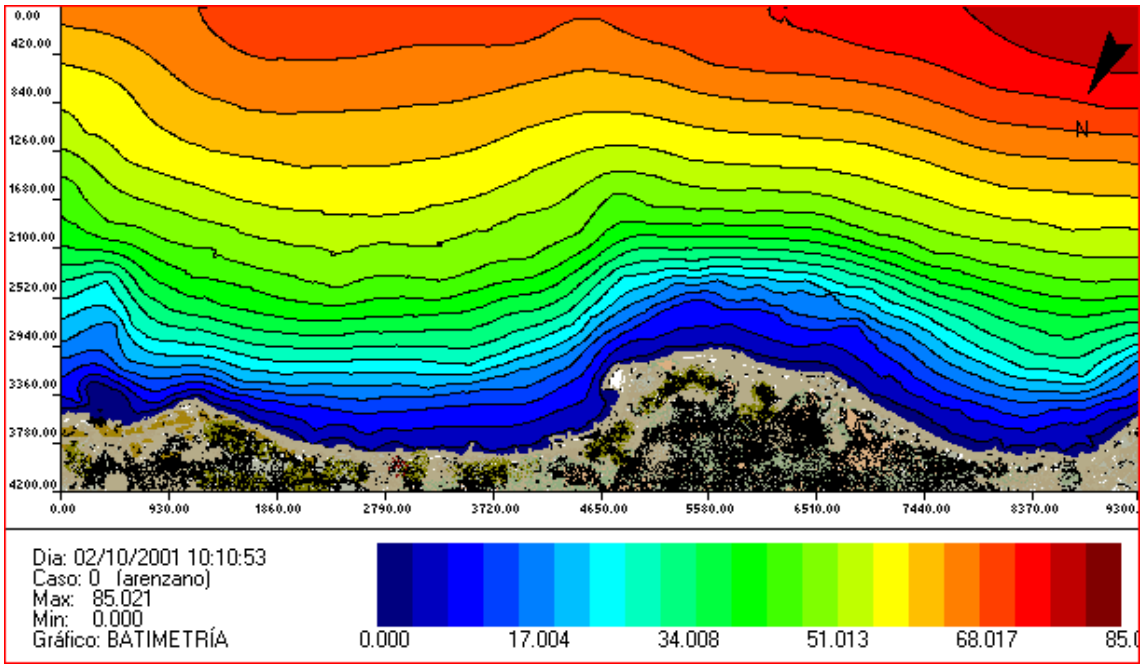


Figura 4-15 - Maglia di propagazione al largo della costa di Arenzano, con la zona del porto evidenziata con un cerchio nero.

La propagazione del moto ondoso ottenuta, espressa nei tre periodi e per settore di traversia, è riassunta in Tavola 1. L'altezza dell'onda significativa nelle simulazioni è di 1 m, in modo da ottenere i valori del coefficiente adimensionale di propagazione prima della zona di frangimento e quindi essere impiegato per le stime di trasporto solido, assumendo la linearità dell'altezza d'onda nel processo di propagazione. Ciò è possibile se si trascurano i fenomeni di dissipazione d'energia associati alla rottura dell'onda e l'attrito del fondale fino alla zona dei frangenti.

Settore	Altezza Hs (m)	Periodo Tp (s)
ESE	1.0	5
		7.5
		10
SE	1.0	5
		7.5
		10
SSE	1.0	5
		7.5
		10
S	1.0	5
		7.5
		10
SSW	1.0	5
		7.5
		10

Tavola 1. Propagazione del moto ondoso per settori.

In linea generale, per i periodi ridotti, il moto ondoso presenta cambiamenti significativi (shoaling e rifrazione) nella parte prossimale alla costa, come si può osservare in Figura 4.16. In funzione dell'aumento del periodo, l'onda risente più al largo dell'influenza del fondale. La morfologia del fondale in corrispondenza del promontorio (zona di Marina Piccola e del porto) determina un effetto di rifrazione con una concentrazione dell'energia del moto ondoso. Questa concentrazione aumenta al crescere del periodo del moto ondoso come si può apprezzare in Figura 4.17 e Figura 4.18. Con la rotazione dell'onda fra SSW e SW, si delinea una zona, situata di fronte all'imboccatura del porto turistico, relativamente protetta dall'azione marina incidente. Tale zona è studiata con maggior dettaglio nella fase di analisi della circolazione indotta dal frangimento delle onde.

In Figura 4.19 sono tracciati i diagrammi del moto ondoso ottenuti in diversi punti lungo la costa di Arenzano, a una profondità media di 10 m.

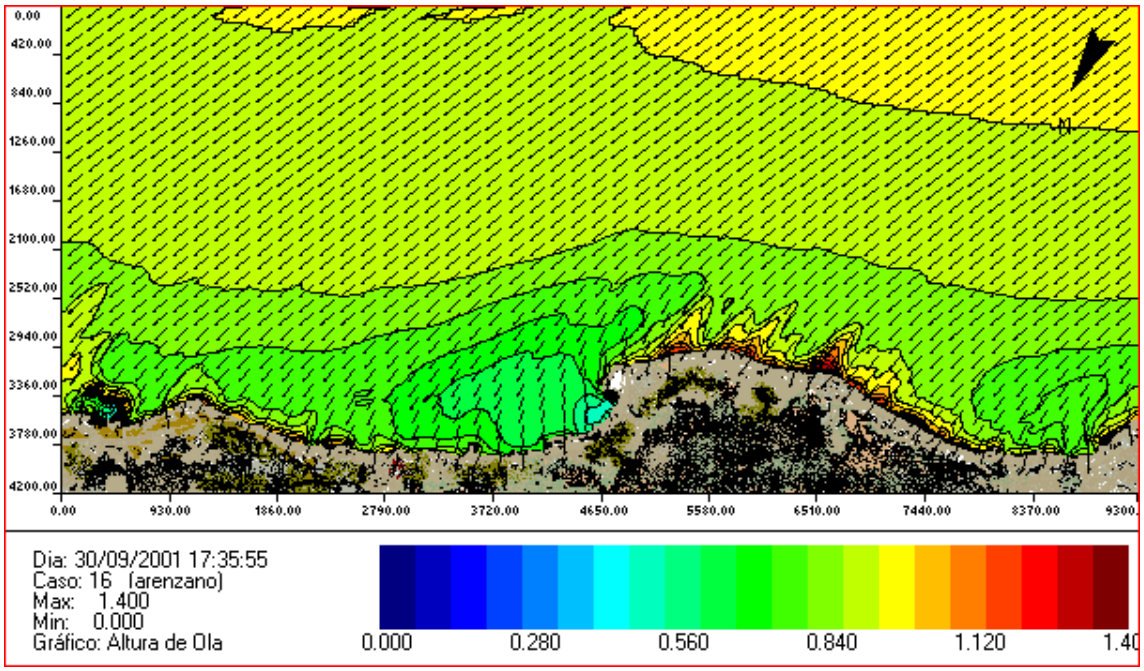


Figura 4-16 - Distribuzione del coefficiente adimensionale di propagazione e dell'angolo medio d'incidenza. Moto ondoso da ESE, Tp= 5 s.

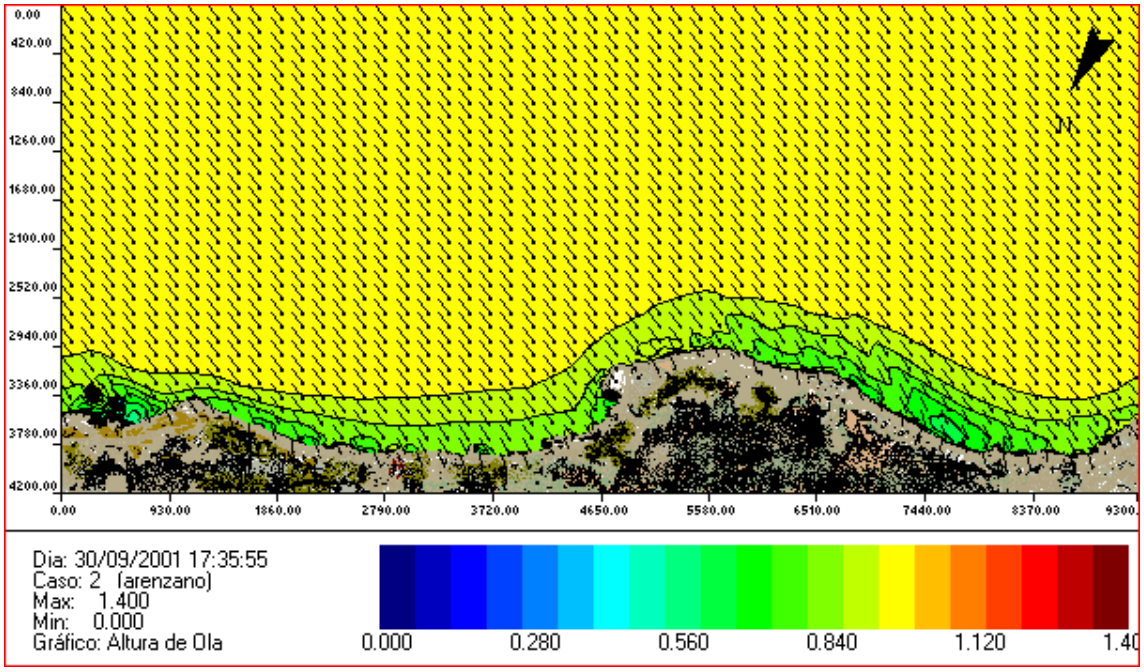


Figura 4-17 - Distribuzione del coefficiente adimensionale di propagazione e dell'angolo medio d'incidenza. Moto ondoso da SE, Tp = 7.5 s.

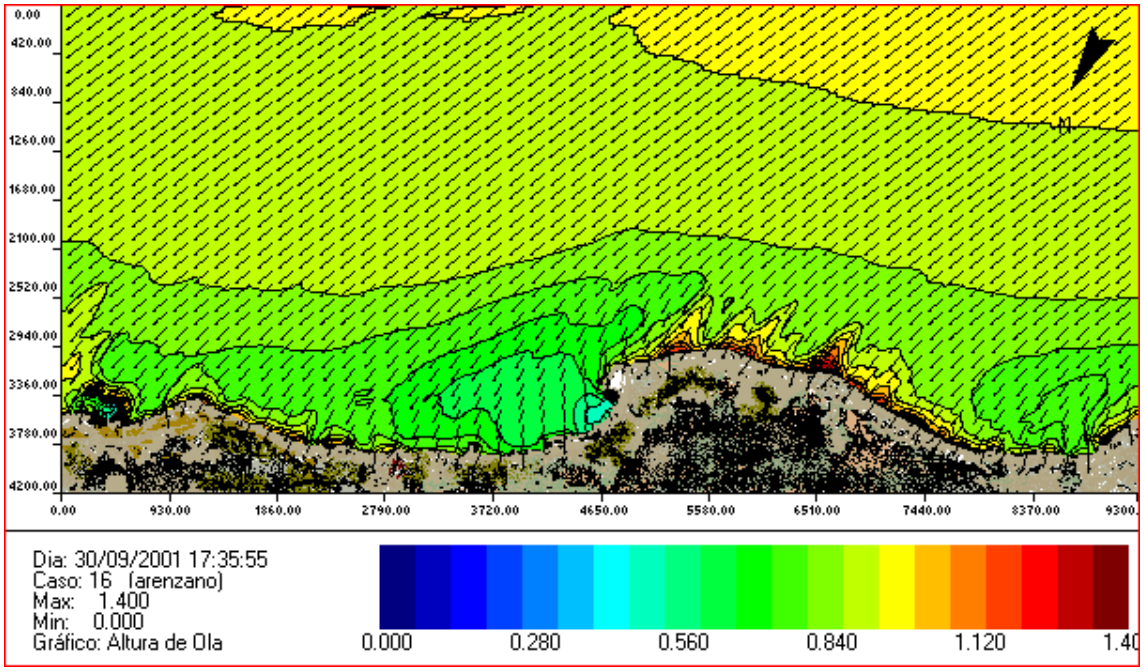


Figura 4-18 - Distribuzione del coefficiente adimensionale di propagazione e dell'angolo medio d'incidenza. Moto ondoso da SSW. Tp = 10 s.

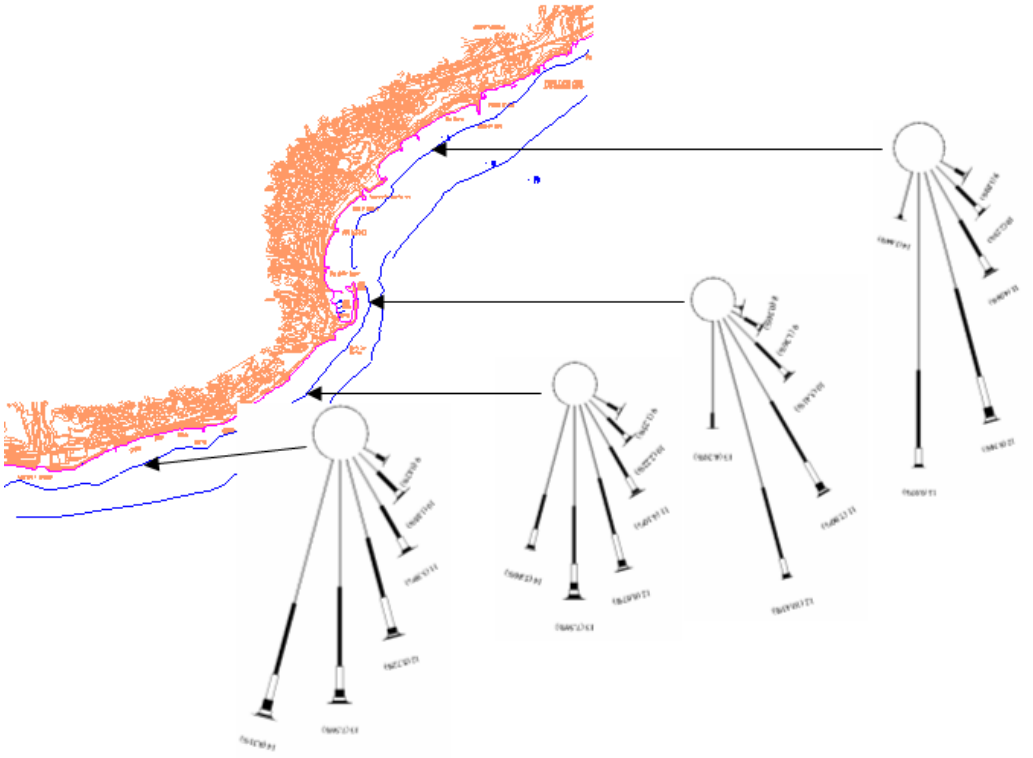


Figura 4-19 - Diagrammi di provenienza e frequenza del moto ondoso a 10 m di profondità lungo la costa di Arenzano.

4.1.10 Trasporto longitudinale dei sedimenti

Per effettuare un'analisi della dinamica litorale della zona, sono stati determinati i tassi di trasporto longitudinale dei sedimenti lungo la costa di Arenzano, utilizzando la formulazione del CERC (1984), partendo dai risultati ottenuti nell'analisi del clima e della propagazione del moto ondoso:

$$Q = a \cdot Hs_b^{\,2} \sqrt{Hs_b}\, \mathrm{sen}(2\alpha'_b)$$

dove

$$a = \frac{K\sqrt{\frac{g}{\gamma}}}{32\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right)(1-p)}$$

$$\alpha_b' = \alpha_b - \alpha_r = \text{arcsen}\left[\frac{2\pi}{T}\sqrt{\frac{Hs_b}{\gamma g}}\,\text{sen}(\alpha_0)\right] - \alpha_r$$

I parametri indicati permettono una stima del trasporto potenziale, definito come capacità di trasporto, di un determinato regime di moto ondoso, di un sedimento in una certa direzione lungo un certo fronte marittimo, considerando che non vi siano limitazioni nel volume di sedimenti disponibili e che non vi siano ostacoli al trasporto degli stessi (per esempio pennelli).

Il trasporto solido reale, invece, è quello che effettivamente si determina lungo il tratto di costa e che pertanto sarà minore o uguale a quello potenziale in funzione della disponibilità di sedimenti da mobilitare e dalla presenza di ostacoli.

D'altra parte la costante k della formula del CERC è direttamente proporzionale al tasso di trasporto risultante. Il valore indicato per tale costante è di 0.58 (se si usa Hrms nei calcoli) e di 0.24 (nel caso si impieghi Hs). In ogni caso questo valore è indicato per dimensioni dei sedimenti molto più ridotte di quelli tipici del paraggio in esame.

In realtà la formula del CERC non prende in considerazione la dimensione media dei sedimenti, pur essendo quest'ultimo un parametro molto importante, in quanto il trasporto diminuisce al crescere della dimensione media dei granuli. Considerando i dati dedotti nelle indagini descritte nel fascicolo 01, ed in particolare le dimensioni dei granuli rilevate nelle spiagge emerse e sommerse, ci si è basati sulle esperienze precedenti calibrando la formula CERC con un coefficiente k=0.1 dal quale ricavare il trasporto potenziale direzionale e netto.

I dati ottenuti vengono discussi nelle pagine successive.

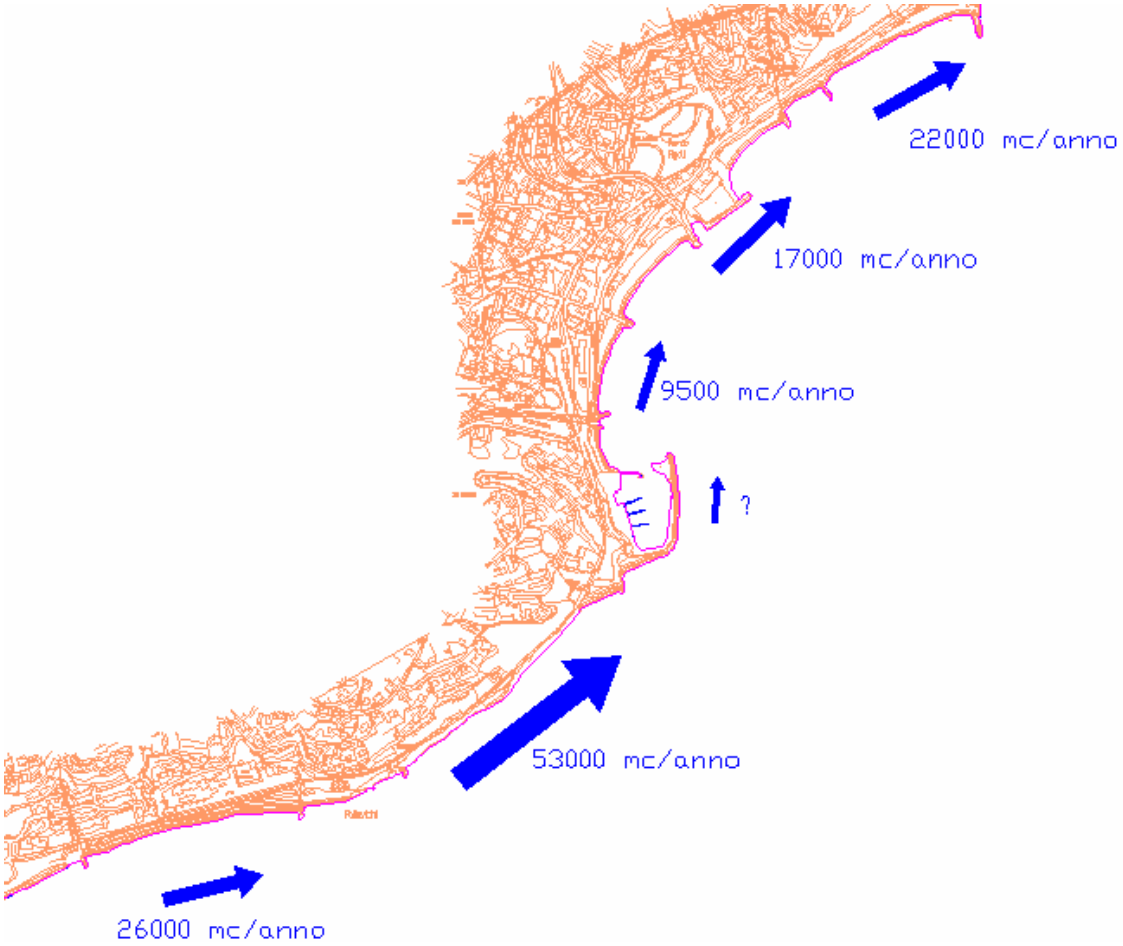


Figura 4-20 - Trasporto solido potenziale a NE lungo la costa di Arenzano.

Trasporto longitudinale lordo verso NE

- A Sud Ovest del porto di Arenzano, le condizioni di trasporto potenziale verso il primo quadrante aumentano a misura che ci si avvicina al porto stesso, essendo dell'ordine di più di 25.000 m^3/anno a Marina Grande e di oltre 50.000 m^3/anno in prossimità del porto, in ragione del cambio di direzione della linea di costa.
- Il porto turistico costituisce una barriera al trasporto longitudinale dei sedimenti verso NE, trattenendo parte degli stessi e lasciandone passare un'aliquota a NE, come vedremo più avanti.
- Nelle spiagge a NE del porto, il trasporto longitudinale verso il primo quadrante cresce a misura che ci si sposta verso il Carbo del Pizzo, risultando inferiore ai 10.000 m^3/anno, in sinistra della foce del Rio San Martino, mentre al Pizzo supera i 20.000 m^3/anno.

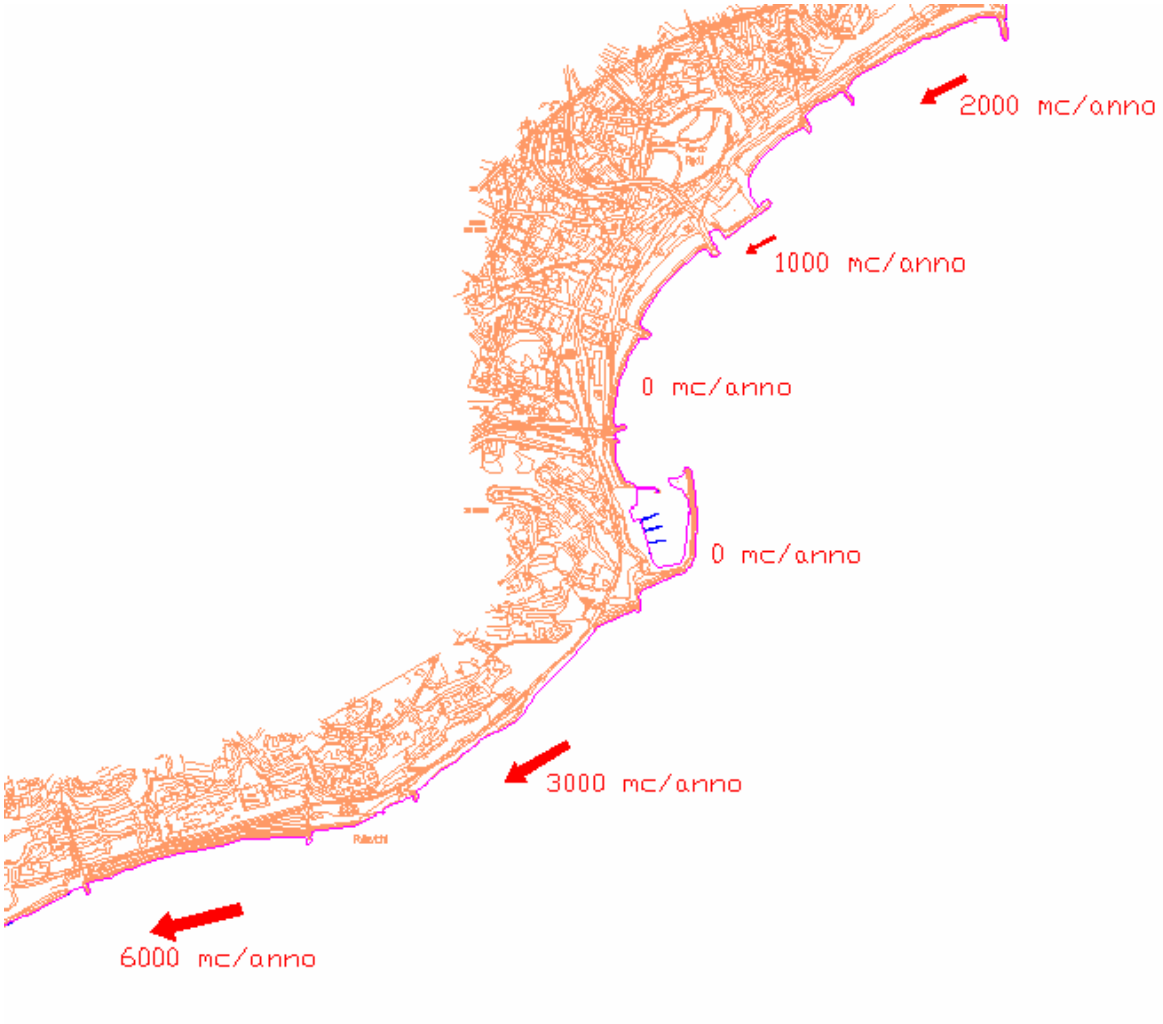


Figura 4-21 - Trasporto potenziale a SW lungo la costa di Arenzano.

Trasporto longitudinale lordo verso SW

- A Sud Ovest del porto, il trasporto a SW diminuisce in prossimità del molo frangiflutti, essendo dell'ordine dei 6.000 m^3/anno a Marina Grande e di circa 3.000 m^3/anno a SW di Marina Piccola, in ragione del cambio di direzione della linea di costa.
- Lungo le spiagge a NE del porto, il trasporto longitudinale a SW risulta molto ridotto e decresce in direzione del capoluogo, essendo dell'ordine dei 2.000 m^3/anno lungo la Spiaggia del Pizzo e praticamente nullo alla foce del Rio San Martino.

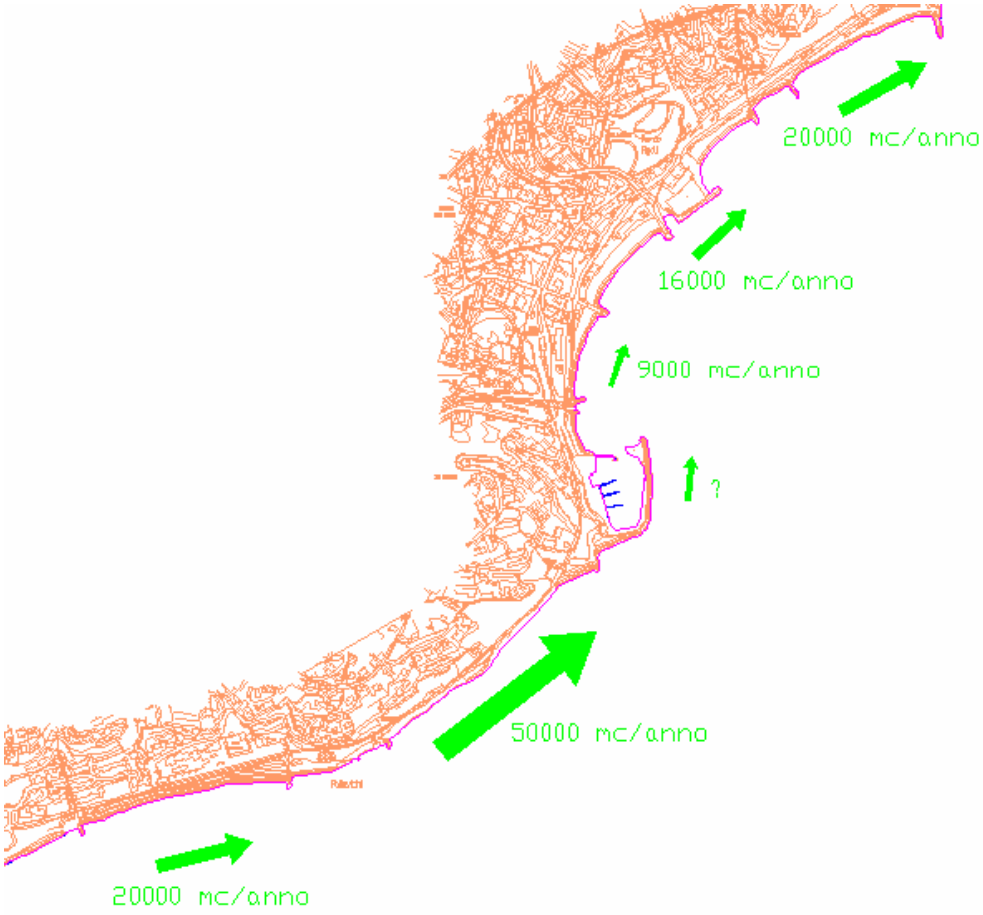


Figura 4-22 - Trasporto solido potenziale netto lungo la costa di Arenzano.

Trasporto longitudinale netto

- Lungo tutta la costa comunale, il trasporto solido netto dovuto alle correnti *long shore* è diretto a NE.
- Nel tratto fra la foce del Lerone e Marina Piccola, il trasporto netto aumenta a misura che ci si approssima al porto, con valori superiori a 20.000 m^3/anno a Marina Grande e di 50.000 m^3/anno a Marina Piccola, in rapporto al cambio di direzione della linea di costa.
- Come già detto, il molo frangiflutti del porto costituisce una barriera al movimento verso NE, trattenendo parte dei sedimenti (che si depositano a sud della foranea e a ridosso della stessa. L'aliquota di sedimenti che oltrepassa il frangiflutti non è però in condizioni di raggiungere le spiagge settentrionali. L'aliquota di sedimento trattenuto dalla diga, in repporto a quella che prosegue a NE, diminuisce nel tempo in funzione dell'accrescimento delle barre di sabbia.

- Lungo il tratto a settentrione del porto, il trasporto solido netto cresce progressivamente in direzione di Genova, risultando inferiore ai 10.000 m³/anno, a ridosso della foce del San Martino, per aumentare fino a 20.000 m³/anno fra la *Pria Pulla* e il Carbo del Pizzo. Le ragioni di questo incremento possono così riassumersi:

  - la variazione dell'orientamento della costa rispetto ai treni d'onda;
  - la protezione del molo frangiflutti del porto rispetto ai venti dominanti di Libeccio e al moto ondoso da SW, che incide sulla spiaggia del capoluogo con minore energia e più vicino alla perpendicolarità alla costa;
  - maggiore disponibilità di sedimenti nel tratto attivo del profilo di spiaggia sommersa a misura che ci si allontana dal porto.

4.1.11 La spiaggia di Arenzano centro

La dinamica litorale non può esaustivamente essere definita con il solo trasporto longitudinale netto ricavato in precedenza, in quanto non tiene conto dell'effetto di protezione a SW determinato, come detto, del molo frangiflutti del porto turistico.

Per simulare e definire meglio le condizioni idrodinamiche e sedimentarie di questa spiaggia, si è impiegato un modello di calcolo mediante accoppiamento di diversi codici numerici in una fascia estesa da Marina Piccola alla foce del Cantarena (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**); si tratta in particolare d ei seguenti codici:

- modello di propagazione del moto ondoso GHOST;
- modello di circolazione costiera CIRCO;
- modello di trasporto e dispersione di particelle e sedimenti TRACK.

L'obiettivo dell'analisi idrodinamica è finalizzato alla conoscenza delle correnti costiere, generate per diversi moti ondosi incidenti, e alla propagazione dei sedimenti associata a tale circolazione locale. In particolare, questa analisi locale dovrà rispondere ad alcune questioni fondamentali per individuare situazioni di riassetto dl paraggio in ragione delle diverse problematiche fra le quali:

- ✓ determinare la direzione dei sedimenti che oltrepassano il frangiflutti del porto;
- ✓ verificare la provenienza e il meccanismo che governa la sedimentazione delle sabbie che si accumulano sottovento al frangiflutti sull'imboccatura del porto turistico;
- ✓ determinare dove sono diretti i sedimenti che si perdono dalle spiagge in regressione.

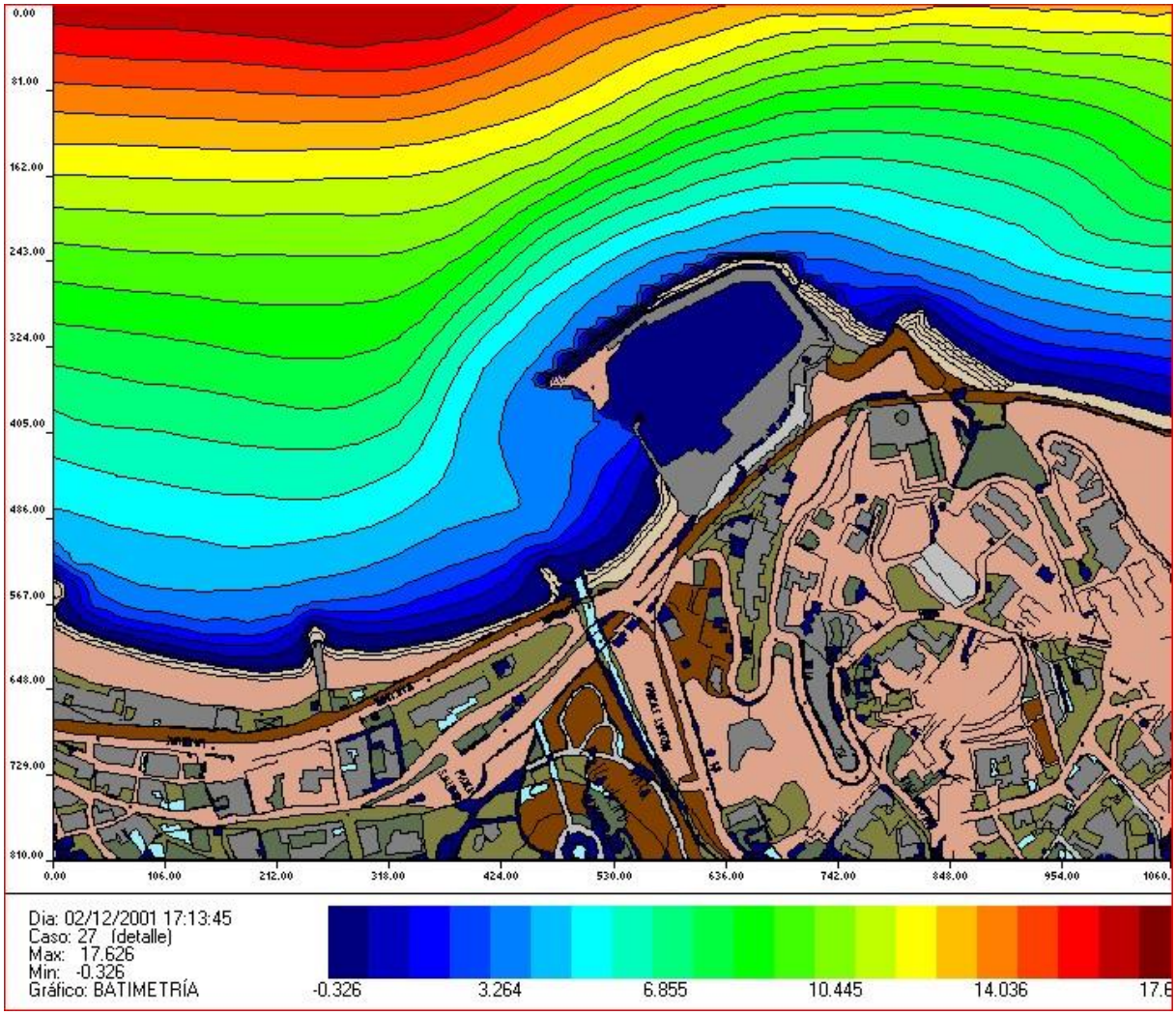


Figura 4-23 - Dominio di calcolo e fasce batimetriche considerate nell'analisi idrodinamica e sedimentaria della parte centrale di Arenzano.

Le conclusioni più rilevanti delle analisi numeriche condotte possono così riassumersi:

- per tutte le condizioni di moto ondoso considerate (settori da SE a WO), si osserva che il trasporto longitudinale dei sedimenti a SW del porto di Arenzano si sposta da SW a NE;
- una parte dei sedimenti provenienti da SW si ferma a ridosso del molo frangiflutti (a levante di Marina Piccola) il resto oltrepassa il porto;
- i sedimenti che oltrepassano il molo frangiflutti non sono trattenuti all'imboccatura del porto ma si dirigono verso la spiaggia depositandosi nella spiaggia sommersa fra le isobate dei 3 e 6 m;

- la spiaggia interposta fra il porto e la foce del Rio San Martino, riparata dal moto ondoso di SW, presenta una circolazione caratteristica che determina uno spostamento dei sedimenti presenti al piede del profilo di spiaggia in direzione dell'imbocco del porto, determinandone la formazione di una barra. Tale fenomeno, noto da anni, comporta il periodico dragaggio dell'imbocco del porto;
- l'unica misura efficace per evitare l'interrimento del porto è la modifica della forma e dell'orientamento del molo di sottoflutto in modo da trattenere l'apporto di sedimenti provenienti dalla spiaggia. Nelle simulazioni eseguite si è verificato, a titolo esemplificativo, il comportamento di un pennello radicato nel molo di sottoflutto; tale soluzione non rappresenta comunque l'unica ipotesi d'intervento per mitigare il fenomeno rilevato;
- le spiagge a nord del Rio San Martino sono soggette ad un chiaro trasporto longitudinale, in direzione NE, che aumenta progressivamente a levante del pennello posto in sinistra alla foce del San Martino. Tale incremento è legato alla minore protezione esercitata dal molo frangiflutti del porto. Il forte gradiente del tasso di trasporto solido determina l'effetto erosivo diffuso su tutte queste spiagge;
- il modello permette di rilevare che sussistono condizioni di continuità nella circolazione sottocosta (corrente longitudinale) in corrispondenza dei pennelli; tale fenomeno indica che la lunghezza di questi è ridotta. I sedimenti passano perciò con facilità da una spiaggia all'altra e quindi la capacità di trattenimento dei sedimenti delle opere in questione è alquanto ridotta;
- le analisi del trasporto dei sedimenti mettono altresì in evidenza la ridotta entità di apporto terrigeno da parte dei corsi d'acqua presenti; si può infatti osservare che alla foce del Lerone, del Cantarena e del San Martino non sono presenti nei rilievi a mare grossi apparati conoidi; in molti casi si tratta di fondali relativamente stabili. Nel caso del San Martino la saccatura di sedimenti presente nei rilievi batimetrici è da mettere in correlazione con l'effetto di cirolazione indotto dal molo frangiflutti del porto. Le valutazioni analitiche eseguite dalla scrivente (2001) nello Studio della costa provinciale sulle foci del Lerone e del Cantarena indicavano un apporto grossolano annuale alla foce dell'ordine dei 3000 e 500 m^3 rispettivamente. Gran parte di questo materiale è trattenuto dalle briglie prossime allo sbocco a mare.

4.1.12 Caratteristiche generali del fondale

La morfologia del fondale antistante il paraggio di Arenzano è suddivisibile in due settori: il primo, dalla spiaggia sommersa fino all'isobata dei 50 m, che presenta una pendenza variabile dal 2.3 al 6 % e si estende per una fascia di ampiezza variabile da 1.1 fino a 2.0 km. Il secondo settore è compreso fra le batimetriche dei 50 e dei 100 m; in questo ambito la pendenza media del fondale si attesta su valori del 1% – 1,9%. L'isobata dei 100 m si attesta ad una distanza da terra di circa 4 km, al largo di Arenzano, con progressivo aumento a 6.5 km al largo di Voltri.

La piattaforma continentale si estende dalla linea di costa secondo distanze variabili da un minimo di 5.2 km, al largo di Cogoleto, fino ad un massimo di 10 km al largo di Voltri. Risulta in larga parte costituita da un fondale con sedimenti plio-quaternari, mentre sotto costa sono piuttosto diffuse le zone a diretto contatto con il basamento pre-pliocenico fra Marina Grande e Marina Piccola nonché fra Il Carbo del Pizzo e Lupara. Nelle zone focive del Lerone e del Cantarena S. Martino sono presenti zone di conoide sottomarina.

Il declivio continentale, più vicino alla costa verso ponente (circa 5 km), è attestato intorno alla batimetrica dei 140 m e presenta una pendenza meno pronunciata rispetto al levante genovese, in particolare alla zona dei canyon sottomarini del Polcevera e del Bisagno. Nel tratto allo studio non vi sono infatti incisioni profonde di rilievo nella piattaforma fino alla foce del Letimbro, al largo di Savona.

Nella zona compresa fra le foci dell'Arrestra e del Lerone, le campagne geofisiche a mare hanno evidenziato un cuneo di faglia, esteso fino alla batimetrica dei 75 m, con un gradino parallelo alla costa fra le batimetriche dei 20 e 30 m. Altre faglie dirette sono state rilevate al largo del promontorio di Arenzano con andamento trasversale alla linea di costa.

4.1.13 Caratteristiche del fondale sottocosta

L'esame dei rilievi batimetrici evidenzia una morfologia del fondale caratterizzata da pendenze variabili dal 2% fino al 12%, risultando particolarmente acclive al largo del conoide focivo del Lerone e di Marina Grande (12%); i tratti a minore pendenza sono localizzati alla foce del Torrente Lerone (2.7%) e del San Martino. I restanti tratti presentano pendenze medie del 5%.

Nella tabella della pagina seguente sono riportati i valori di pendenza misurati sulle sezioni di spiaggia sommersa più significative, indicate in ciascun ambito.

AMBITO	SEZIONE	TAVOLA	PENDENZA (%)		
			dalla battigia a -5 m	da – 5 a – 10 m	da -10 a – 15 m
1 Marina Grande	7	G02	4.0	2.7	3.0
1 Marina Grande	12	G02	4.7	2.3	2.9
1 Marina Grande	17	G02	4.7	2.4	2.9
2 Marina Piccola	20	G03	6.3	2.6	3.8
2 Marina Piccola	21	G03	5.3	3.5	5.5
3 Arenzano	25	G03	2.4	4.0	2.8
3 Arenzano	27	G03	3.8	2.2	2.9
3 Arenzano	29	G03	5.0	2.0	2.8
3 Arenzano	31	G03	4.5	2.0	2.8

3 Arenzano	33	G03	5.0	2.1	2.9
4 Pizzo	36	G04	3.8	2.4	2.8
4 Pizzo	38	G04	4.3	2.3	2.6
4 Pizzo	40	G04	4.2	2.3	2.4
4 Pizzo	43	G04	4.3	2.2	2.4
4 Pizzo	45	G04	4.0	2.2	2.5
4 Pizzo	51	G04	5.3	2.1	2.7

Si può osservare, nelle diverse fasce batimetriche individuate, che le maggiori pendenze sono misurate nel tratto compreso fra la battigia e l'isobata dei 5 m; in questo intervallo, infatti si registrano valori compresi fra il 3.8 e il 6.3 %, con la sola eccezione della foce del Rio San Martino (sezione 25) ove si riscontra una pendenza del 2.4 %, legata a condizioni locali di forte sedimentazione.

4.1.14 Analisi sedimentologiche

Lo spessore dei sedimenti sciolti sul fondale della baia di Arenzano è stato valutato nel corso di una campagna sismica a mare, eseguita per lo studio di ampliamento del porto commissionato dalla Mario Valle Engineering (Studio di Progettazione Ambientale, 1997); nella fascia fino all'isobata dei 5 m, il basamento roccioso è attestato fra i 5 – 6 m di profondità dalla quota di fondale.

Per la definizione delle caratteristiche sedimentologiche dei fondali sono stati prelevati ventidue campioni di sedimento (C1 - C22); nella tabella riportata nella pagina seguente sono indicate le coordinate di prelievo di ciascun campione a mare.

N. CAMPIONE	COORDINATE GAUSS BOAGA		PROFONDITA' (m)
	x (m)	y (m)	
C1	1.473.335	4.915.216	-5
C2	1.473.618	4.914.968	-10
C3	1.473.665	4.915.212	-5
C4	1.473.957	4.915.353	-5

C5	1.474.150	4.915.216	-10
C6	1.474.437	4.915.135	-13
C7	1.474.441	4.915.360	-8
C8	1.474.883	4.915.355	-12
C9	1.474.900	4.915.535	-10
C10	1.475.170	4.915.828	-10
C11	1.475.067	4.915.966	-5
C12	1.475.107	4.916.439	-4
C13	1.475.210	4.916.416	-5
C14	1.475.151	4.916.649	-5
C15	1.475.446	4.916.652	-10
C16	1.475.371	4.916.921	-5
C17	1.475.562	4.917.125	-5
C18	1.475.859	4.917.058	-10
C19	1.476.063	4.916.952	-15
C20	1.475.885	4.917.336	-5
C21	1.476.345	4.917.365	-10
C22	1.476.350	4.917.611	-5

Nella tavola immagine seguente sono mappate le classi granulometriche rilevate nell'ambito della zona in studio: in legenda sono state distinte le sabbie a frazione limosa da quelle a componente ghiaiosa, individuando i settori di fondale dove prevale ciascuna classe. Si può osservare che in prossimità delle zone di costa deposita la classe prevalente è quella delle sabbie, in percentuale superiore al 96%. Al largo e nelle zone focive principali, si rilevano contenuti in ghiaia fino al 16%. In prossimità della foce del Cantarena si evidenzia un comparto con frazioni limose fino al 12.7%.

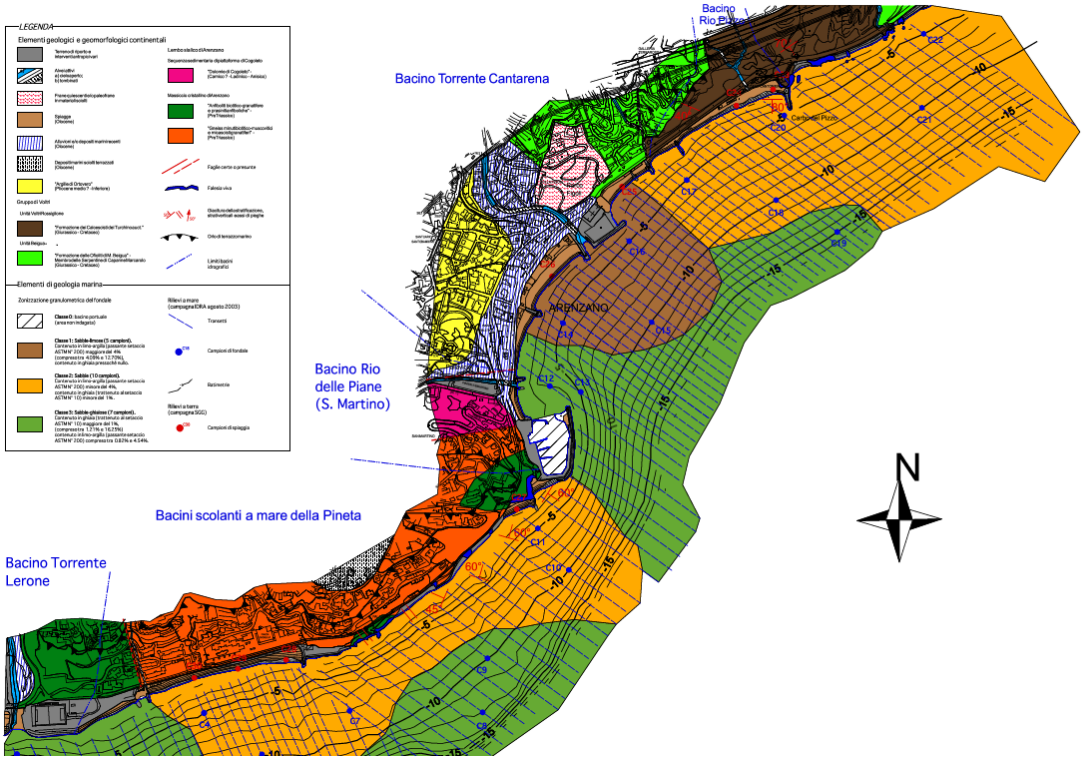


Figura 4-24 - Ubicazione dei punti di prelievo dei campioni

4.2 Interventi di ripascimento previsti nel presente progetto esecutivo

4.2.1 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento

Il materiale utilizzato per l'intervento di ripascimento previsto all'interno del presente progetto Esecutivo proviene integralmente dalle attività di scavo della galleria scolmatrice del t. Bisagno, in conformità a quanto indicato nel Piano di Utilizzo allegato.

Dal profilo geologico-geotecnico dell'asse della galleria in progetto risulta che i materiali incontrati durante lo scavo del tunnel sono i seguenti, dal più antico al più recente:

- **Argilliti di Montoggio**: argilliti laminate e scagliettate di colore scuro;
- **Flysch di Monte Antola**: sequenza monotona di strati torbiditici accumulati in facies distale costituita da alternanze etropiche di calcari arenacei fini, calcari marnosi, marne calcaree, livelli di argilliti e più raramente strati a base arenacea. I livelli calcarei e marnosi si presentano in strati e banchi da sub metrici a plurimetrici (spessore medio 1,0 – 1,5 m) mentre gli interstrati argillitici hanno spessore decimetrico;

- **Depositi** colluvali, alluvionali, di spiaggia e riporti antropici prevalentemente granulari.

Il materiale che verrà reimpiegato per il ripascimento proverrà esclusivamente dagli scavi eseguiti all'interno del Flysch del Monte Antola, in quanto presenta caratteristiche di conformità con le prescrizioni normative vigenti.

Nel seguito si riportano i risultati della caratterizzazione geo-meccanica condotta durante la campagna dei sondaggi svolta nel 2005 nell'ambito della redazione del progetto definitivo generale, caratteristiche in linea generale confermate nell'ambito della campagna integrativa svolta contestualmente alla redazione del presente progetto esecutivo (anche sulla base dei riscontri disponibili dal materiale in corso di scavo alla data di redazione del presente documento nell'ambito della realizzazione della galleria del Fereggiano).



Figura 4-25 – Flysch di Monte Antola. Sondaggio S4D fra 70 – 75 m da p.c.

Come risulta dai risultati riepilogati in Tabella 21 le analisi petrografiche, difrattometriche ed a fluorescenza eseguite presso l'Università di Trieste su campioni prelevati nel corso dei sondaggi mostrano una composizione media della roccia costituita da: 75% calcite; 20% quarzo; 1% feldspati; 4% argille.

Analisi difrattometrica								
Campione/Sondaggio	**S1D**	**S2D**	**S3D**	**S4D**	**S5D**	**S6D**	**S7D**	**S8D**
Calcite (%)	75	79	60	72	73	73	77	57
Quarzo (%)	21	20	30	25	21	22	23	32
Feldspati (%)	1	0	2	0	1	2	0	3
Argille (%)	3	2	8	2	5	3	0	8
Analisi chimica in fluorescenza a raggi X								
Campione/Sondaggio	**S1D**	**S2D**	**S3D**	**S4D**	**S5D**	**S6D**	**S7D**	**S8D**
SiO2 (%)	19,66	16,8	28,16	20,94	21,54	19,02	19,10	34,52
TiO2 (%)	0,2	0,18	0,36	0,16	0,29	0,24	0,10	0,45
Al2O3 (%)	3,56	2,89	6,92	3,24	5,77	4,23	1,94	9,77
FeO tot (%)	2,51	1,95	2,59	1,22	2,27	1,80	0,87	2,10
MnO (%)	0,07	0,08	0,07	0,03	0,09	0,05	0,04	0,06
MgO (%)	1,45	1,20	2,05	1,20	1,56	1,31	0,66	1,88
CaO (%)	39,51	43,07	31,25	40,45	36,26	40,30	43,39	25,59
Na2O (%)	0,22	0,07	0,21	0,13	0,21	0,16	0,06	0,27
K2O (%)	1,6	0,5	1,78	0,80	1,84	0,93	0,40	2,48
P2O5 (%)	0,09	0,09	0,09	0,07	0,10	0,07	0,06	0,06
Perdita a fuoco (%)	30,95	32,95	26,37	31,53	29,89	31,70	33,17	22,65

Tabella 21 - Analisi chimiche e difrattometriche sul Flysch di Monte Antola

Le caratteristiche chimiche e microbiologiche del materiale di scavo, ai fini dell'accettabilità per ripascimento, devono rispettare i limiti di cui alla tabella 1.2.2.2 D.G.R. 2/11/2009 n. 1446 (Tabella 22).

	MATERIALI DI ORIGINE DIVERSA	
Parametri	**Principio del metodo**	**U.M.**
Granulometria	UNI-EN 933-1999.	%
Colore	Determinazione visiva in situ	N.D.
Odore	Determinazione olfattiva in situ	N.D.
Amianto	Procedura ex Allegato 4, lett. B, metodo B1, al D.M. 14/05/1996 (materiali in breccia)	Indice di rilascio
Mercurio	EPA 3051 A + EPA 6010 C EPA 3051 A + EPA 6020 A	mg/Kg s.s.
Cadmio	EPA 3051 A + EPA 6010 C EPA 3051 A + EPA 6020 A	mg/Kg s.s.
Piombo	EPA 3051 A + EPA 6010 C EPA 3051 A + EPA 6020 A	mg/Kg s.s.
Arsenico	EPA 3051 A + EPA 6010 C EPA 3051 A + EPA 6020 A	mg/Kg s.s.
Cromo totale	EPA 3051 A + EPA 6010 C EPA 3051 A + EPA 6020 A	mg/Kg s.s.
Rame	EPA 3051 A + EPA 6010 C EPA 3051 A + EPA 6020 A	mg/Kg s.s.
Nichel	EPA 3051 A + EPA 6010 C EPA 3051 A + EPA 6020 A	mg/Kg s.s.
Zinco	EPA 3051 A + EPA 6010 C EPA 3051 A + EPA 6020 A	mg/Kg s.s.
Coliformi totali	Semina in terreno liquido (tubi multipli) del campione a diverse diluizioni	MPN/g s.s.
Coliformi fecali	Semina in terreno liquido (tubi multipli) del campione a diverse diluizioni	MPN/g s.s.
Streptococchi fecali	Semina in terreno liquido (tubi multipli) del campione a diverse diluizioni	MPN/g s.s.
Salmonelle	Semina in terreno liquido (tubi multipli) del campione a diverse diluizioni	MPN/g s.s.

Spore clostridi solfitoriduttori	Semina in terreno solido del campione a diverse diluizioni	UFC/g s.s.
Ifomiceti	Semina in terreno solido del campione a diverse diluizioni	UFC/g s.s.
Tributilstagno **TBT**	Assorb. atomico, previa estrazione con acido.	µg/Kg s.s.
Policloridifenili **PCB**	Analisi gascromatografica, detector specifico, diestratto da sedimento essiccato, con solventi organici esenti da residui, eventualm. purificato in caso di interferenze presenti nella matrice.	µg/Kg s.s.
Congeneri da ricercare		
PCB 28		
PCB 52		
PCB 77		
PCB 81		
PCB 101		
PCB 118		
PCB 126		
PCB 128		
PCB 138		
PCB 153		
PCB 156		
PCB 169		
PCB 180		
Idrocarburi totali	Estrazione in ultrasuoni con eptano e determinazione dopo purificazione su florisil tramite GC-FID	µg/Kg s.s.
	Estrazione con solventi e determinazione mediante spettrofotometria I.R.	µg/Kg s.s.
Idrocarburi Policiclici Aromatici	EPA 3550 C + EPA 8310 EPA 3545 A + EPA 3630 C + EPA 8310 EPA 3546 + EPA 8270 D	µg/Kg s.s.
Congeneri da ricercare		
Naftalene		
Acenaftene		
Acenaftilene		
Fenantrene		
Fluorantene		
Benzo(a)antracene		
Crisene		
Benzo(b)fluorantene		
Benzo(k)fluorantene		
Benzo(a)pirene		
Dibenzo(ah)antracene		
Antracene		
Pirene		
Benzo(ghi)perilene		
Indeno(1,2,3-cd)pirene		
Fluorene		

Pesticidi organo-clorurati		µg/Kg s.s.
Pesticidi da ricercare		
Aldrin	EPA 3510 C + EPA 8081 B	
alfa esaclorocicloesano	EPA 3510 C + EPA 8081 B	
beta esaclorocicloesano	EPA 3510 C + EPA 8081 B	
gamma esaclorocicloesano	EPA 3510 C + EPA 8081 B	
DDT (isomeri 2,4 e 4,4)	EPA 3510 C + Metodo interno CXXX IM 2 EPA 3510 C + EPA 8081 B	
DDD (isomeri 2,4 e 4,4)	EPA 3510 C + Metodo interno CXXX IM 2 EPA 3510 C + EPA 8081 B	
DDE(isomeri 2,4 e 4,4)	EPA 3510 C + Metodo interno CXXX IM 2 EPA 3510 C + EPA 8081 B	
Dieldrin	EPA 3510 C + EPA 8081 B	
Esaclorobenzene	EPA 3510 C + EPA 8081 B EPA 3445 A + EPA 8270 D	
Endrin	EPA 3510 C + EPA 8081 B	

Tabella 22 - Tabella 1.2.2.2. D.G.R. 2/11/2009 n. 1446

Prima dell'inizio delle attività di ripascimento il materiale di scavo sarà adeguatamente campionato ed analizzato ai fini della verifica del rispetto dei limiti di accettabilità di cui alla normative di riferimento.

La ricerca del parametro amianto non è dovuta in quanto il materiale di scavo non proviene da aree caratterizzate dalla presenza di "pietre verdi" (rif. Cartografia geolitologica allegato 1 D.C.R. 20/12/1996 n. 109).

La valutazione del colore è stata effettuata in prima approssimazione sui campioni/carotaggi eseguiti sulla formazione rocciosa interessato dallo scavo in avanzamento della galleria Fereggiano, limitrofa alla galleria del Bisagno oggetto del presente Progetto Esecutivo.

Il colore del Flysch di Monte Antola è grigio chiaro.

4.2.2 Opere strutturali e ripascimenti previsti in progetto

Nell'ambito del progetto preliminare approvato, è prevista la realizzazione di ripascimenti sia strutturali che stagionali. In particolare il progetto di riassetto generale della costa del Comune di Arenzano, comprensivo anche del tratto di spiaggia del capoluogo, prevede interventi di diversa natura, da attuarsi in più fasi attuative, di cui alcune già realizzate.

La prima fase comprende il lotto già approvato e finanziato dal Comune di Arenzano e consiste nella realizzazione, procedendo da ponente verso levante, dei seguenti lavori (si vedano gli estratti delle planimetrie di progetto di seguito riportate):

1. prolungamento sommerso del pennello C, in corrispondenza dei Bagni Sole;
2. prolungamento del pennello D, in destra della foce del Cantarena;
3. prolungamento in parte emerso (circa 18 m) e in parte sommerso (circa 23 m) del pennello F, in sponda destra del Rio S. Sebastiano, fino all'isobata dei 4 m allo scopo di provvedere alla protezione del tratto di arenile in erosione presso la foce;

4. rimozione del pennello G, in sponda sinistra del Rio S. Sebastiano e ricostruzione di un pennello, in parte emerso e in parte sommerso, a metà del settore di spiaggia compreso tra i pennelli F e H);
5. allungamento sommerso del pennello H (Carbo del Pizzo).

Di tali interventi, è già stato realizzato lo spostamento del pennello G (vedi precedente punto 4).

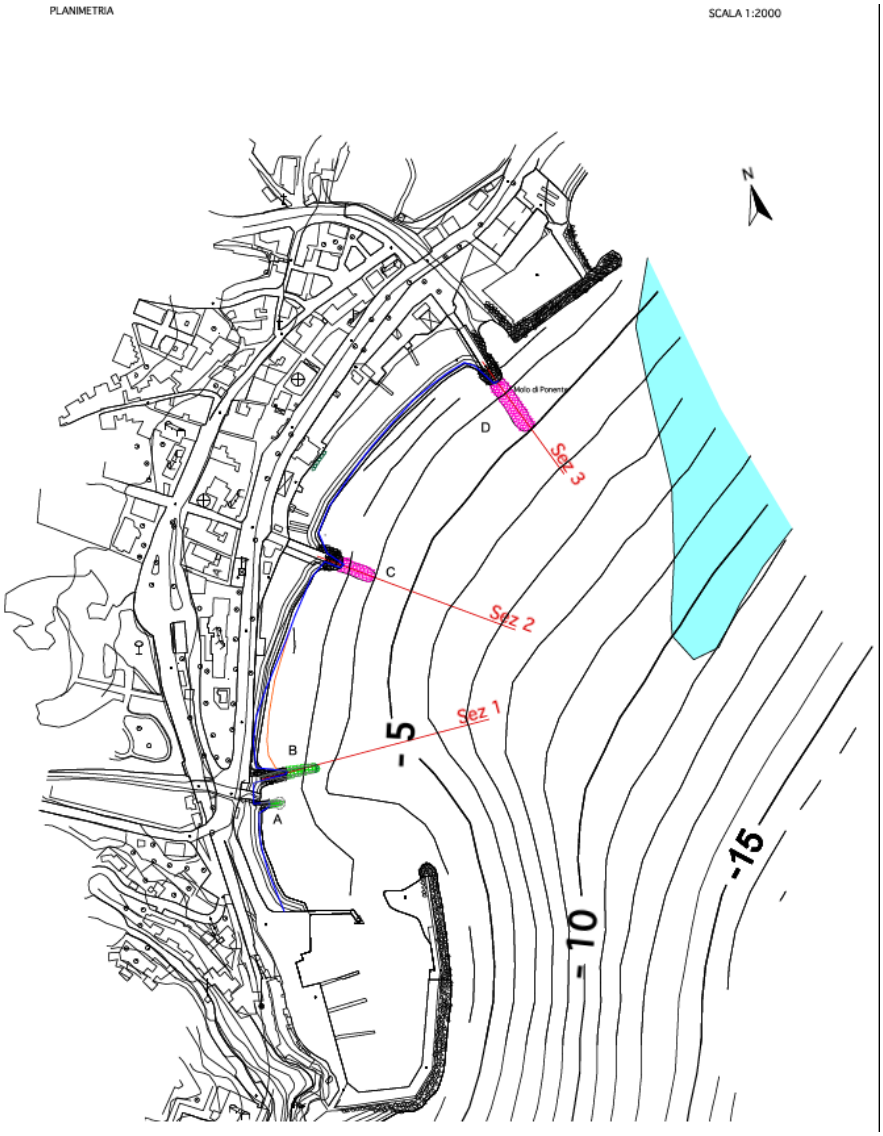


Figura 4-26 – Interventi previsti nel settore di Ponente (da "Studio ambientale e progetto preliminare sul riassetto della costa di Arenzano" eseguito per conto del Comune di Arenzano dalla S.G.G. nel novembre 2003)

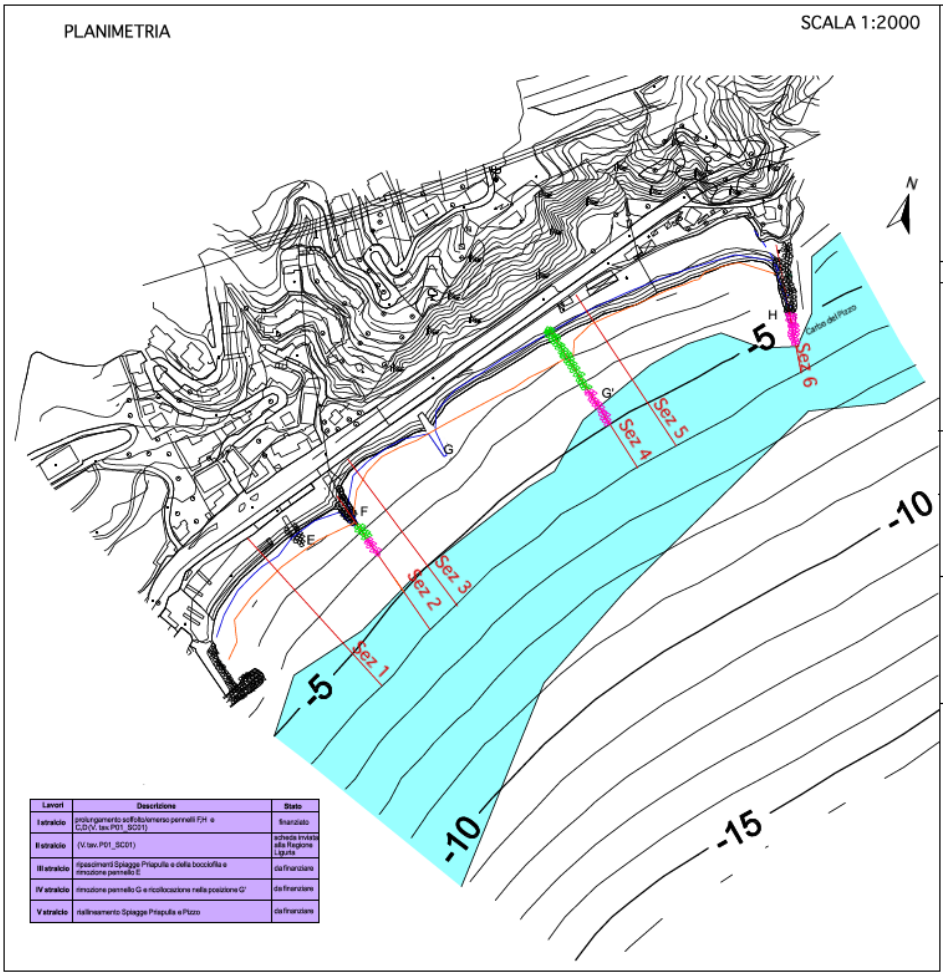


Figura 4-27 – Interventi previsti nel settore di Levante (da "Studio ambientale e progetto preliminare sul riassetto della costa di Arenzano" eseguito per conto del Comune di Arenzano dalla S.G.G. nel novembre 2003)

Pertanto in linea con le indicazioni fornite dal Committente dei lavori di realizzazione dello scolmatore del t. Bisagno, si prevede di impiegare parte del materiale di smarino per il completamento di alcuni interventi di ripascimento programmati dal Comune di Arenzano, in un'ottica di ottimizzazione delle risorse economiche disponibili, sgravando il Comune stesso dei costi legati alla loro progettazione esecutiva e realizzazione.

Settore di ponente

- **settore I** – ripascimento stagionale: Lunghezza spiaggia L 95 m = ; Volume di ripascimento pari a V = 980 m³ circa;
- **settore II** – ripascimento stagionale: Lunghezza spiaggia L 230 m= ; Volume di ripascimento pari a V = 13.660 m³;
- **settore III** – ripascimento stagionale: Lunghezza spiaggia L 245 m = ; Volume di ripascimento pari a V = 2.580 m³.

Con riferimento al settore II, per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con un impiego di circa 13.660 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 2,0 m;
- realizzazione di una pendenza del profilo pari a circa 11° (1 su 5), in modo da permettere una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a tergo, mantenendo avanzata la berma di spiaggia a quota + 2,0 m.
- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento massimo di 15 - 20 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel corso dei rilievi batimetrici eseguiti nell'ottobre 2017.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di 85 m e un volume unitario di versamento pari a 54 m³/m.

Preliminarmente alla realizzazione del ripascimento del settore 2, l'allungamento del pennello B verrà realizzato da parte del Comune di Arenzano.

Il ripascimento verrà realizzato secondo le sezioni tipologiche riportate nella tavola allegata, 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).

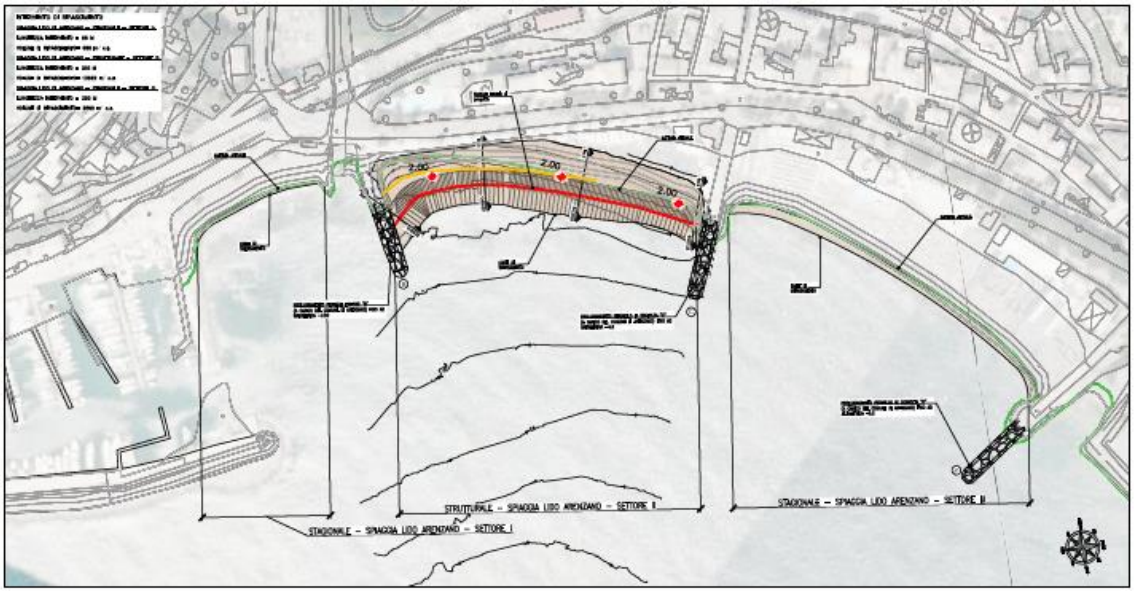


Figura 4-28 – Ripascimenti previsti nel Comune di Arenzano – Settore di ponente

Settore di levante

- **settore IV** – ripascimento stagionale: Lunghezza spiaggia L = 230 m; Volume di ripascimento pari a V = 7.250 m³;
- **settore V** – ripascimento stagionale: Lunghezza spiaggia L = 250 m; Volume di ripascimento pari a V = 19.560 m³;
- **settore VI** – ripascimento stagionale: Lunghezza spiaggia L = 315 m; Volume di ripascimento pari a V = 44.600 m³;

Preliminarmente alla realizzazione del ripascimento dei settori verranno realizzati gli interventi di prolungamento dei pennelli F, G ed H.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 2,0 m;
- realizzazione di una pendenza del profilo pari a circa 11° (1 su 5), in modo da permettere una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a tergo, mantenendo avanzata la berma di spiaggia a quota + 2,0 m;
- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento massimo di:
  - Settore IV: 15 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel corso dei rilievi batimetrici eseguiti nell'ottobre 2017;

- Settore V: 20 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel corso dei rilievi batimetrici eseguiti nell'ottobre 2017;
- Settore VI 28 - 30 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel corso dei rilievi batimetrici eseguiti nell'ottobre 2017.

Il versamento è esteso alla intera lunghezza delle spiagge, con un volume unitario di versamento variabile da 40 a 180 m³/m.

Il ripascimento verrà realizzato secondo le sezioni tipologiche riportate nella tavola allegata, 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).

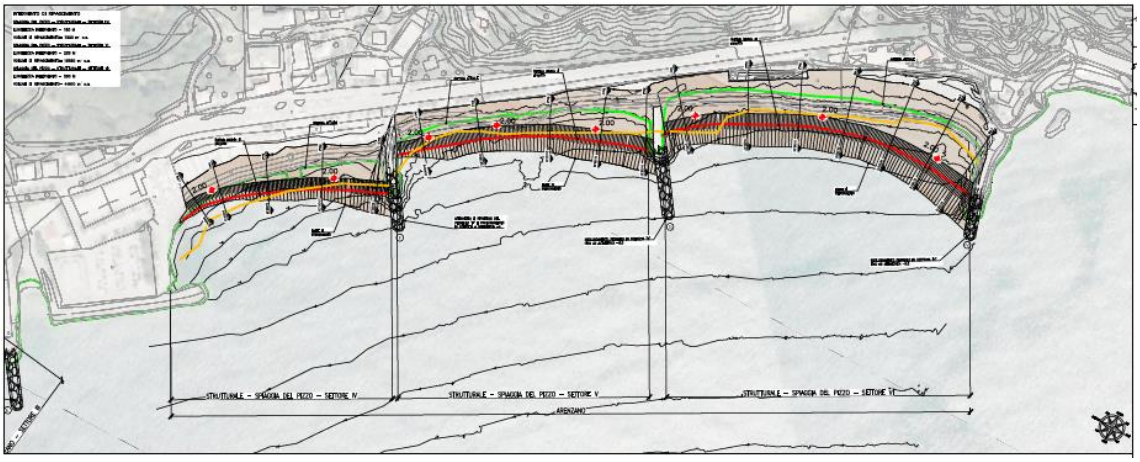


Figura 4-29 – Ripascimenti previsti nel Comune di Arenzano – Settore di levante

4.2.2.1 Materiale impiegato per il ripascimento

Come già indicato in precedenza, il materiale impiegato deriva dalle attività di scavo della galleria scolmatrice del t. Bisagno, precedentemente trattato secondo le seguenti modalità.

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 materiale trattato in osservanza delle disposizioni normative, potrà essere disposto direttamente a copertura dell'esistente strato di arenile, senza dover effettuare operazioni di preparazione più lunghe, costose e temporalmente disagevoli.

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% richiesto dalla Normativa già citata della Regione Liguria.

La modalità di trattamento del materiale di smarino in corrispondenza dell'impianto di frantumazione e vagliatura permetterà di evitare, in ragione della bassa concentrazione di frazioni fini, il rilascio di materiale, durante le operazioni di ripascimento, tali da alterare le caratteristiche qualitative delle acque rivierasche (per quanto questo possa accadere, in ogni caso, solo nella stagione invernale) e da creare pennacchi di materiali in sospensione che possano poi, per ricaduta, danneggiare le prateria di posidonia e le altre biocenosi acquatiche poste al largo delle zone di intervento. In tale modo si ritiene di non dovere procedere con l'utilizzo di panne di confinamento da disporre a mare nelle zone di ripascimento.

In sede esecutiva potranno essere valutate modalità e tempistiche di sversamento diverse (ad es. sversamento a mare del materiale in tempi utili al suo smussamento da parte del moto ondoso, stesura sul sito destinato a ripascimento al di sotto del materiale già esistente in loco).

Le prescrizioni sulla composizione granulometrica del materiale di ripascimento sono le seguenti:

- il materiale, una volta fornito e posto in opera, dovrà avere granulometria compresa tra 2 mm e 100 mm, escludendo detriti, parti di muratura, corpi estranei, materiale organico o frazioni terrose. Il limite superiore delle dimensioni granulometriche potrà essere occasionalmente superato per consentire il riutilizzo di elementi più grossolani a patto di prevedere adeguate modalità di posa del materiale (ad esempio utilizzando gli elementi più grossolani per gli strati inferiori del ripascimento e avendo l'accortezza di rispettare la prescrizione per il materiale che verrà utilizzato per lo strato superficiale);
- la frazione eccedente il limite di 100 mm non dovrà tuttavia superare il 10 %;
- per quanto riguarda il limite granulometrico inferiore si ammetterà una percentuale non superiore al 10 % in peso della frazione di materiale costituita da elementi di dimensioni medie inferiori a 2 mm;
- la presenza di limi ed argille (frazione pelitica) non potrà comunque superare il limite del 5% in peso;
- il materiale utilizzato dovrà avere caratteristiche cromatiche simili al materiale della spiaggia esistente.

La granulometria adottata consentirà di ottenere un profilo non eccessivamente ripido e al contempo caratterizzata da un diametro superiore a quello mediamente utilizzato fino ad ora per i ripascimenti stagionali (D50 = 1 mm) a garanzia di una minore dinamica litoranea (perdite inferiori).

L'esigenza di utilizzare, per gli apporti lungo le spiagge, materiale granulare inerte con pezzatura 2 – 100 mm esente da inquinanti o comunque sostanze inaccettabili (come calcestruzzo, ferri, plastica, VTR ecc.) impone:

- una selezione e cernita del materiale proveniente da scavi;

- una preventiva lavorazione dello stesso materiale.

La cernita avviene automaticamente con l'impiego del materiale di smarino derivante dall'impiego di una TBM, quindi con scavo meccanizzato senza necessità di pre-consolidamento al fronte di scavo, dalle qui attività potrebbero derivare presenze di elementi indesiderati.

Verrà comunque condotta una specifica verifica sia al fronte di scavo, sia durante le diverse fasi di trasporto e stoccaggio, finanche alla fase di lavorazione. Il materiale non idoneo al riutilizzo dovrà quindi essere stoccato a parte per essere destinato ad altro impiego o destinazione.

Presenza di amianto

La ricerca del parametro amianto non è dovuta in quanto il materiale di scavo non proviene da aree caratterizzate dalla presenza di "pietre verdi" (rif. Cartografia geolitologica allegato 1 D.C.R. 20/12/1996 n. 109).

Colore

La valutazione del colore è stata effettuata sui campioni/carotaggi eseguiti sulla formazione rocciosa interessato dallo scavo in avanzamento della galleria Fereggiano.

Il colore del Flysch di Monte Antola è grigio chiaro.

4.2.2.2 Determinazione del profilo d'equilibrio

La determinazione teorica del profilo trasversale d'equilibrio di una spiaggia è stata effettuata utilizzando il metodo di Dean. Questa soluzione, comunemente adottata negli studi d'ingegneria idraulica, approssima in modo più o meno corretto il profilo reale, anche in funzione della situazione morfo – sedimentaria contingente. Essa è infatti studiata per litorali oceanici costituiti da sabbie medio – fini e completamente esposti al moto ondoso.

L'algoritmo matematico utilizzato per l'ottenimento del profilo è basato sulla semplice relazione tra la distanza da costa (off-shore) e la profondità del fondale:

$d=Ax^m$ in cui: $m = \frac{2}{3}$

Il parametro A (dimensionalmente legato al fattore *m* per fare assumere a *d* il valore di una distanza) è funzione delle caratteristiche del sedimento (diametro medio) e va ad agire sulla forma del profilo di equilibrio. Il suo modulo risulta compreso tra 0.079 e 0.398, ed è determinato attraverso la formulazione:

$$A = 7.35\ (d_{50})^{0.49}.$$

Adottando un valore, sulla base della caratterizzazione sedimentologica del materiale presente lungo il litorale in esame, **d_{50} = 5 mm**, si ottiene un profilo di equilibrio compatibile con il profilo di sversamento adottato per la definizione della spiaggia di progetto e dei conseguenti volumi di ripascimento, come è possibile riscontrare nella figura sottostante (sez. n°5).

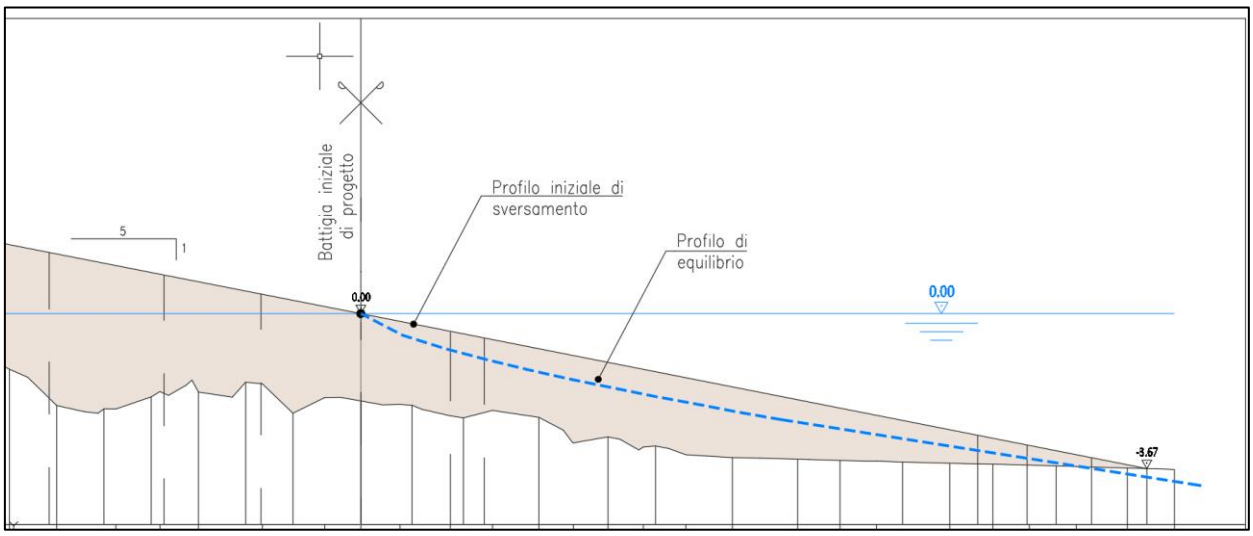


Figura 4-30 – Profilo di equilibrio – d_{50} = 5 mm – sezione n° 5

4.2.3 *Impatto ambientale delle opere progettate*

4.2.3.1 *Utilizzazione di risorse naturali*

Per la realizzazione dei prolungamenti dei pennelli è previsto l'utilizzo di massi naturali di cava di 2^ categoria, che risultano reperibili in zona presso la cava "Beata" di Loc. Carpineto in Comune di Albisola Superiore.

Questa scelta è motivata dalla compatibilità del litotipo cavato, si tratta di anfiboliti listate verdastre, di colore e natura petrografica simili alle litologie caratterizzanti l'areale oggetto d'intervento; la vicinanza dell'impianto in questione permette inoltre di ridurre i costi di trasporto.

Il progetto non prevede interazioni (e/o modifiche) con fonti di approvvigionamento idrico né con linee di drenaggio, sia superficiali che sub-superficiali delle acque; l'intervento non comporta, inoltre, la produzione di rifiuti o la necessità di loro smaltimento.

4.2.3.2 Modalità e tempi di realizzazione

Le operazioni di ripascimento avverranno attraverso il trasporto del materiale direttamente su gomma, percorrendo la A10 fino al casello di Arenzano. Da qui i convogli di autocarri percorreranno la via Aurelia, e da qui i punti di accesso agli arenili.

L'esecuzione via terra, oltre che risultare maggiormente sostenibile dal punto di vista economico, permetterà di eseguire le operazioni di ripascimento anche durante eventuali periodi di mareggiata, riducendo al minimo la durata delle operazioni di ripascimento, e conseguentemente le interferenze con i concessionari e le realtà economiche del territorio.

Peraltro le operazioni di perforazione, che avverranno con sistemi meccanizzati, permetteranno una produzione "importante" (fino a 2.000 m³ al giorno), per cui è ipotizzabile che il quantitativo destinato ad Arenzano possa essere collocato in poco più di due mesi, che potranno essere concentrati nel periodo invernale, in ogni caso al di fuori della stagione balneare.

La cantierizzazione, da sviluppare in sinergia con i tecnici del Comune di Arenzano, prevedrà l'accesso al cantiere da due differenti punti; verranno realizzate idonee piste di cantiere, che verranno rimosse al termine dei lavori.

Mitigazione dell'impatto sull'arenile

La zona di scarico dei materiali dovrà essere opportunamente protetta, sul lato terra, cioè verso le installazioni balneari fisse presenti sulle spiagge, la viabilità costiera e le case che vi si affacciano, per mezzo di una cortina di barriere antirumore.

La cortina eviterà l'impatto visivo delle operazioni di scarico e spandimento, e attenuerà consistentemente il rumore causato dai mezzi d'opera, con particolare riferimento al mezzo meccanico che provvederà allo spandimento del materiale in battigia.

Si procederà con queste modalità per tratti di circa 25-50 m, provvedendo successivamente a spostare la cortina in avanzamento su un tratto limitrofo di litorale da ripascere.

Si ritiene, in questo modo, di avere utilizzato tutti gli accorgimenti utili, in fase di spandimento del materiale, per ottenere il minor impatto ambientale possibile durante lo svolgimento delle operazioni di ripascimento, previste in progetto, nei confronti:

- della popolazione residente, per quanto riguarda il disagio visivo ed il rumore delle operazioni di scarico e spandimento per mezzo della cortina di protezione in barriere antirumore posta a tergo della battigia lungo i tratti di intervento;
- dei concessionari degli stabilimenti balneari in quanto l'estensione dell'area di intervento sarà limitata alla fascia di litorale compresa tra le installazioni fisse e la linea di battigia, e, ancora,

in quanto le modalità di trattamento del materiale in cantiere garantiranno sedimenti a spigoli arrotondati direttamente utilizzabili in battigia, e confortevoli per l'utenza balneare.

4.2.3.3 Effetto dell'opera sulle biocenosi sensibili

Lo sversamento sulle spiagge di materiale sedimentario finalizzato ad un ripascimento può costituire un serio problema ecologico per gli ecosistemi bentonici costieri poiché l'eventuale impiego di materiale inadatto, come materiale terrigeno di comune utilizzo ricco di argilla e limo, può modificare la granulometria del sedimento mobile già presente con un diretto interessamento dei popolamenti del substrato incoerente che dipendono fortemente dalla stessa granulometria. Inoltre l'impiego di materiale inadatto ha effetti fortemente negativi su un habitat prioritario come la Posidonia oceanica.

Gli effetti sull'ambiente marino prodotti dalle attività di ripascimento degli arenili sono quindi legati a tre aspetti: (1) le caratteristiche del sedimento impiegato, da valutare in rapporto sia alle caratteristiche del sedimento originario (quali granulometria e mineralogia), (2) le modalità tecnico-progettuali proprie dell'intervento (quali la quantità di materiale sversato, la tempistica e la stagione di intervento, (3) le tecnologie impiegate per il trasporto e per il refluimento del sedimento (Speybroeck et al., 2006; OSPAR, 2009).

Gli effetti notoriamente più rilevanti sono quelli che ricadono in maniera diretta sui popolamenti bentonici e, indirettamente, sulla fauna ittica demersale. Su altre componenti biotiche come ad esempio il plancton gli effetti di un ripascimento sono considerati trascurabili. Molti studi evidenziano come il refluimento della sabbia comporti le seguenti alterazioni (ARPAL, 2007, Nicoletti et al., 2006; Peterson et al., 2006; Speybroeck et al., 2006; Defeo et al., 2009; OSPAR, 2009):

- Seppellimento e seppellimento a seguito di un avanzamento del profilo di spiaggia;
- Aumento della torbidità dell'acqua;
- Infangamento e alterazione dei fondi su cui sono insediati i popolamenti;
- Alterazione delle dinamiche di popolazione (con effetti importanti sulle aree di nursery e di riproduzione) e diminuzione delle risorse trofiche.

Prendendo in considerazione i fondali sabbiosi, subito dopo il refluimento del sedimento che comporta il possibile defaunamento (totale o parziale) dell'area direttamente interessata, ha inizio il recupero dei popolamenti coinvolti, attraverso specifici meccanismi di reclutamento quali la migrazione di adulti e giovanili dalle aree adiacenti, la migrazione verticale e l'immissione sulla spiaggia di organismi trasportati con il sedimento (van Dolah et al., 1984). In particolare, la migrazione verticale è risultata essere, per le specie di ambiente intertidale e/o subtidale, il meccanismo più efficace per sopravvivere al ripascimento (Maurer et al., 1986; BNP, 1995; Green, 2002). La questione fondamentale nella valutazione degli effetti indotti dal ripascimento non è pertanto la perdita temporanea degli organismi presenti sulla spiaggia, peraltro attesa, quanto la velocità di recupero di queste comunità dopo il ripascimento. Laddove le attività di ripascimento hanno comportato modifiche rilevanti dal punto di vista della granulometria del substrato, sono state

osservate importanti variazioni anche nella composizione degli organismi bentonici, con conseguente alterazione dell'ecologia della spiaggia (Rakocinski et al., 1996). Studi specifici condotti lungo le coste del Lazio per valutare gli effetti del ripascimento sui popolamenti a Donax trunculus (mollusco bivalve di interesse commerciale) (La Valle et al., 2007; La Valle e Nicoletti, 2008; La Valle et al., 2011) hanno rilevato che la specie, pur scomparendo subito dopo il ripascimento (per seppellimento), ricompare a circa 4 mesi di distanza dal termine delle attività. Gli Autori ipotizzano che pianificando le operazioni di ripascimento in periodi specifici prima del periodo di reclutamento dei giovanili, gli effetti sulla specie possono essere minimizzati, evitando così anche importanti ricadute economiche sull'economia locale.

Diversi studi sono stati condotti per valutare gli effetti del ripascimento sulle fanerogame marine, in particolare sulla Posidonia oceanica (Ruiz et al., 1993; Ruiz e Romero, 2003, Nicoletti et al. 2005). Gli effetti attesi a breve termine sulle praterie di P. oceanica sono essenzialmente quelli legati all'aumento della torbidità dell'acqua. È noto che la diminuzione di luminosità generata dall'aumento di sedimenti fini in sospensione determina un calo nella produzione fogliare della prateria, cui potrebbe seguire, con il persistere dell'alterazione, la riduzione della densità e la regressione del suo limite inferiore (Guidetti e Fabiano, 2000, ARPAL 2007). Un altro effetto che può essere indotto dal ripascimento sulle praterie di P. oceanica è quello legato ai fenomeni di ipersedimentazione, a causa della maggior mobilità del sedimento appena deposto. In particolare, Manzanera et al. (1998) hanno rilevato come la risposta di P. oceanica sia fortemente dipendente dall'intensità e dalla durata del fenomeno: anche modesti seppellimenti (5 cm) possono infatti causare una significativa mortalità fogliare.

Relativamente ai popolamenti ittici, i possibili effetti generati dalle attività di ripascimento possono comportare la diminuzione delle abbondanze durante le operazioni di refluimento della sabbia, seppellimento di specie demersali, danni agli apparati branchiali dei pesci (per l'aumento del sedimento nella colonna d'acqua) e ridotta disponibilità di cibo (Green, 2002; Wilber et al.; 2003).

4.2.4 Monitoraggio

Per il monitoraggio ambientale dovranno essere considerati i seguenti parametri:

- parametri chimico fisici della colonna d'acqua (temperatura, ossigeno disciolto, torbidità, salinità, clorofilla)
- caratterizzazione delle biocenosi costiere di fondo mobile e calcolo indici OSI e AMBI

4.2.4.1 Modalità di esecuzione del monitoraggio

I parametri chimico fisici della colonna d'acqua verranno ottenuti attraverso l'impiego di una sonda multiparametrica sui punti corrispondenti alle zone di ripascimento;

I sedimenti necessari per i parametri delle biocenosi di fondo mobile e degli indie OSI e AMBI verranno campionati con benna Van-Veen;

I parametri delle porzioni di prateria di Posidonia oceanica verranno rilevati in immersione da due operatori scientifici subacquei (OSS), con la presenza di un assistente di superficie a bordo di un mezzo da lavoro autorizzato, lungo transetti di 100 m perpendicolari alla costa (ricoprimento, densità relativa ed assoluta e definizione dello stato di conservazione). Inoltre per meglio conoscere il ricoprimento del posidonieto si prevede di condurre un video monitoraggio che permetta di effettuare una valutazione complessiva dell'estensione della prateria e dei fondali del precoralligeno. Tale monitoraggio viene condotto attraverso il Sistema Tritone che prevede l'accoppiamento dell'informazione video del fondale (ripresa attraverso una telecamera HD filoguidata al traino) con le informazioni dei posizione e di profondità. Le informazioni sono poi caricate su portale WebGIS per la visualizzazione dei tracciati video.

4.2.4.2 Localizzazione e tempistica dei rilievi

Un primo monitoraggio dell'ambiente marino verrà condotto immediatamente al termine degli interventi, un secondo monitoraggio verrà condotto dopo 12 mesi dal termine dei lavori e successivi monitoraggi verranno condotti a distanza di 3 anni. Il monitoraggio viene condotto in autunno.

5 Vesima

5.1 Quadro conoscitivo del sito oggetto di intervento

Le spiagge di Vesima sono già state oggetto di una specifica attività di studio e di progettazione, nell'ambito del progetto definitivo '**Ampliamento e realizzazione di nuove spiagge tra il confine occidentale di Genova e Capo Crevari**', redatto nel 2005 dall'Ufficio Progettazione ASTER per conto del Comune di Genova.

Si sottolinea come gli arenili indicati nel citato studio siano già in corso di ripascimento mediante l'utilizzo del materiale di smarino derivante dalla esecuzione della galleria Fereggiano.

Nel seguito si riportano in sintesi, per completezza di informazione gli elementi conoscitivi deducibili dal citato studio, rimandando a quest'ultimo per maggiori dettagli.

5.1.1 Localizzazione degli arenili di Vesima

L'area interessata dall'intervento è localizzata all'estremo ponente del comune di Genova e costituisce un tratto di costa scarsamente insediato tra il porto e l'abitato di Genova Voltri ed il Comune di Arenzano.



Figura 5-1 – Spiaggia di Vesima

Nelle attuali condizioni l'area non è pienamente fruibile, in quanto la dimensione delle spiagge si è molto ridotta negli anni. Il tratto di interesse è compreso tratto tra Scoglio Nave ed il confine del Comune di Arenzano per circa 1 Km.

L'articolazione costiera è costituita in linea naturale da una serie di alti e brevi sporgenti che delimitano insenature poco profonde sedi di piccole spiagge.

5.1.2 *Unità fisiografica*

L'unità fisiografica in cui ricade l'area di intervento è delimitata a Levante dall'area portuale di Voltri e a ponente da Punta dell'Olmo (Cartografia Regione Liguria).



Figura 5-2 – Spiaggia di Vesima – Limite Unità Fisiografica

5.1.3 *Paraggio oggetto di intervento*

Il paraggio di riferimento è definito a Levante dalla punta Scoglio Nave e a Ponente dalla punta Carbo del Pizzo (Cartografia Regione Liguria).

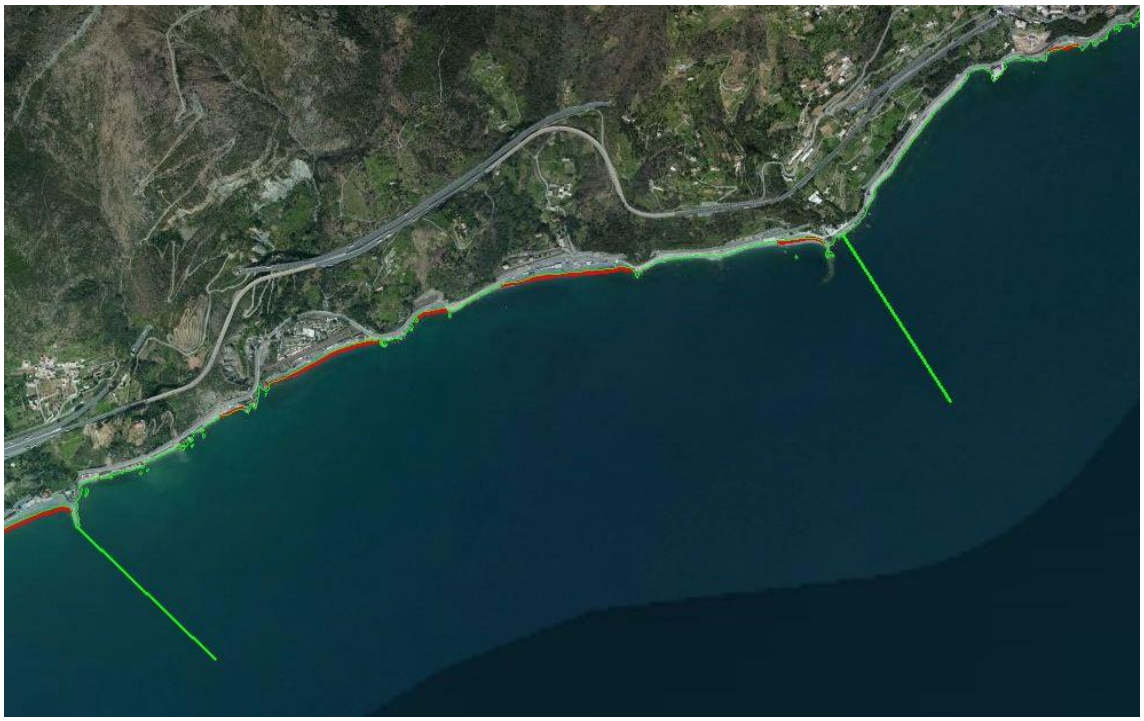


Figura 5-3 – Spiaggia di Vesima – Limite Paraggio Costiero

3.1.3 Litorale oggetto di intervento e sviluppo lineare

Il litorale oggetto di intervento rientra nella cella individuata in parte dall'attuale arenile ed estesa verso Levante fino al limite di paraggio di Punta scoglio Nave (Cartografia Regione Liguria). Lo sviluppo complessivo è di 1000 m circa.



Figura 5-4 – Spiaggia di Vesima – Cella Litorale

5.1.4 Tendenza evolutiva dell'arenile

Al fine di analizzare la tendenza evolutiva dell'arenile oggetto di ripascimento sono state messe a confronto le linee di battigia corrispondenti agli anni 1944, 1983, 1993 e 2003 (Cartografia Regione Liguria).



Linea Riva 1944 Linea Riva 1983



Linea Riva 1993 Linea Riva 2003

Si osserva che le linea di costa si presentava storicamente in posizione sensibilmente più arretrata. L'attuale situazione è in parte il risultato del forte condizionamento causato dai lavori di adeguamento della SS Aurelia negli anni '90, quando furono realizzate estese protezioni in massi sia del piede della galleria artificiale, posta al limite di ponente della cella, sia nella tratta posta a levante della galleria Falconara.

Pertanto l'intervento di ripascimento si pone l'obiettivo di potenziare l'attuale arenile ma anche di realizzare ex-novo un nuovo tratto di spiaggia laddove oggi è presente la sola protezione in massi della strada statale.

Le linee di costa storiche sono state riportate, per maggiore chiarezza, all'interno delle tavole progettuali elab. BIS2-E-A-SPG02-PL02-0 allegati alla presente relazione.

5.1.5 Cenni sulla storia del sito di intervento

Dalla banca dati della Regione Liguria sono desumibili, almeno in forma qualitativa, gli interventi di ripascimento condotti nel periodo 2003-2007.

Risulta che nell'ambito di intervento furono eseguiti ripascimenti negli anni 2003, 2004 e 2006 (per uno sviluppo pari a circa 100-150 m).

5.1.6 Caratteristiche granulometriche e tessiturali della spiaggia oggetto di intervento

Per quanto attiene la spiaggia di Vesima, la spiaggia emersa è caratterizzata da una notevole variabilità granulometrica, presentando un'alternanza di sabbia, ghiaia e ciottoli. Gli studi condotti evidenziano il tipo di regime della spiaggia in esame e dimostrano come nell'ultimo secolo la lenta erosione dei salienti, l'immissione di materiali di discarica nel ciclo sedimentario e la realizzazione di opere marittime, possano aver turbato o influenzato il flusso sedimentario lungo la costa.

... sono stabili ovunque granulometrie con D50 fino a 10mm, mentre nella parte centrale ed occidentale , anche molto inferiori a D50 di circa 2mm.

.....Nella realtà nelle spiagge miste di ghiaia e sabbia la granulometria varia moltissimo con la profondità e così pure varia la distribuzione granulometrica nel profilo, anche a seconda delle diverse situazioni che si succedono a seguito di periodi di agitazioni più o meno intense...

... si evidenziano distribuzioni granulometriche molto ampie ...che vanno a ben oltre i 100mm e fino a meno di -4mm solo in battigia.

In sostanza occorre tener conto che in spiagge di materiale misto con fuso granulometrico molto ampio, gli assetti che si susseguono portano a granulometrie, sulla spiaggia e sui fondali antistanti, molto ampie...

5.1.7 Colore della spiaggia oggetto di intervento

Nella figura sottostante è riportata un particolare del materiale che attualmente costituisce l'arenile.



Figura 5-5 – Particolare del materiale sabbioso-ghiaioso esistente

5.1.8 Caratteristiche biologiche del sito di intervento

La caratterizzazione è stata effettuata sulla base dell' "Atlante degli habitat marini della Liguria" edito dalla Regione Liguria. Nel settore di interesse sono censite le biocenosi seguenti:

- Algali fotofili infralitorali di substrato duro;
- Formazione mista di Cymodocea nodosa e Caulerpa taxifolia;
- Matte morta di Posidonia Oceanica;
- Sedimenti grossolani;
- Sabbie litorali.

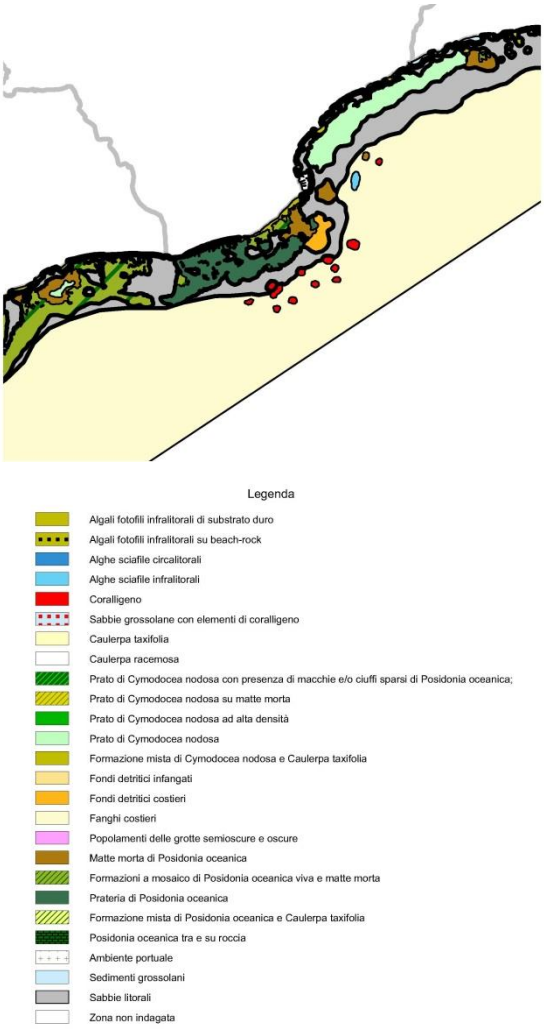


Figura 5-6 – Caratteristiche Biologiche

5.1.9 Analisi meteomarine

Allo scopo d individuare gli indirizzi utili alla progettazione delle opere, nell'ambito del progetto definitivo '**Ampliamento e realizzazione di nuove spiagge tra il confine occidentale di Genova e Capo Crevari**', redatto nel 2005 dall'Ufficio Progettazione ASTER per conto del Comune di Genova, sulla base delle indagini di rilievo in precedenza svolte sono stati impostati gli studi su modello fisico e matematico realizzati dal Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Firenze, per approfondire le conoscenze sulla dinamica del profilo trasversale della spiaggia emersa e sommersa del litorale, verificandone il comportamento dopo la realizzazione del ripascimento previsto nel progetto.

Il modello fisico ha fornito una valutazione dell'efficacia del ripascimento artificiale, realizzato sottoponendo un profilo della spiaggia compresa tra lo scoglio Nave e la secca di Falconara a 4 attacchi ondosi diversi per altezza d'onda e periodo (per maggiori dettagli si rimanda specifica relazione allegata al citato progetto).

Le onde di prova considerate per il modello matematico sono state individuate sulla base dello studio meteomarino effettuato dall'Ing. G. Berriolo nella fase di Progettazione Preliminare.

Le prove con il modello numerico MIKE21 sono state condotte, su tutte le configurazioni geometriche, per le tre condizioni di mare considerate rappresentative delle mareggiate che caratterizzano il clima ondoso sul litorale di Vesima.

Tale studio ha consentito di affermare che l'intervento simulato non modifica in modo apprezzabile il sistema di circolazione globale dell'area di studio e pertanto risultano trascurabili gli effetti sui tratti di costa limitrofi.

5.2 Interventi di ripascimento previsti nel presente progetto esecutivo

5.2.1 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento

Il materiale utilizzato per l'intervento di ripascimento proviene integralmente dalle attività di scavo della galleria scolmatrice del t. Bisagno, in conformità a quanto indicato nel Piano di Utilizzo allegato al presente progetto esecutivo.

Le caratteristiche del materiale sono già state illustrate nel paragrafo 4.2 della presente relazione.

5.2.2 Analisi granulometriche e sedimentologiche

Nel seguito si riportano in sintesi i dati relativi alle valutazioni sedimentologiche e granulometriche contenute nel citato studio redatto per conto del Comune di Genova.

5.2.2.1 Indagini di campagna

Le indagini batimetriche ed i prelievi di sedimento della spiaggia emersa e sommersa, sono stati realizzati da Idrocart, e forniti da A.S.Ter.; le analisi granulometriche dei campioni sono state eseguite nei laboratori del Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse dell'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA.

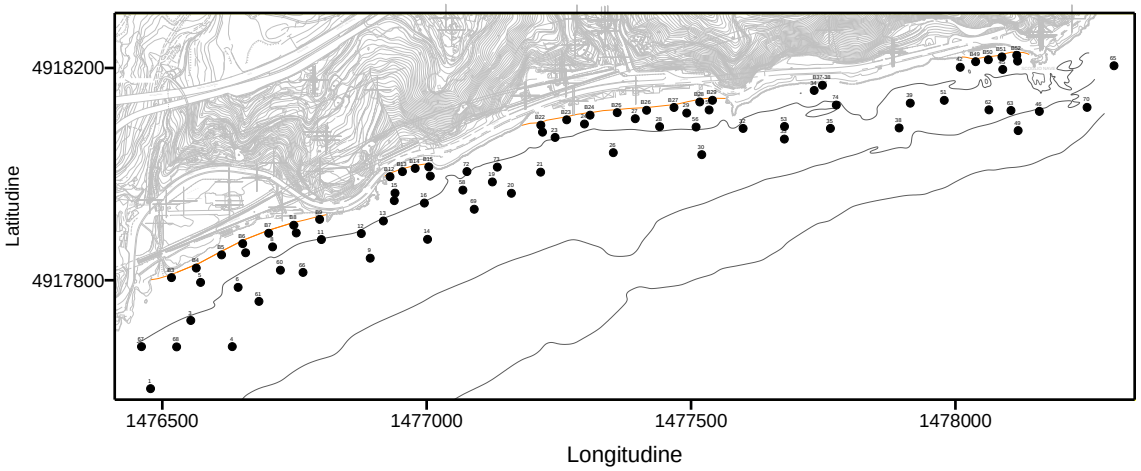


Fig. 1 – Ubicazione dei campioni

5.2.2.2 *Indagine sedimentologica della spiaggia*

Le indagini dei sedimenti di spiaggia sono state condotte su campioni di materiale prelevati in corrispondenza della battigia e nella spiaggia sommersa fino alla profondità massima di circa 12 metri.

Sono state eseguite le analisi granulometriche tramite setacciatura a secco, utilizzando la scala di Wenworth a ½ allo scopo di determinare le caratteristiche dimensionali ed i parametri statistici sedimentologici. Sulla base delle risultanze sono state realizzate le carte di distribuzione dei parametri statistici dimensionali principali (media, classazione e skewness) e delle classi modali più siginificative.

5.2.2.3 *Determinazione dei vettori di trasporto*

La determinazione dei vettori di trasporto è stata realizzata mediante la cosiddetta tecnica del “down drift finning” applicata al parametro “media”, secondo la quale s’ipotizza un processo di riduzione nelle dimensioni dei sedimenti in direzione del trasporto. Analogamente, per le distribuzioni percentuali delle classi granulometriche è stata applicata la tecnica adottata da Cortemiglia (1982), che suppone una diminuzione della percentuale relativa ad una data classe presente nei sedimenti, nella direzione del trasporto. In realtà questa procedura non è sempre corretta, infatti, si possono presentare casi dove la direzione di trasporto è associabile ad un aumento percentuale della classe dimensionale; quindi se la direzione del trasporto è sempre corretta talvolta il verso può essere contrario. Conseguentemente, ogni singolo caso è stato valutato con attenzione e all’uopo corretto. Infine i risultati ottenuti sono stati messi a

confronto con la metodologia di Gao & Collins (1992) basata sulle variazioni spaziali dei parametri statistici dimensionali Media, Classazione e Skewness.

5.2.2.4 Determinazione del profilo d'equilibrio

La determinazione teorica del profilo trasversale d'equilibrio di una spiaggia è stata effettuata utilizzando il metodo di Dean. Questa soluzione, comunemente adottata negli studi d'ingegneria idraulica, approssima in modo più o meno corretto il profilo reale, anche in funzione della situazione morfo – sedimentaria contingente. Essa è infatti studiata per litorali oceanici costituiti da sabbie medio – fini e completamente esposti al moto ondoso.

L'algoritmo matematico utilizzato per l'ottenimento del profilo è basato sulla semplice relazione tra la distanza da costa (off-shore) e la profondità del fondale:

$d=Ax^m$ in cui: $m = \frac{2}{3}$

Il parametro A (dimensionalmente legato al fattore *m* per fare assumere a *d* il valore di una distanza) è funzione delle caratteristiche del sedimento (diametro medio) e va ad agire sulla forma del profilo di equilibrio. Il suo modulo risulta compreso tra 0.079 e 0.398, ed è determinato attraverso la formulazione:

$$A = 7.35\ (d_{50})^{0.49}.$$

Adottando un valore, sulla base della caratterizzazione sedimentologica del materiale presente lungo il litorale in esame, **d_{50} = 6 mm**, si ottiene un profilo di equilibrio compatibile con il profilo di sversamento adottato per la definizione della spiaggia di progetto e dei conseguenti volumi di ripascimento, come è possibile riscontrare nella figura sottostante (sez. n°6).

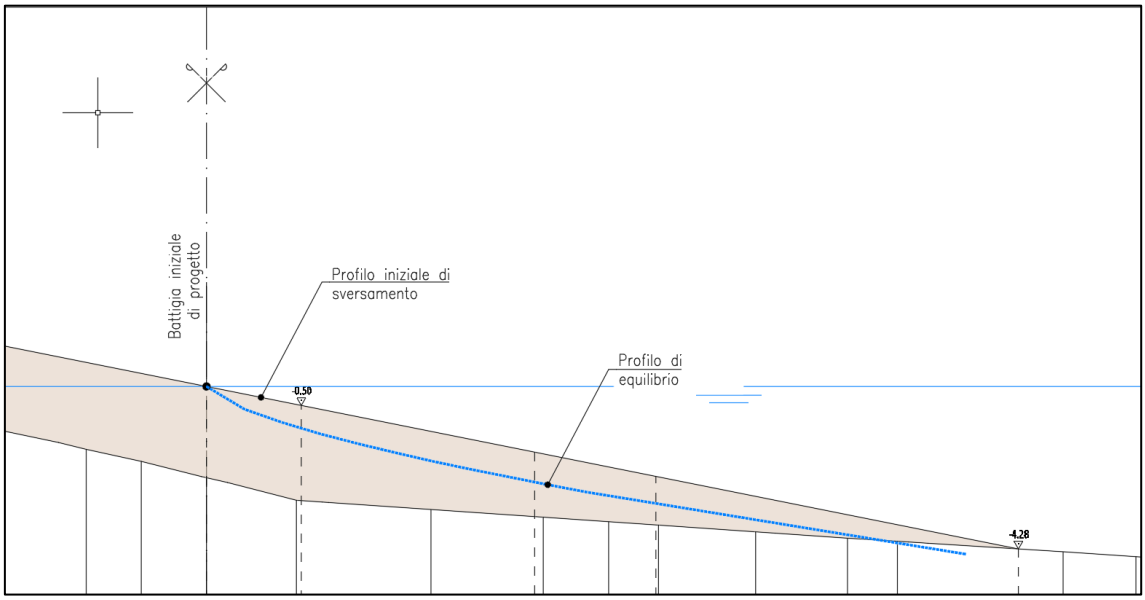


Figura 5-7 – Profilo di equilibrio – d_{50} = 6 mm – sezione n° 6

5.2.3 *Opere strutturali, ripascimenti strutturali e stagionali*

L'intervento di ripascimento verrà svolto in conformità al Progetto Definitivo commissionato dal Comune di Genova, che prevede che le nuove spiagge siano completamente aperte all'azione rigenerante del moto ondoso, non solo per aderenza agli indirizzi del P.T.C., ma anche per assicurare alle acque antistanti, poste ai margini di una grande zona industriale e portuale, con gli inevitabili inconvenienti di ordine igienico, un ricambio idrico del tutto naturale.

Per poter stabilire sul litorale una successione di spiagge potenziate rispetto alle attuali, ma senza effetto impattante sull'ambiente, il progetto generale prevede i seguenti punti:

- Saldatura alla costa dello Scoglio Nave, che si prevede incorporato in un "pennello" realizzato in massi naturali, che si spinga fino al fondale attuale di circa 10 m.
- Realizzazione di un setto sommerso che raggiunga la profondità di circa –15 m, a completamento del pennello suddetto, attraverso l'utilizzo di elementi prefabbricati in c.a. "a T rovesciata", fondati sul fondale.
- Realizzazione della nuova secca posizionata in corrispondenza dell'attuale secca sommersa, in zona Falconara.
- Realizzazione della nuova secca in corrispondenza di Punta Bonetti.
- Realizzazione della nuova secca in corrispondenza dello Scoglio dell'Aguglia.

- Realizzazione di due pennelli di entità modeste rispetto al Pennello dello Scoglio Nave, agli estremi della Spiaggia Lupara, denominati Lupara di Ponente e Lupara di Levante.
- Realizzazione di un fronte di alimentazione in località Lupara, sul lato ovest rispetto alla foce del Rio Lupara, delimitato a levante da un piccolo pennello avente funzione di filtro.
- Versamento di materiale di ripascimento (stimato complessivamente pari a circa 230.000 m³ per tutto il tratto di litorale), con caratteristiche rispondenti ai requisiti richiesti dalla normativa di riferimento, con caratteristiche dedotte dai risultati degli studi su modello fisico, matematico e sedimentologico, tenendo conto delle attuali caratteristiche della spiaggia.

Attualmente è già stata realizzata, nell'ambito del primo lotto di interventi finanziati dal Comune, la testata di pennello allo Scoglio Nave.

Nell'ambito del presente progetto esecutivo verrà realizzato un secondo lotto di interventi, secondo il profilo

Completeranno gli interventi la realizzazione dei moli Lupara di Levante e di Ponente, delle secche n. 2 e n.3 ed i setti sommersi di fronte allo Scoglio Nave, a seguito dei quali si potrà completare (con interventi esclusi dal presente progetto esecutivo) i volumi di ripascimento previsti nel progetto generale.

Il volume complessivo di materiale proveniente dallo scavo della galleria del Bisagno previsto per gli interventi di ripascimento di II lotto risulta pari a circa 61.4400 m³.

L'avanzamento delle linea di costa nell'assetto finale è compreso tra un minimo di 10 ad un massimo di 30 metri con un modesto innalzamento massimo del retrospiaggia di 2 metri.

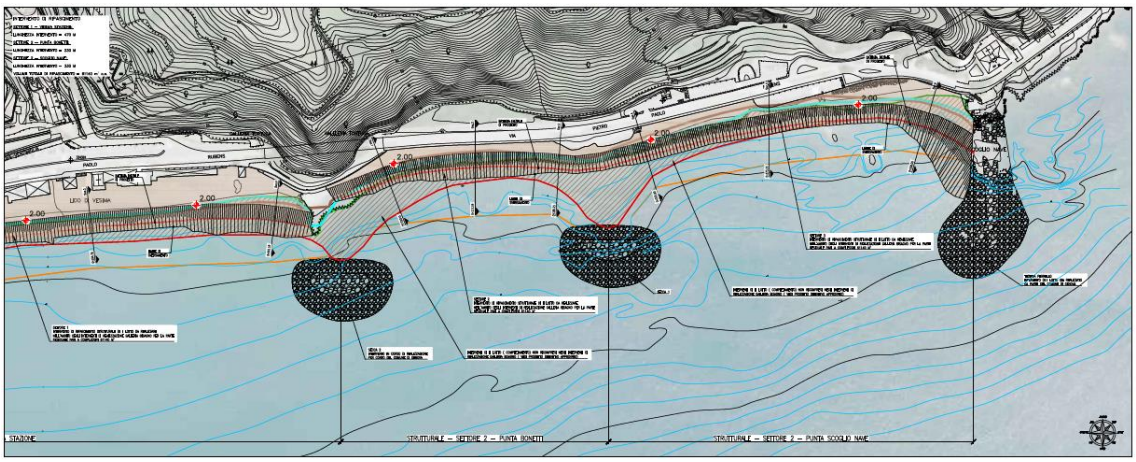


Figura 5-8 – Interventi previsti nella spiaggia di Vesima

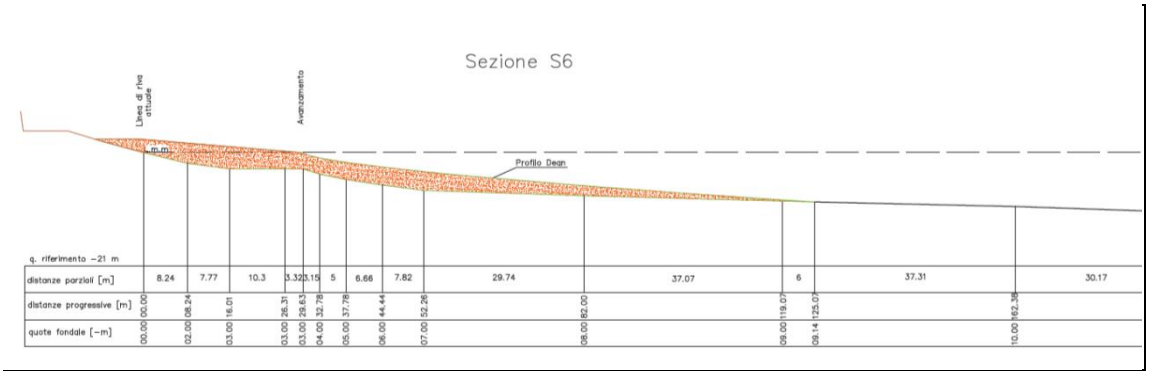


Figura 5-9 – Sezione di intervento (esempio)

5.2.4 Modalità e tempi di realizzazione

Le operazioni di ripascimento avverranno attraverso il trasporto del materiale direttamente su gomma, percorrendo la A10 fino al casello di Voltri. Da qui i convogli di autocarri percorreranno la via Aurelia, e da qui i punti di accesso agli arenili.

L'esecuzione via terra, oltre che risultare maggiormente sostenibile dal punto di vista economico, permetterà di eseguire le operazioni di ripascimento anche durante eventuali periodi di mareggiata, riducendo al minimo la durata delle operazioni di ripascimento, e conseguentemente le interferenze con i concessionari e le realtà economiche del territorio.

Peraltro le operazioni di perforazione, che avverranno con sistemi meccanizzati, permetteranno una produzione "importante" (fino a 2.000 m³ al giorno), per cui è ipotizzabile che il quantitativo destinato ad Arenzano possa essere collocato in poco più di due mesi, che potranno essere concentrati nel periodo invernale, in ogni caso al di fuori della stagione balneare.

La cantierizzazione, da sviluppare in sinergia con i tecnici del Comune di Arenzano, prevedrà l'accesso al cantiere da due differenti punti; verranno realizzate idonee piste di cantiere, che verranno rimosse al termine dei lavori.

6 Voltri

6.1 Quadro conoscitivo del sito oggetto di intervento

L'Autorità Portuale di Genova ha affidato alla società Acquatecno S.r.l. l'incarico di eseguire la Modellazione numerica a supporto della "Progettazione passeggiata di Voltri in destra idraulica del Torrente Leira", ricadente nel territorio del Comune di Genova (GE) nella Regione Liguria.

Gli studi specialistici effettuati forniscono gli elementi di base per la progettazione degli interventi di ripascimento previsti nell'ambito del presente progetto esecutivo, e ne sono riassunti nel seguito gli aspetti principali.

6.1.1 Identificazione dell'unità fisiografica

6.1.1.1 Unità fisiografica

L'unità fisiografica in cui ricade l'area di intervento è delimitata a levante dal Porto di Voltri mentre a ponente dalla diga del porto di Varazze.



Figura 6-1 – Limite Unità Fisiografica (linee di colore blu - Cartografia Regione Liguria)

6.1.1.2 Paraggio oggetto di intervento

Il paraggio di riferimento è definito a levante dal Porto di Voltri mentre a ponente dal pennello prospiciente lo Scoglio Nave.

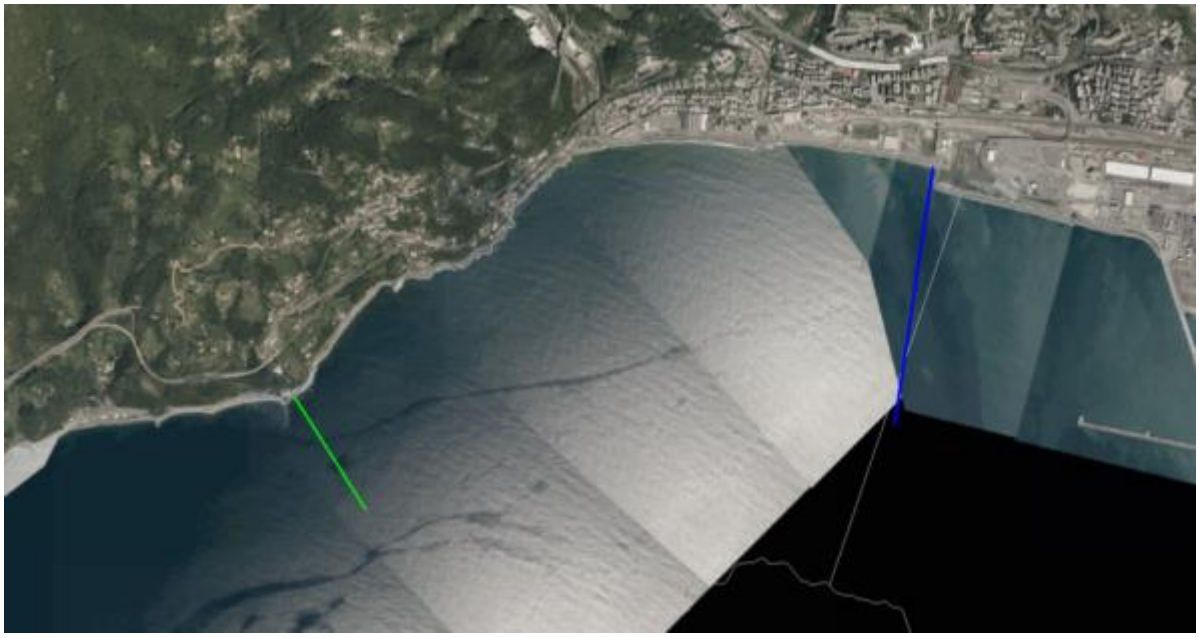


Figura 6-2 –Limite di paraggio (Cartografia Regione Liguria)

Le celle litorali oggetto degli interventi di ripascimento sono delimitate da elementi artificiali realizzati per il contrasto dell'erosione costiera. La seguente Figura 6-3 – indica la posizione e le caratteristiche attuali delle celle.



Figura 6-3 –Celle litorali oggetto di intervento (Cartografia Regione Liguria)

6.1.2 Rilievo dello stato attuale e della tendenza evolutiva

Lo stato attuale delle celle litorali oggetto di intervento è rappresentato dal rilievo topografico e batimetrico descritto nei seguenti paragrafi.

La tendenza evolutiva rilevabile dal confronto delle cartografie storiche recenti e dalle riprese aeree disponibili è descritta nelle immagini riportate nelle seguenti figure. In esse sono poste a confronto le linee di battigia corrispondenti agli anni 1944, 1983, 1993 e 2003 con l'assetto attuale descritto dalle foto aeree Agea 2016 (dati Regione Liguria).



Figura 6-4 – Evoluzione della linea di costa Anno 1944 (linea bianca - Cartografia Regione Liguria)



Figura 6-5 – Evoluzione della linea di costa Anno 1983 (linea arancione - Cartografia Regione Liguria)



Figura 6-6 – Evoluzione della linea di costa Anno 1993 (linea rossa - Cartografia Regione Liguria)



Figura 6-7 – Evoluzione della linea di costa Anno 2003 (linea rossa - Cartografia Regione Liguria)

La realizzazione di un pennello ad est della foce del torrente Leira ha comportato negli anni '70 la formazione di una spiaggia ad est della stessa foce. Si rileva che negli stessi anni invece il litorale posto ad est di tale pennello era ancora caratterizzato dalla presenza di una lunga scogliera radente a protezione dell'entroterra. Solamente agli inizi degli anni '80 con la realizzazione delle opere esterne del porto di Voltri la spiaggia ad est della foce del Torrente Leira ha raggiunto la configurazione attuale.

Tra il 1988 ed il 1993 la spiaggia tra la foce del torrente Leira e la foce del torrente Cerusa ha subito una rotazione in senso orario, intorno ad un punto prossimo alla foce del torrente Leira, con arretramenti massimi in prossimità della foce del torrente Cerusa di oltre 20 m; anche la spiaggia compresa tra la foce del Rio San Giuliano e la foce del torrente Leira ha subito una rotazione in senso orario, intorno alla testa del pennello posto ad est del campo sportivo, con arretramento massimi di circa 15 m ad est della foce del torrente Leira ed avanzamenti non maggiori di 5 m in corrispondenza della foce del Rio San Giuliano;

- tra il 1993 ed il 2000 la spiaggia tra la foce del torrente Leira e la foce del torrente Cerusa ha subito una piccola rotazione in senso antiorario, intorno ad un punto prossimo al centro della spiaggia, con arretramenti massimi in prossimità della foce del torrente Leira di circa 5 m ed avanzamenti massimi in prossimità della foce del torrente Cerusa di circa 5m; la spiaggia compresa tra la foce del Rio San Giuliano e la foce del torrente Leira è risultata sostanzialmente stabile;
- tra il 2000 ed il 2006 sia la spiaggia compresa tra la foce del torrente Leira e la foce del torrente Cerusa che quella compresa tra la foce del Rio San Giuliano e la foce del torrente Leira sono risultate sostanzialmente stabili con variazioni dell'ordine di qualche metro;

- tra il 2006 ed il 2012 sia la spiaggia compresa tra la foce del torrente Leira e la foce del torrente Cerusa che quella compresa tra la foce del Rio San Giuliano e la foce del torrente Leira sono risultate sostanzialmente stabili con variazioni dell'ordine di qualche metro, fa eccezione il tratto di circa 250 m a ovest della foce del torrente Leira, in corrispondenza della passeggiata, che ha subito arretramenti compresi tra i 2,0m e 5,0m.

Gli arretramenti avvenuti in prossimità della foce del torrente Cerusa tra il 1988 ed il 1993 hanno comportato la realizzazione tra il 2000 ed il 2006 della scogliera radente di circa 170 m a protezione degli insediamenti antropici.

Gli arretramenti verificatisi tra il 2006 ed il 2012 nel tratto di 250 ad ovest della foce del torrente Leira in corrispondenza della passeggiata hanno comportato la necessità della realizzazione di un progetto di intervento oggetto del presente studio.

6.1.3 Rilievi batimetrici

Allo scopo della migliore caratterizzazione geometrica delle aree di ripascimento, con particolare riferimento alla componente batimetrica, è stata condotta, nell'ambito del presente progetto esecutivo, una campagna di rilievi morfo-batimetrici ad elevato dettaglio e indagini topografiche 3D, rispettivamente mediante l'utilizzo dei sistemi MBES (Multibeam Echosounder) e LS (Laser Scanner).

I rilievi batimetrici sono stati condotti per le spiagge in cui è prevista la esecuzione di ripascimenti strutturali. I dati così ottenuti sono stati elaborati per la costruzione della geometria del fondale, mediante restituzione con isobate. I rilievi dello stato di fatto sono riportati nelle specifiche tavole grafiche allegate al presente progetto esecutivo.

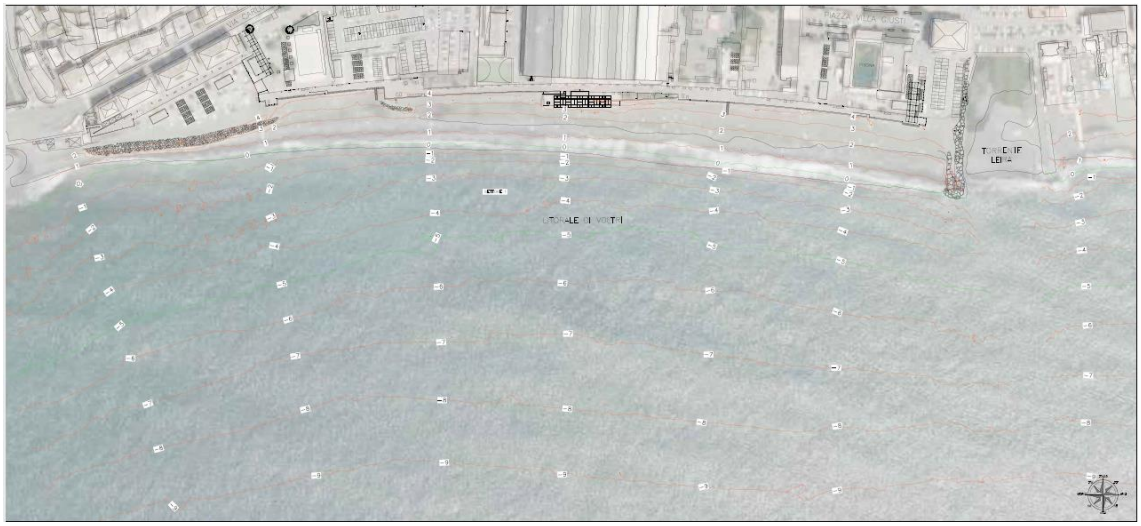


Figura 6-8 –Restituzione tramite isobate della batimetria e della superficie emersa delle spiagge di Voltri – settore di Ponente

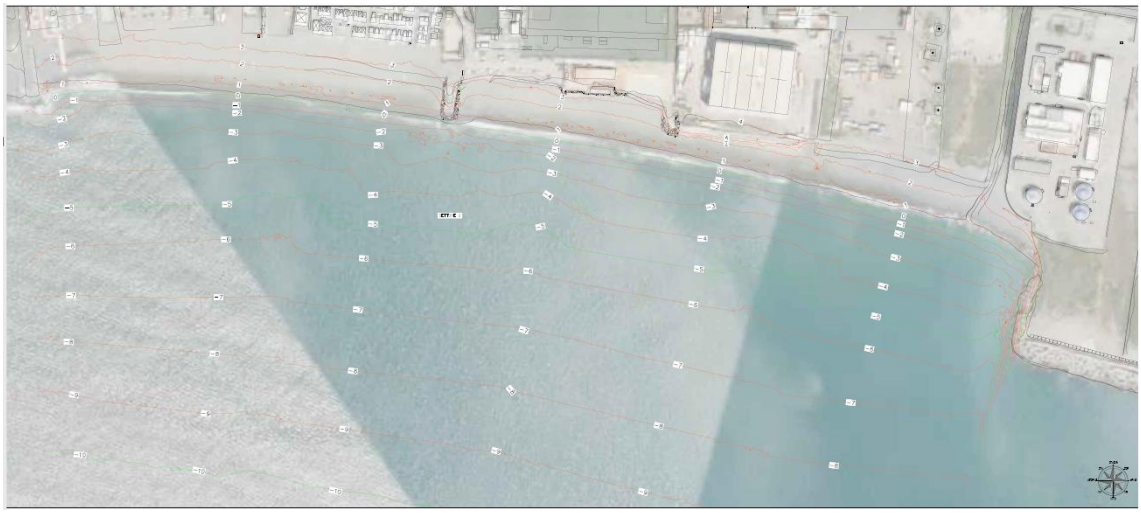


Figura 6-9 –Restituzione tramite isobate della batimetria e della superficie emersa delle spiagge di Voltri – settore di Levante

6.1.4 Caratterizzazione granulometrica

Dal punto di vista sedimentario l'unità fisiografica in esame è alimentata essenzialmente all'estremità occidentale dagli apporti solidi grossolani del torrente Cerusa e nella parte centrale da quelli del torrente Leira. Gli apporti solidi del Rio San Giuliano che sfocia all'estremità orientale della spiaggia sono trascurabili L'entità di tale alimentazione risulta attualmente sufficiente al mantenimento della conformazione del litorale.

Per la redazione del progetto citato in premessa è stata effettuata, nel settembre 2014, una campagna sedimentologica sulla spiaggia emersa e su quella sommersa fino alla profondità di circa 6 m lungo tutto il litorale di Voltri.

In particolare durante la campagna sedimentologica sono stati prelevati campioni granulometrici lungo 7 transetti (A, B, C, D, E, F, e G). I primi 3 transetti sono poste ad ovest della foce del torrente Leira ad una distanza di circa 250 m tra loro. Il transetto D è posto in corrispondenza della foce del Torrente Leira, mentre gli ultimi 3 transetti sono posti ad est della foce del torrente Leira ad una distanza di circa 230 m tra loro. Lungo ogni transetto sono stati prelevati campioni in corrispondenza della spiaggia emersa (+1,0 m sul l.m.m.) e in corrispondenza della spiaggia sommersa (alle quote -1,0 m, -3,0 m e -6,0 m sul l.m.m.), per un totale di 28 campioni sedimentologici (vedi Figura 4). Il rilievo batimetrico riportato in figura è stato fornito dall'Autorità Portuale di Genova.

Nella parte emersa della spiaggia il sedimento è costituito prevalentemente da ciottoli (tra il 95,0% ed il 41,8%) e ghiaia (complessivamente tra il 99,6% ed il 83,8% di ciottoli e ghiaia), fa eccezione il transetto C che presenta una percentuale complessiva di ciottoli e ghiaia inferiore (circa il 64,2%).

Nella parte sommersa prossima alla battigia il sedimento è costituito:

- nei transetti A e B principalmente da sabbia molto grossolana con ghiaia e sabbia grossolana;
- nei transetti C e F principalmente da sabbia molto grossolana con ghiaia e ciottoli;
- nei transetti D, E e G principalmente da ciottoli con ghiaia e sabbia grossolana.

Alla profondità di -3 m sul l.m.m. il sedimento presenta dimensioni un po più ridotte essendo costituito:

- nei transetti A, B e G principalmente da sabbia grossolana con sabbia media;
- nei transetti C, E e F principalmente da sabbia finissima con sabbie fini e medie.

In fine a profondità maggiore (-6 m sul l.m.m.) il sedimento è costituito prevalentemente da sabbia finissima (tra il 50% e il 89%).

Fa eccezione il transetto D, posto in corrispondenza della foce del torrente Leira, in cui il sedimento presenta dimensioni maggiori sia alla profondità di -3 m sul l.m.m. che a quella di -6 m sul l.m.m. Infatti lungo il transetto D esso è costituito:

- alla profondità di -3,0 m sul l.m.m. principalmente da sabbie molto grossolane con ciottoli e ghiaia;
- alla profondità di -6,0 m sul l.m.m. principalmente da sabbia finissima (41%) con sabbie medie e fini.

I sedimenti che costituiscono la spiaggia emersa e sommersa del litorale di Voltri sono stati studiati nelle loro caratteristiche tessiturali. L'azione combinata delle correnti e delle onde nella zona dei frangenti ed in fasce adiacenti è l'agente dinamico più importante nella mobilizzazione ed il trasporto dei sedimenti che compongono gli strati superficiali della fascia emersa e sommersa della spiaggia e di quelli immessi dai corsi d'acqua che sfociano lungo il litorale. Lungo il profilo trasversale la composizione granulometrica dei sedimenti varia in ragione della selezione, naturalmente effettuata dai fenomeni fisici sopra detti, per cui ogni componente granulometrica tende a convergere verso il fondale in cui essa si trova in equilibrio sotto l'azione delle onde frangenti, e delle correnti indotte dal moto ondoso.

Dall'analisi gli istogrammi di distribuzione dei sedimenti per le stesse profondità si evidenzia:

- nella parte emersa una maggiore dimensione del granulo medio delle spiagge ad ovest della foce del torrente Leira rispetto a quelle ad est;
- nella parte sommersa prossima alla battigia invece una maggiore dimensione del granulo medio delle spiagge ad est della foce del torrente Leira rispetto a quelle ad ovest;
- nella parte sommersa più profonda ancora una maggiore dimensione del granulo medio delle spiagge ad ovest della foce del torrente Leira rispetto a quelle ad est.

Per quanto riguarda la spiaggia emersa si tratta prevalentemente di sedimenti classificabili nella scala di Udden-Werton nella classe dei ciottoli (120,0mm< D50<8,0mm), in particolare mediamente D50=24,5 mm.

Per la spiaggia prossima alla riva si tratta prevalentemente di sedimenti classificabili come ciottoli (120,0mm< D50<8,0mm) o ghiaia (8,0mm< D50<2,0mm) con valori lungo il litorale compresi tra 3,6mm e 20,5mm.

Per la spiaggia sommersa alla profondità di 3 m si tratta di sedimenti classificabili nella classe di sabbia media, grossolana o molto grossolana (0,25mm<D50<2,00mm). Fa eccezione il transetto in corrispondenza della foce del torrente Leira in cui la spiaggia sommersa alla profondità di 3 m presenta sedimenti classificabili nella classe delle ghiaie con valori di 8,3mm.

Infine per la spiaggia sommersa alla profondità di 6 m si tratta di sedimenti classificabili nella classe delle sabbie medie (0,25mm<D50<0,50mm) ed est della foce del torrente Lera con valori mediamente D50=260 micron, e classificabili nella classe di sabbie fini (125 micron <D50<250 micron) ed ovest della stessa, foce con valori mediamente D50=160 micron.

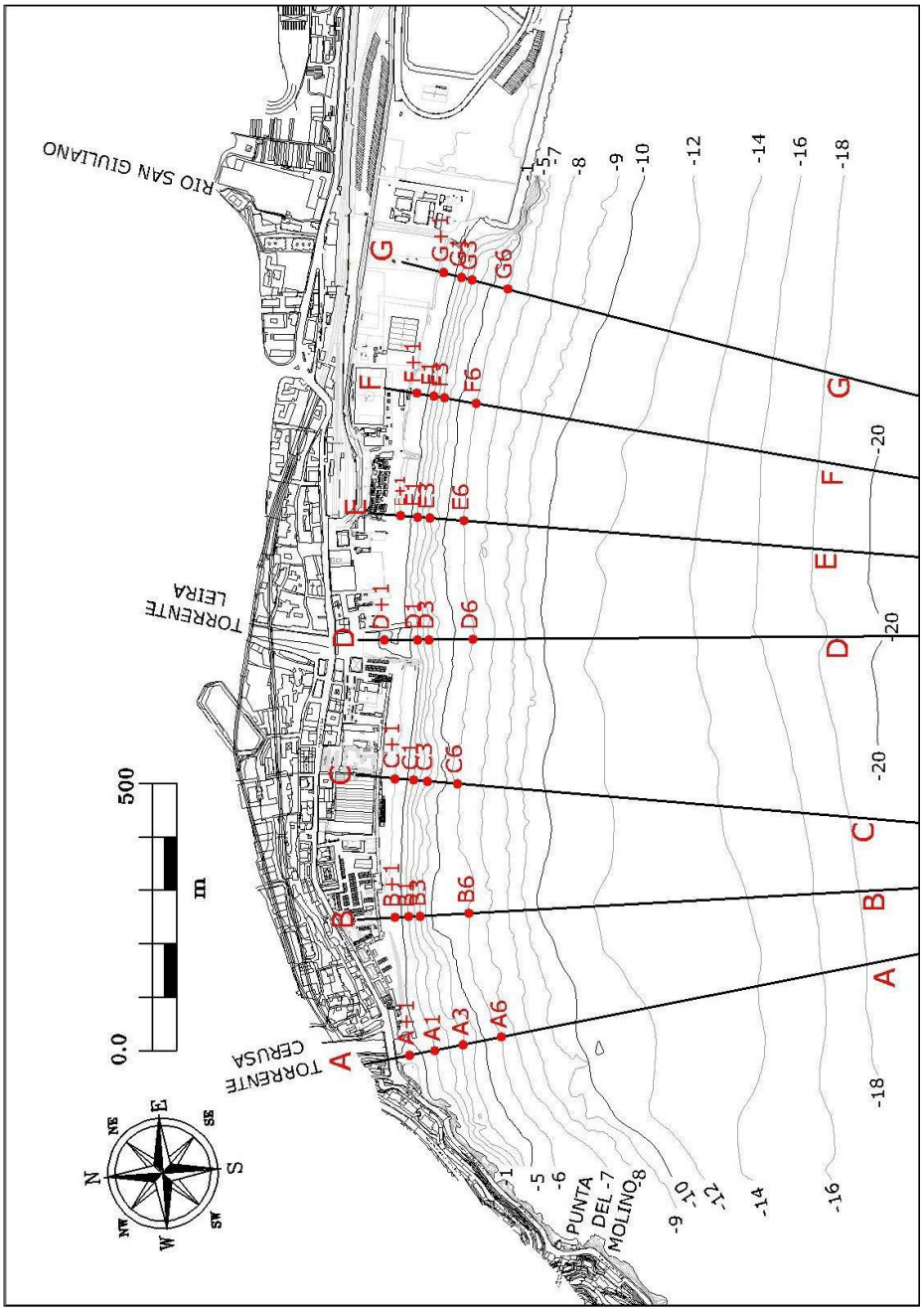


Figura 6-10 – Sezioni trasversali di riferimento e Punti di campionamento (Fonte Autorità portuale Genova)

6.1.4.1 Analisi degli apporti solidi fluviali

Nello studio promosso dall'Autorità Portuale di Genova, una stima di massima delle portate solide apportate dai corsi d'acqua all'unità fisiografica in esame è stata effettuata con un metodo indiretto, in base alla capacità potenziale di erosione dei bacini idrografici ad opera delle acque superficiali.

A tale fine l'erodibilità dei bacini idrografici è stata determinabile in base alla carta geologica e a quella di uso del suolo pubblicate dalla Regione Liguria sul Portale cartografico. Definite cinque le classi di erodibilità (molto bassa, bassa, media, alta e molto alta) in base ai parametri caratterizzanti la degradazione dei versanti, quali la litologia, l'uso del suolo e l'assetto fisico del bacino.

I bacini sono statti suddivisi in aree omogenee di diverso grado di erodibilità. Successivamente, ad ogni classe di erodibilità sono stati assegnati due coefficienti di ablazione specifica, corrispondenti ad una ipotesi di minimo ed una di massimo, i quali esprimono, per ciascuna classe, l'erosione media annua per chilometro quadrato (vedi Tabella successiva). In questo modo per ogni singolo bacino è stato possibile stimare l'ablazione totale potenziale minima e massima, che rappresenta il volume medio annuo di materiale solido eroso dalla superficie del bacino idrografico. Da questo quantitativo complessivo, in mancanza di dati sperimentali circa il rapporto fra trasporto solido in sospensione e di fondo che alimenta le spiagge, la frazione percentuale del trasporto solido di fondo potenziale è stata valutata caso per caso sulla base di dati generali riportati in letteratura per situazioni simili.

Per passare infine dai valori potenziali alla stima dell'apporto solido a mare effettivo, vengono valutati, caso per caso, gli effetti dei fattori limitanti del trasporto solido, quali gli interventi di sistemazione e stabilizzazione dei bacini e dei corsi d'acqua, il prelievo di inerti in alveo e la costruzione di traverse e sbarramenti lungo le aste fluviali. In particolare sia il torrente Cerusa che il torrente Leira presentano nel tratto terminale dell'alveo delle opere di derivazione (come riportato nel Portale Cartografico della Regione Liguria). Tutti questi elementi, difficilmente quantificabili singolarmente, sono stimati complessivamente come una percentuale riduttiva da applicare al trasporto potenziale. Il risultato è la stima del valore minimo e massimo del trasporto solido di fondo a mare.

In tabella è inoltre riportata la stima dell'ablazione totale potenziale e del trasporto solido potenziale dei bacini idrografici che sfociano lungo l'unità fisiografica in esame.

In tabella si riporta la stima dell'apporto solido a mare effettivo ottenuta considerando una riduzione del 70% del trasporto solido potenziale, per effetto dei fattori limitanti del trasporto solido.

Classe	*Descrizione*	*Erosine media annua per Km² (mm)*	
		min	*max*
I	erodibilità molto bassa	0,055	0,1
II	erodibilità bassa	0,1	0,3
III	erodibilità media	0,2	0,5
IV	erodibilità elevata	0,5	0,9
V	erodibilità molto elevata	1,0	1,5

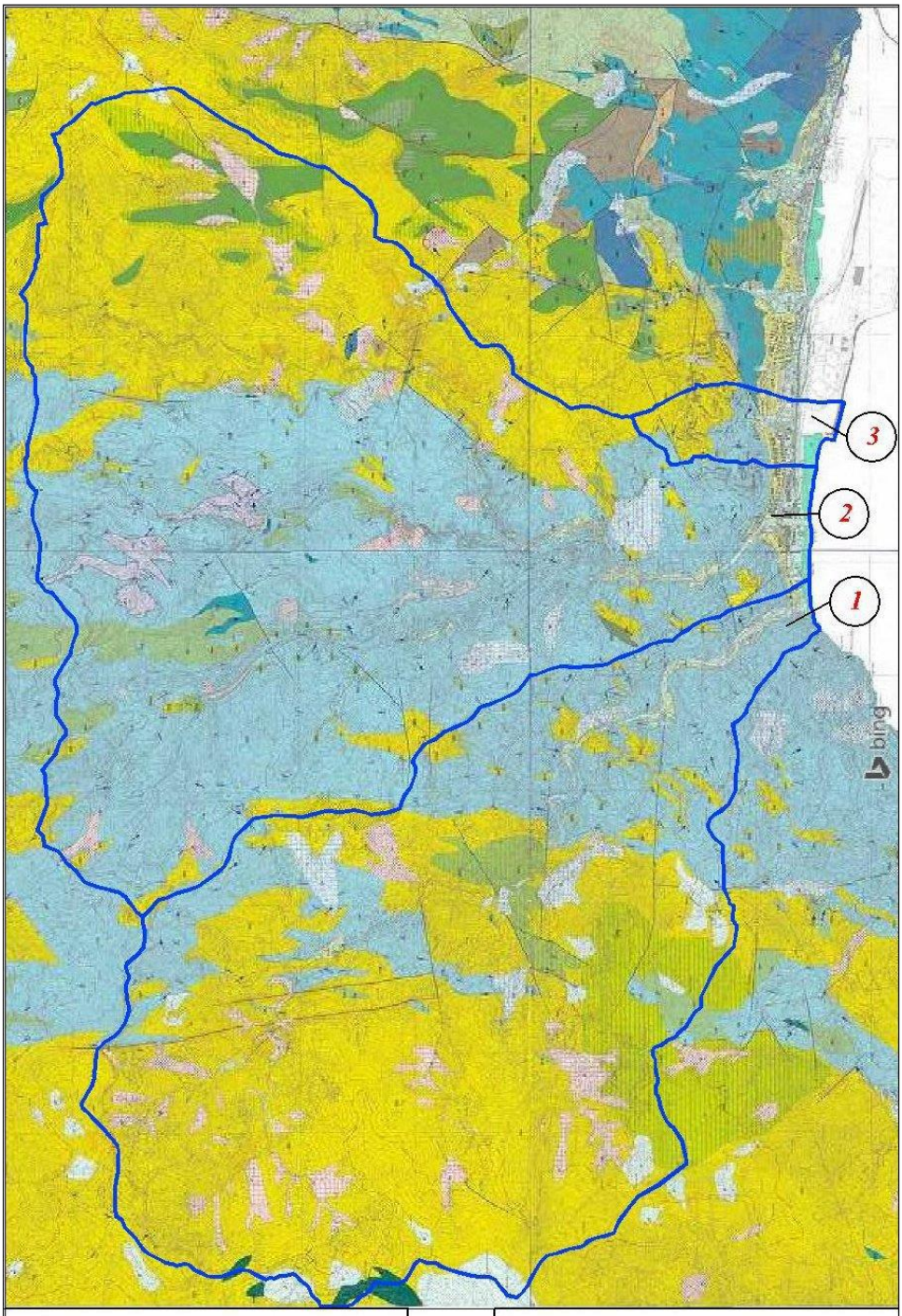
Tabella 29. Classi di erodibilità adottate per la stima dell'ablazione totale potenziale dei bacini idrografici

Corso d'acqua	*Superficie*	*Ablazione totale potenziale*		*Trasporto solido di fondo potenziale*	
		min	*max*	*min*	*max*
	km²	*m³/anno*	*m³/anno*	*m³/anno*	*m³/anno*
Torrente Cerusa	52.9	10 571	26 428	2 114	5 286
Torrente Lejra	63.6	12 715	31 788	2 543	6 358
Rio San Giuliano	2.2	441	1 103	88	221

Tabella 30. Stima dell'ablazione totale potenziale e del trasporto solido potenziale dei bacini idrografici del litorale di Voltri

Corso d'acqua	*Superficie*	*Trasporto solido di fondo effettivo*	
		min	*max*
	km²	*m³/anno*	*m³/anno*
Torrente Cerusa	53	634	1 586
Torrente Lejra	64	763	1 907
Rio San Giuliano	2	26	66

Tabella 31. Stima del trasporto solido effettivo dei bacini idrografici del litorale di Voltri



LEGENDA

1 *Torrente Cerusa*
Area km²52.86

2 *Torrente Lejra*
Area km²63.58

3 *Rio San Giuliano*
Area km² 2.21

N
NW
NE
W
E
SW
SE
S

0.0 2.5 5.0
km

Figura 6-11 – Carta geologica dei bacini imbriferi che sfocino sul litorale di Voltri



Figura 6-12 – Legenda della Carta geologica dei bacini imbriferi che sfocino sul litorale di Voltri

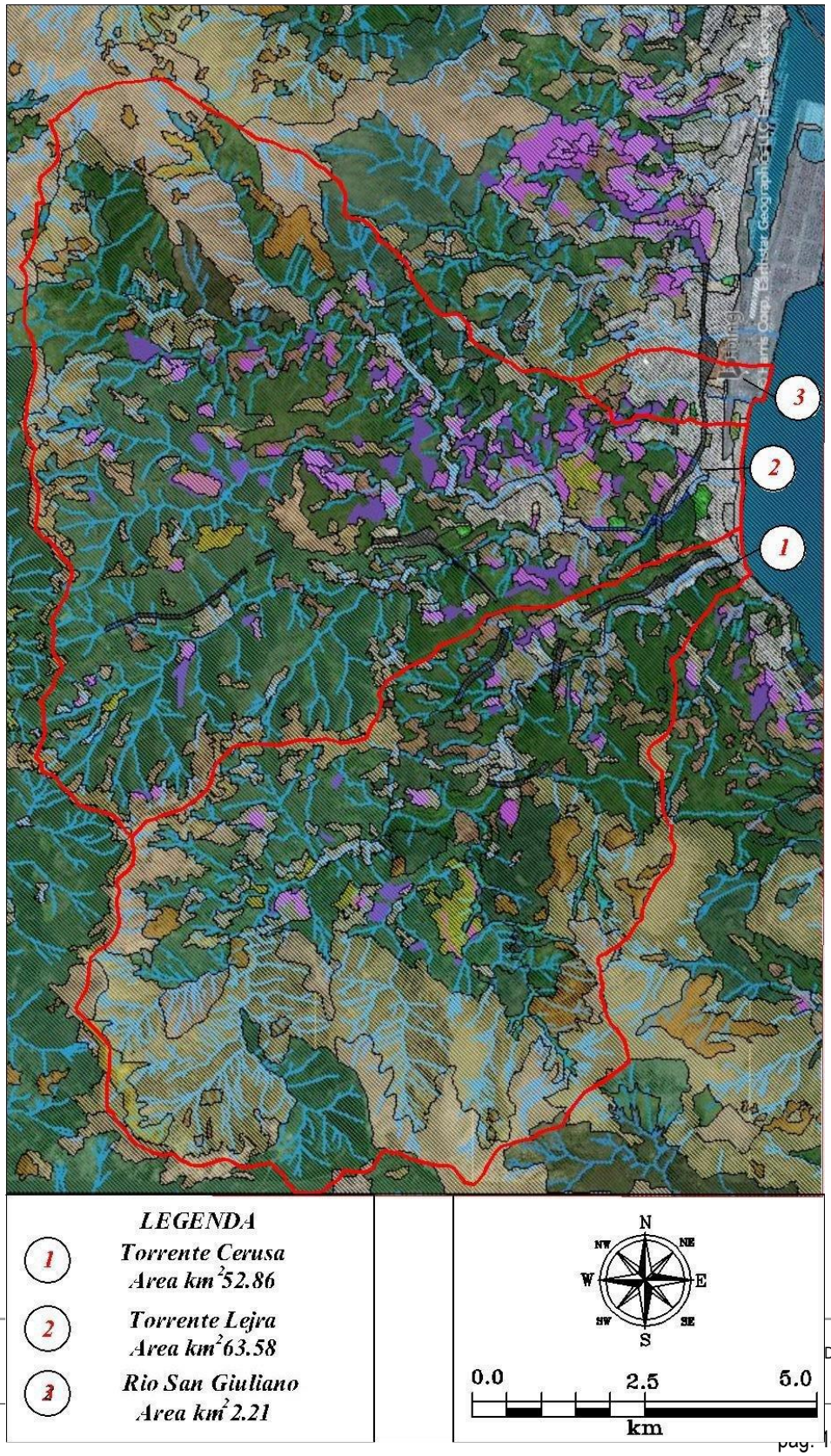

3
2
1
LEGENDA
1
Torrente Cerusa
Area km²52.86
2
Torrente Lejra
Area km²63.58
3
Rio San Giuliano
Area km²2.21
N
NW
NE
W
E
SW
SE
S
0.0
2.5
5.0
km

Figura 6-13 – Carta dell'uso del suolo dei bacini imbriferi che sfociano sul litorale di Voltri

6.1.5 Analisi delle biocenosi marine

Da Vesima a Genova Voltri il litorale presenta una costa prevalentemente alta e rocciosa, con l'occasionale presenza di piccole spiagge ciottolose, presenta fondali le cui comunità bentoniche sono state fortemente condizionate dallo sviluppo urbano, portuale e della viabilità.

I fondali presentano le tracce di insediamenti di Posidonia oceanica, ridotta quasi ovunque a matte morta. Rilievi condotti nel 2002 (RSTA 2002) hanno permesso di rilevare alcuni nuclei vitali di prateria di Posidonia oceanica, con macchie isolate, potrebbero ancora sopravvivere tra i 5 m e i 15 m di profondità nella zona antistante Vesima. Tuttavia sui fondali da Vesima fino a Punta del Molino è presente matte morta quasi totalmente infangata.

Le caratteristiche granulometriche del sedimento, unitamente alle specie animali presenti, indicano la presenza di una zonazione costa-largo con due biocenosi dominanti: quella caratteristica delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC), che si sviluppa dalla profondità di 2,5 m, e quella caratteristica dei Fanghi Terrigeni Costieri (VTC) che si colloca intorno i 50 m. A 10 m di profondità, l'intero settore è caratterizzato dalla presenza di organismi sospensivori, in cui Spicula subtruncata risulta specie dominante (Covazzi Harriague et al., 2000). Questo bivalve presenta generalmente una distribuzione caratterizzata da una notevole patchness ed è considerato specie Caratteristica Esclusiva delle Sabbie Fini Ben Calibrate (Perez e Picard, 1964). La fascia intermedia, localizzata a circa 20 m di profondità, si presenta invece come un ambiente di transizione, in cui sono presenti specie caratteristiche delle due biocenosi e specie indicatrici di sostanza organica e di instabilità ambientale (Corbula gibba e Thyasira flexuosa). Corbula gibba viene definita specie a larga ripartizione ecologica tipica di ambienti a ritmo sedimentario irregolare ed indicatrice di sedimenti particolarmente ricchi di sostanza organica e poco ossigenati (Perez e Picard, 1964). Thyasira flexuosa è anch'essa un piccolo bivalve che si trova in zone ricche di sedimenti fangosi instabili, e risulta particolarmente tollerante all'inquinamento proveniente da scarichi urbani ed industriali. Queste specie sono distribuite secondo un gradiente che decresce allontanandosi dall'area portuale di Voltri e nuovamente aumenta in corrispondenza del Porto di Arenzano, a conferma dell'elevata antropizzazione dei sedimenti antistanti le due aree portuali. Alla profondità di circa 50 m dominano invece organismi deposivori. Tuttavia si rinviene un gasteropode sospensivoro Turritella communis, tipico di ambienti a bassa energia e lenti tassi di sedimentazione (Sartenaer, 1959). Da un punto di vista faunistico, si evidenzia un generale incremento dei valori di diversità specifica della macrofauna spostandosi da levante verso ponente. In corrispondenza del Porto di Arenzano si rileva, invece, una generale diminuzione del numero di specie, unitamente ad alti valori di dominanza di specie opportunistiche. Nel complesso i valori di diversità specifica si mantengono sostanzialmente uniformi in prossimità della costa, con massimi in corrispondenza del settore centrale dell'area ad una profondità di 20 m, mentre tendono a decrescere verso il largo ed a raggiungere i valori minimi a 50 m di profondità.

La situazione di dettaglio delle aree soggette ad intervento e descritta nelle figure riportate nel seguito.

Per l'area di Arenzano si può notare l'esteso prato di Cymodocea nodosa circondato da sabbie litorali e più al largo fondi detritici infangati, mentre per l'area di Genova Voltri l'area essendo limitrofa ad un'area portuale non è indagata e non presenta biocenosi di rilievo.



Figura 6-14 – Area di Arenzano

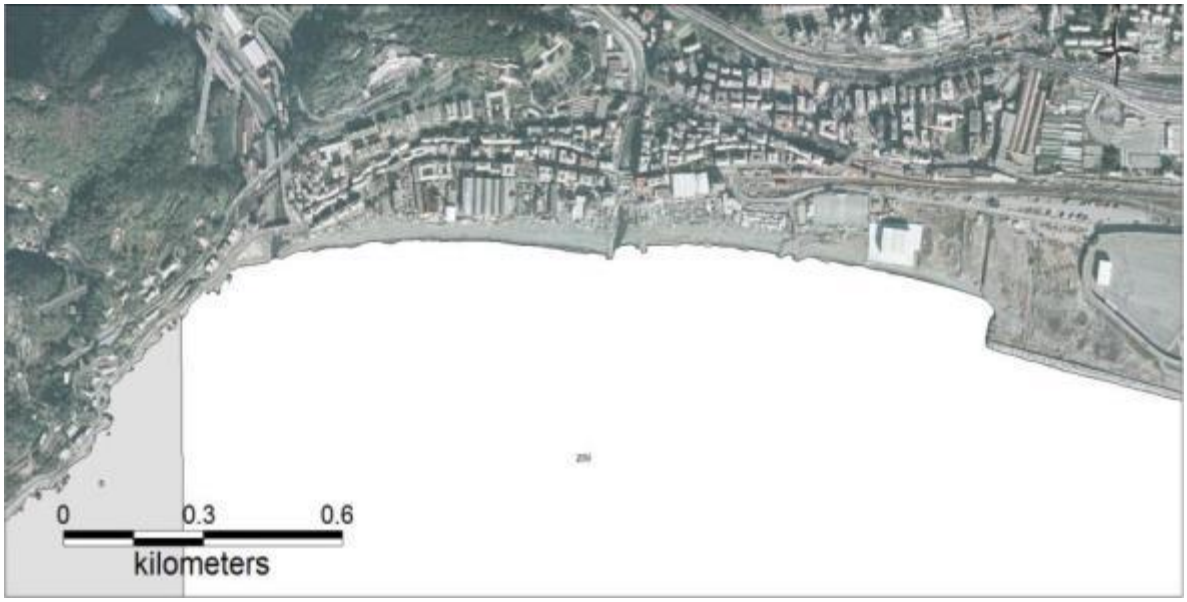


Figura 6-15 – Area di Genova Voltri

6.1.6 Analisi dei processi costieri

Le analisi eseguite nell'ambito del progetto redatto dall'Autorità Portuale di Genova hanno permesso di verificare che la direzione del trasporto solido netto:

- è diretta verso est ad est della foce del torrente Cerusa fino ad ovest della foce del Torrente Leira (dove il trasporto solido netto diventa pressoché nullo),
- è diretto verso est in corrispondenza della foce del torrente Leira,
- è diretto verso est ad est della foce del torrente Leira fino al pennello radente alla spiaggia posto ad ovest del Porto di Sestri Ponente (dove il trasporto solido netto diventa pressoché nullo)
- è diretto verso ovest ad ovest del porto di Sestri Ponente.

Dall'esame della direzione e dell'intensità della componente motrice del trasporto solido si può sintetizzare che nella configurazione attuale della spiaggia e con il clima medio annuale il Torrente Cerusa alimenta, con il materiale detritico da esso trasportato, la spiaggia posta ad est della sua foce fino alla foce del torrente Leira. Il Torrente Leira invece nelle stesse condizioni alimenta la spiaggia posta ad est della sua foce fino al pennello radente posto ad ovest del Porto di Sestri Ponente.

6.2 Interventi di ripascimento previsti nel presente progetto esecutivo

6.2.1 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento

Il materiale utilizzato per l'intervento di ripascimento proviene integralmente dalle attività di scavo della galleria scolmatrice del t. Bisagno, in conformità a quanto indicato nel Piano di Utilizzo allegato al presente progetto esecutivo.

Le caratteristiche del materiale sono già state illustrate nel paragrafo 4.2 della presente relazione.

6.2.2 Interventi di ripascimento previsti in progetto

Le opere marittime presenti attualmente lungo l'unità fisiografica sono:

- la scogliera radente a protezione dell'abitato di Voltri posta ad est della foce del Torrente Cerusa realizzata tra il 2000 ed il 2006;
- il muro posto nel retrospiaggia a protezione dell'edificio realizzato al centro della passeggiata di Voltri;
- l'armatura di foce del torrente Leira;
- il pennello posto ad est della foce del torrente Leira. realizzato negli anni '70 ed attualmente insabbiato;
- la scogliera di collegamento del pennello posto ad est della foce del torrente Leira con le opere del Porto di Voltri, che limita attualmente la spiaggia verso terra;

- le opere portuali del Porto di Voltri.

L' Autorità Portuale Di Genova ha recentemente commissionato il progetto degli interventi di "Protezione passeggiata di voltri in destra idraulica del torrente Leira" riguardante in particolare un pennello di difesa del margine orientale del litorale di Voltri.

Il pennello ha forma planimetrica falciforme con concavità rivolta verso il largo (in direzione Sud Est) e per uno sviluppo longitudinale pari a circa 60 m, e verrà realizzato a cura della Autorità Portuale.

A seguito della ultimazione dell'intervento in corrispondenza del pennello in sinistra idraulica del t. Leira sarà possibile procedere alla realizzazione degli interventi di ripascimento, così differenziati:

Settore di ponente

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia dai 10 ai 30 m (lungo la estremità di levante) con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con una battigia di costruzione avanzata di circa 12 m e un impiego di ~ 48.650 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 2,80 m;
- realizzazione di una pendenza del profilo pari a circa 11 ° in corrispondenza della battigia dalla quota +2,80 m alla quota -0,5 m. Tale pendenza consente una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a tergo (pendenza tale da mantenere avanzata verso la battigia la berma di spiaggia a quota + 2,80 m). La profondità di -0,5 m è inoltre facilmente raggiungibile con mezzi terrestri in fase di realizzazione;
- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento medio di 12 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nell'ottobre 2017;
- pendenza indicativa di 1 a 3 della parte restante del profilo a mare fino ad incontrare il fondale esistente (fino a circa - 3 m di profondità), equivalente alla pendenza che si ottiene naturalmente nella fase di versamento del materiale.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di ~ 560 m e un volume unitario di versamento pari a ~ 85 m³/m.

L'intervento non richiede la realizzazione di nuove opere rigide, oltre a quella realizzata in sinistra Leira da parte della Autorità Portuale di Genova.

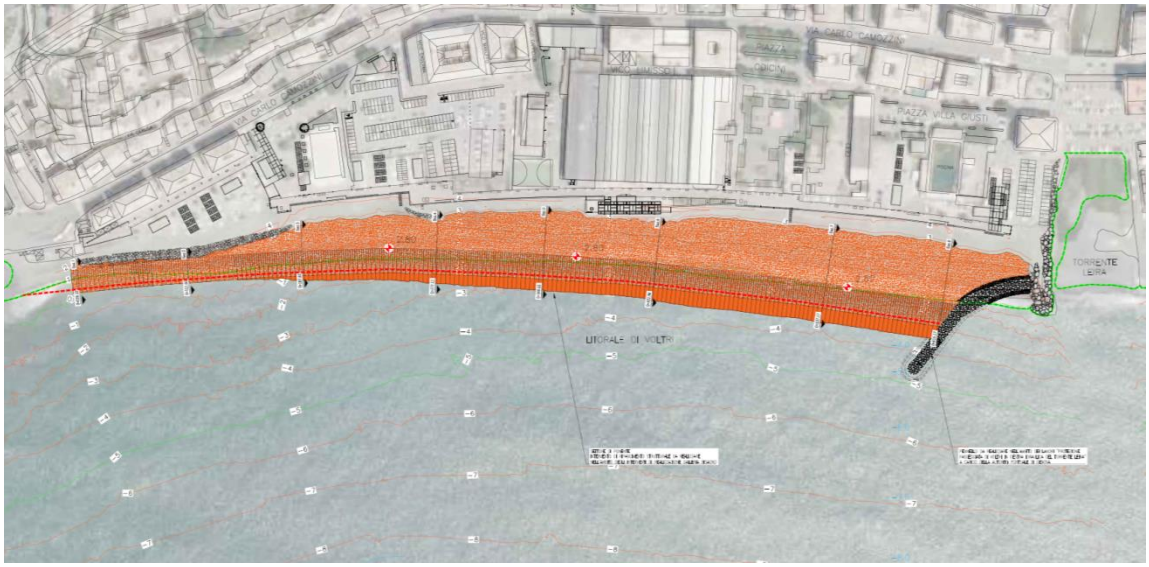


Figura 6-16 – Sviluppo planimetrico dell'intervento di ripascimento in corrispondenza del settore di Ponente della spiaggia di Voltri

Settore di levante

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia di 10 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate) con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con una battigia di costruzione secondo la linea indicata nelle tavole progettuali e un impiego di ~ 80.700 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 2,80 m;
- realizzazione di una pendenza del profilo pari a circa 11 ° in corrispondenza della battigia dalla quota +2,80 m alla quota -0,5 m. Tale pendenza consente una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a tergo (pendenza tale da mantenere avanzata verso la battigia la berma di spiaggia a quota + 2,80 m). La profondità di -0,5 m è inoltre facilmente raggiungibile con mezzi terrestri in fase di realizzazione;
- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento variabile da 10 a 30 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nell'ottobre 2017;
- pendenza indicativa di 1 a 3 della parte restante del profilo a mare fino ad incontrare il fondale esistente (fino a circa - 3 m di profondità), equivalente alla pendenza che si ottiene naturalmente nella fase di versamento del materiale.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di ~ 780 m e un volume unitario di versamento pari a ~ 105 m³/m.

L'intervento non richiede la realizzazione di nuove opere rigide.

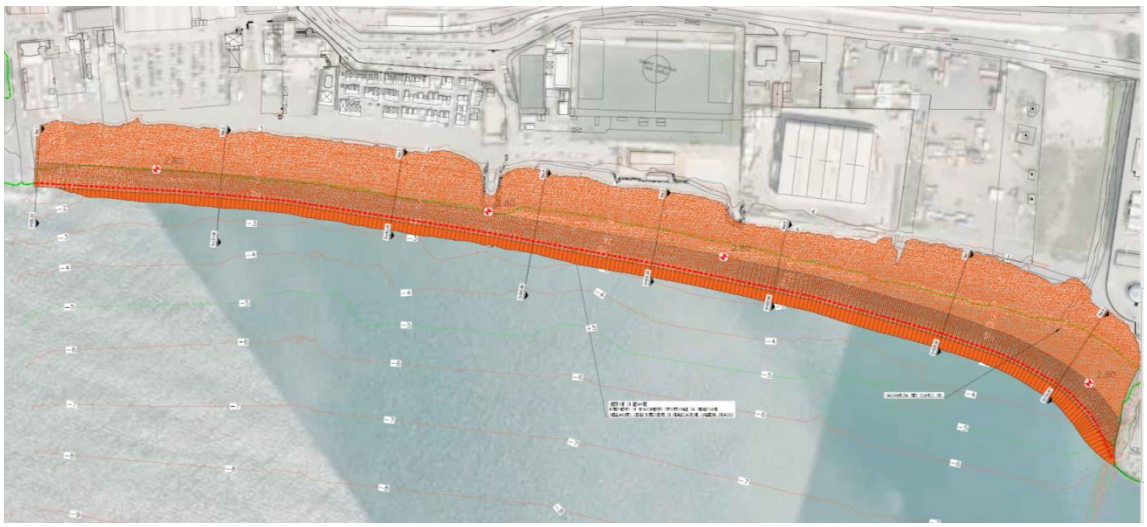


Figura 6-17 – Interventi previsti nel settore di Ponente

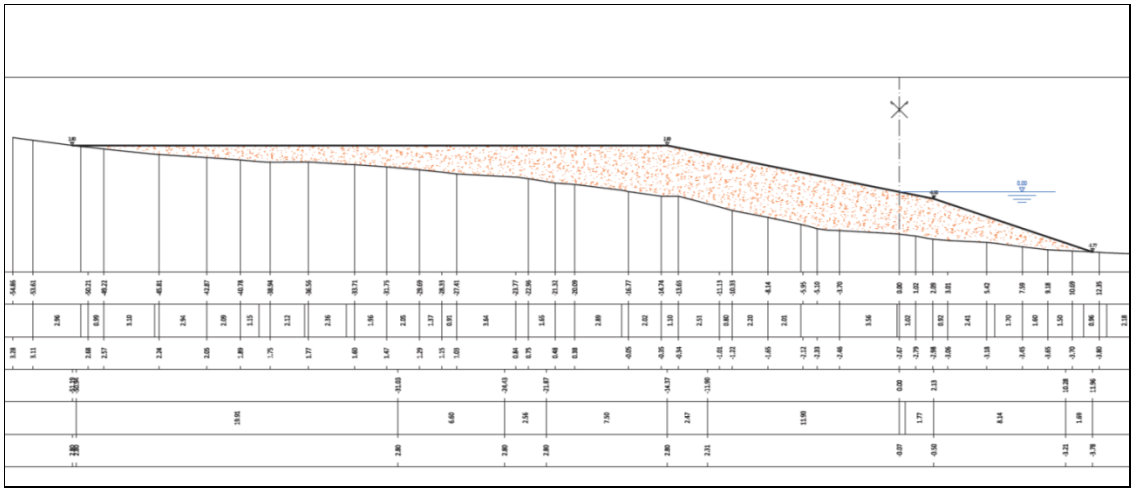


Figura 6-18 – Sezione di intervento (esempio)

6.2.2.1 Determinazione del profilo d'equilibrio

La determinazione teorica del profilo trasversale d'equilibrio di una spiaggia è stata effettuata utilizzando il metodo di Dean. Questa soluzione, comunemente adottata negli studi d'ingegneria idraulica, approssima in modo più o meno corretto il profilo reale, anche in funzione della situazione morfo – sedimentaria contingente. Essa è infatti studiata per litorali oceanici costituiti da sabbie medio – fini e completamente esposti al moto ondoso.

L'algoritmo matematico utilizzato per l'ottenimento del profilo è basato sulla semplice relazione tra la distanza da costa (off-shore) e la profondità del fondale:

$d=Ax^m$ in cui: $m = \frac{2}{3}$

Il parametro A (dimensionalmente legato al fattore *m* per fare assumere a *d* il valore di una distanza) è funzione delle caratteristiche del sedimento (diametro medio) e va ad agire sulla forma del profilo di equilibrio. Il suo modulo risulta compreso tra 0.079 e 0.398, ed è determinato attraverso la formulazione:

$$A = 7.35\ (d_{50})^{0.49}.$$

Adottando un valore, sulla base della caratterizzazione sedimentologica del materiale presente lungo il litorale in esame, **d_{50} = 10 mm**, si ottiene un profilo di equilibrio compatibile con il profilo di sversamento adottato per la definizione della spiaggia di progetto e dei conseguenti volumi di ripascimento, come è possibile riscontrare nella figura sottostante (sez. n° 6 settore di ponente e sez. n° 5 settore di levante).

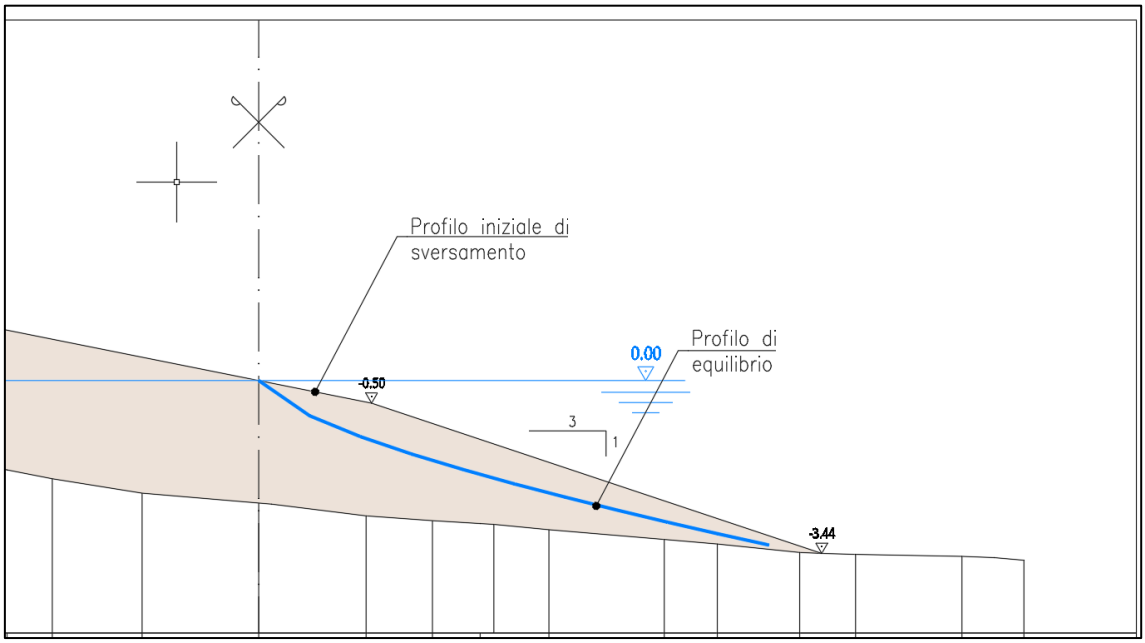


Figura 6-19 – Profilo di equilibrio – d_{50} = 10 mm – sezione n° 6 settore di ponente

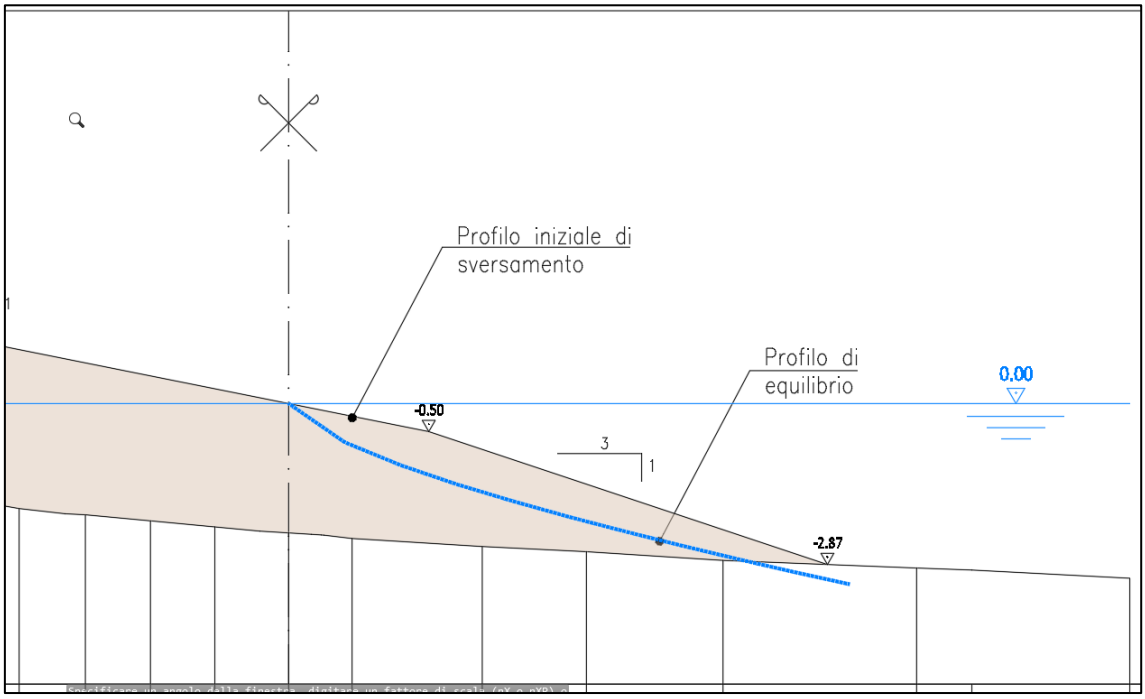


Figura 6-20 – Profilo di equilibrio – d_{50} = 10 mm – sezione n° 5 settore di levante

6.2.3 *Modalità e tempi di realizzazione*

Le operazioni di ripascimento avverranno attraverso il trasporto del materiale direttamente su gomma, percorrendo la A10 fino al casello di Voltri. Da qui i convogli di autocarri percorreranno la via Aurelia, e da qui i punti di accesso agli arenili.

L'esecuzione via terra, oltre che risultare maggiormente sostenibile dal punto di vista economico, permetterà di eseguire le operazioni di ripascimento anche durante eventuali periodi di mareggiata, riducendo al minimo la durata delle operazioni di ripascimento, e conseguentemente le interferenze con i concessionari e le realtà economiche del territorio.

Peraltro le operazioni di perforazione, che avverranno con sistemi meccanizzati, permetteranno una produzione "importante" (fino a 2.000 m³ al giorno), per cui è ipotizzabile che il quantitativo destinato ad Arenzano possa essere collocato in poco più di due mesi, che potranno essere concentrati nel periodo invernale, in ogni caso al di fuori della stagione balneare.

La cantierizzazione, prevedrà l'accesso al cantiere da più punti; verranno realizzate idonee piste di cantiere e rampe di accesso, che verranno rimosse al termine dei lavori.

6.2.4 *Effetto dell'opera sulle biocenosi sensibili*

Lo sversamento sulle spiagge di materiale sedimentario finalizzato ad un ripascimento può costituire un serio problema ecologico per gli ecosistemi bentonici costieri poiché l'eventuale impiego di materiale inadatto, come materiale terrigeno di comune utilizzo ricco di argilla e limo, può modificare la granuometria del sedimento mobile già presente con un diretto interessamento dei popolamenti del substrato incoerente che dipendono fortemente dalla stessa granulometria. Inoltre l'impiego di materiale inadatto ha effetti fortemente negativi su un habitat prioritario come la Posidonia oceanica.

Gli effetti sull'ambiente marino prodotti dalle attività di ripascimento degli arenili sono quindi legati a tre aspetti: (1) le caratteristiche del sedimento impiegato, da valutare in rapporto sia alle caratteristiche del sedimento originario (quali granulometria e mineralogia), (2) le modalità tecnico-progettuali proprie dell'intervento (quali la quantità di materiale sversato, la tempistica e la stagione di intervento, (3) le tecnologie impiegate per il trasporto e per il refluimento del sedimento (Speybroeck et al., 2006; OSPAR, 2009).

Gli effetti notoriamente più rilevanti sono quelli che ricadono in maniera diretta sui popolamenti bentonici e, indirettamente, sulla fauna ittica demersale. Su altre componenti biotiche come ad esempio il plancton gli effetti di un ripascimento sono considerati trascurabili. Molti studi evidenziano come il refluimento della sabbia comporti le seguenti alterazioni (ARPAL, 2007, Nicoletti et al., 2006; Peterson et al., 2006; Speybroeck et al., 2006; Defeo et al., 2009; OSPAR, 2009):

- Seppellimento e seppellimento a seguito di un avanzamento del profilo di spiaggia;
- Aumento della torbidità dell'acqua;
- Infangamento e alterazione dei fondi su cui sono insediati i popolamenti;
- Alterazione delle dinamiche di popolazione (con effetti importanti sulle aree di nursery e di riproduzione) e diminuzione delle risorse trofiche.

Prendendo in considerazione i fondali sabbiosi, subito dopo il refluimento del sedimento che comporta il possibile defaunamento (totale o parziale) dell'area direttamente interessata, ha inizio il recupero dei popolamenti coinvolti, attraverso specifici meccanismi di reclutamento quali la migrazione di adulti e giovanili dalle aree adiacenti, la migrazione verticale e l'immissione sulla spiaggia di organismi trasportati con il sedimento (van Dolah et al., 1984). In particolare, la migrazione verticale è risultata essere, per le specie di ambiente intertidale e/o subtidale, il meccanismo più efficace per sopravvivere al ripascimento (Maurer et al., 1986; BNP, 1995; Green, 2002). La questione fondamentale nella valutazione degli effetti indotti dal ripascimento non è pertanto la perdita temporanea degli organismi presenti sulla spiaggia, peraltro attesa, quanto la velocità di recupero di queste comunità dopo il ripascimento. Laddove le attività di ripascimento hanno comportato modifiche rilevanti dal punto di vista della granulometria del substrato, sono state osservate importanti variazioni anche nella composizione degli organismi bentonici, con conseguente alterazione dell'ecologia della spiaggia (Rakocinski et al., 1996). Studi specifici condotti lungo le coste del Lazio per valutare gli effetti del ripascimento sui popolamenti a Donax trunculus (mollusco bivalve di interesse commerciale) (La Valle et al., 2007; La Valle e Nicoletti, 2008; La Valle et al., 2011) hanno rilevato che la specie, pur scomparendo subito dopo il ripascimento (per seppellimento), ricompare a circa 4 mesi di distanza dal termine delle attività. Gli Autori ipotizzano che pianificando le operazioni di ripascimento in periodi specifici prima del periodo di reclutamento dei giovanili, gli effetti sulla specie possono essere minimizzati, evitando così anche importanti ricadute economiche sull'economia locale.

Diversi studi sono stati condotti per valutare gli effetti del ripascimento sulle fanerogame marine, in particolare sulla Posidonia oceanica (Ruiz et al., 1993; Ruiz e Romero, 2003, Nicoletti et al. 2005). Gli effetti attesi a breve termine sulle praterie di P. oceanica sono essenzialmente quelli legati all'aumento della torbidità dell'acqua. È noto che la diminuzione di luminosità generata dall'aumento di sedimenti fini in sospensione determina un calo nella produzione fogliare della prateria, cui potrebbe seguire, con il persistere dell'alterazione, la riduzione della densità e la regressione del suo limite inferiore (Guidetti e Fabiano, 2000, ARPAL 2007). Un altro effetto che può essere indotto dal ripascimento sulle praterie di P. oceanica è quello legato ai fenomeni di ipersedimentazione, a causa della maggior mobilità del sedimento appena deposto. In particolare, Manzanera et al. (1998) hanno rilevato come la risposta di P. oceanica sia fortemente dipendente dall'intensità e dalla durata del fenomeno: anche modesti seppellimenti (5 cm) possono infatti causare una significativa mortalità fogliare.

Relativamente ai popolamenti ittici, i possibili effetti generati dalle attività di ripascimento possono comportare la diminuzione delle abbondanze durante le operazioni di refluimento della sabbia, seppellimento di specie demersali, danni agli apparati branchiali dei pesci (per l'aumento del sedimento nella colonna d'acqua) e ridotta disponibilità di cibo (Green, 2002; Wilber et al.; 2003).

6.2.5 *Monitoraggio*

Per il monitoraggio ambientale dovranno essere considerati i seguenti parametri:

- parametri chimico fisici della colonna d'acqua (temperatura, ossigeno disciolto, torbidità, salinità, clorofilla)
- caratterizzazione delle biocenosi costiere di fondo mobile e calcolo indici OSI e AMBI

Per la sola area di levante, caratterizzata dal SIC IT1332576 (Fondali Boccadasse-Nervi) si andranno a monitorare i seguenti elementi come suggerito dalla Delibera di Giunta Regionale n.773 del 16/7/2003):

- determinazione della densità assoluta
- determinazione del ricoprimento
- calcolo della densità relativa
- definizione dello stato di conservazione di ogni porzione di prateria considerata

6.2.5.1 *Modalità di esecuzione del monitoraggio*

I parametri chimico fisici della colonna d'acqua verranno ottenuti attraverso l'impiego di una sonda multiparametrica sui punti corrispondenti alle zone di ripascimento;

I sedimenti necessari per i parametri delle biocenosi di fondo mobile e degli indie OSI e AMBI verranno campionati con benna Van-Veen;

I parametri delle porzioni di prateria di Posidonia oceanica verranno rilevati in immersione da due operatori scientifici subacquei (OSS), con la presenza di un assistente di superficie a bordo di un mezzo da lavoro autorizzato, lungo transetti di 100 m perpendicolari alla costa (ricoprimento, densità relativa ed assoluta e definizione dello stato di conservazione). Inoltre per meglio conoscere il ricoprimento del posidonieto si prevede di condurre un video monitoraggio che permetta di effettuare una valutazione complessiva dell'estensione della prateria e dei fondali del precoralligeno. Tale monitoraggio viene condotto attraverso il Sistema Tritone che prevede l'accoppiamento dell'informazione video del fondale (ripresa attraverso una telecamera HD filoguidata al traino) con le informazioni dei posizione e di profondità. Le informazioni sono poi caricate su portale WebGIS per la visualizzazione dei tracciati video.

6.2.5.2 *Localizzazione e tempistica dei rilievi*

Un primo monitoraggio dell'ambiente marino verrà condotto immediatamente al termine degli interventi, un secondo monitoraggio verrà condotto dopo 12 mesi dal termine dei lavori e successivi monitoraggi verranno condotti a distanza di 3 anni. Il monitoraggio viene condotto in autunno.

7 C.so Italia

7.1 Quadro conoscitivo del sito oggetto di intervento

Le spiagge di San Giuliano – C.so Italia sono già state oggetto di una specifica attività di studio, nell'ambito del progetto definitivo 'Riqualificazione e sistemazione della costa dalla foce a Boccadasse', redatto nel 2004 dalla società Idrotec s.r.l. per conto della Provincia di Genova.

Nell'ambito del progetto, a cui si rimanda per maggiori dettagli, sono emerse le seguenti indicazioni:

- **Spiaggia S. Nazaro**: ripascimento libero in ghiaia con avanzamento medio della battigia di 10 m in condizioni di equilibrio;
- **Spiaggia Capo Marina**: ripascimento libero in ghiaia con avanzamento medio della battigia di 10 m in condizioni di equilibrio;
- **Spiaggia S. Giuliano**: ripascimento libero in ghiaia con limitate opere di contenimento laterale e con avanzamento medio della battigia di 15 m in condizioni di equilibrio.

Si sottolinea come gli arenili indicati in precedenza siano già in corso di ripascimento mediante l'utilizzo del materiale di smarino derivante dalla esecuzione della galleria Fereggiano.

Nel seguito si riportano in sintesi, per completezza di informazione gli elementi conoscitivi deducibili dal citato studio, rimandando a quest'ultimo per maggiori dettagli.

7.1.1 Unità fisiografica

L'unità fisiografica in cui ricade l'area di intervento è delimitata a Levante da Punta Chiappa e a Ponente dal confine dell'area portuale di Genova (Cartografia Regione Liguria).

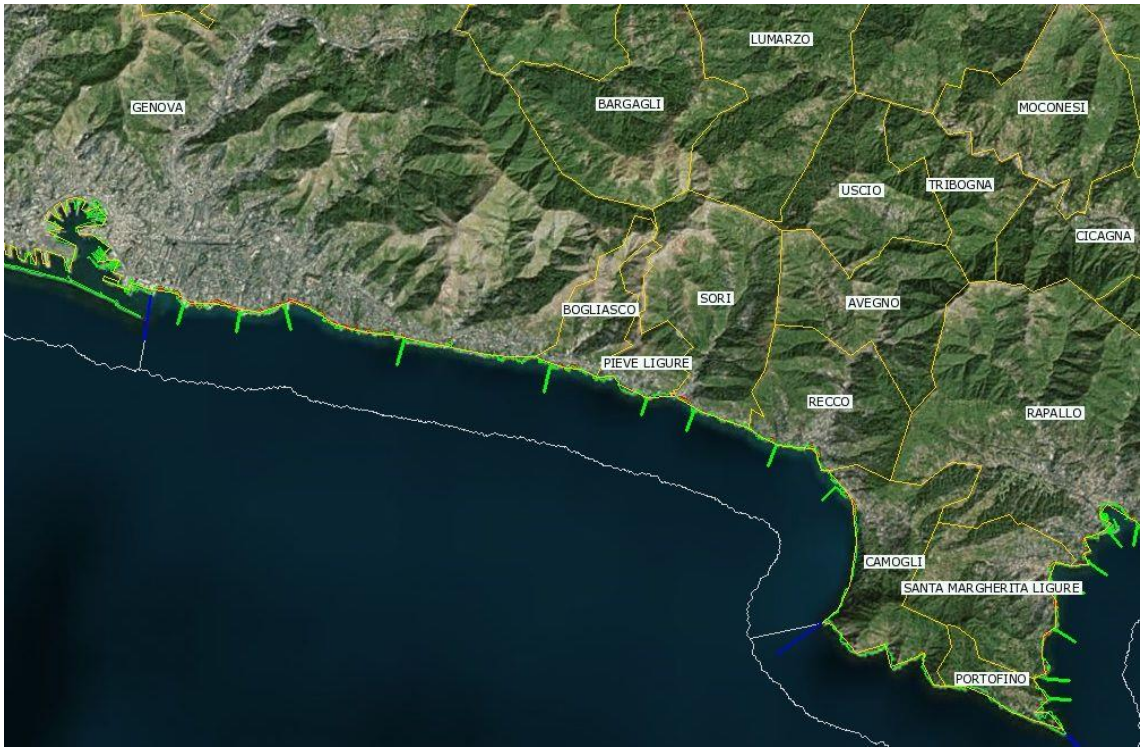


Figura 7-1 – Spiaggia di San Nazaro – Limite Unità Fisiografica

7.1.2 Paraggio oggetto di intervento

Il paraggio di riferimento è definito a Levante dal Capo Lido d'Albaro e a Ponente dalla Punta Vagno (Cartografia Regione Liguria).



Figura 7-2 – Spiaggia di San Nazaro – Limite Paraggio Costiero

7.1.3 Litorale oggetto di intervento e sviluppo lineare

Il litorale oggetto di intervento in corrispondenza della spiaggia di San Nazaro rientra nella cella indicata in, delimitata a Levante da un pennello in massi ed e a Ponente da un molo in calcestruzzo. (Cartografia Regione Liguria). Lo sviluppo lineare è di 200 m circa.



Figura 7-3 – Spiaggia di San Nazaro – Cella Litorale

Il litorale di Capo Marina rientra nella cella indicata in Figura 3.3, delimitata sia a Levante che a Ponente da strutture in c.a. protette da massi (Cartografia Regione Liguria). Lo sviluppo lineare è di 120 m.



Figura 7-4 – Spiaggia di Capo Marina – Cella Litorale

Il litorale di San Giuliano intervento rientra nella cella indicata, delimitata a Levante dal molo “Rio Puggia” ed a Ponente da un pennello in massi (Cartografia Regione Liguria). Lo sviluppo lineare è di 390 m.



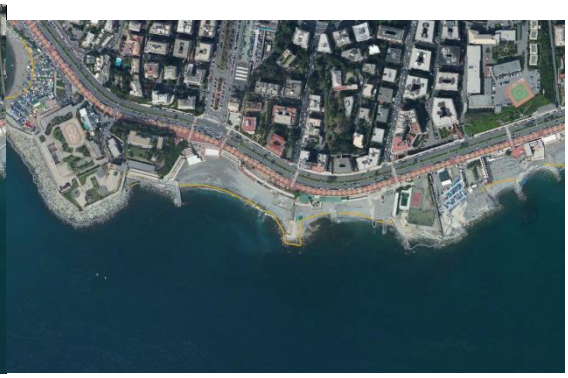
Figura 7-5 – Spiaggia di San Giuliano – Cella Litorale

7.1.4 Tendenza evolutiva dell'arenile spiaggia di San Nazaro

Al fine di analizzare la tendenza evolutiva dell'arenile oggetto di ripascimento sono state messe a confronto le linee di battigia corrispondenti agli anni 1944, 1983, 1993 e 2003 (Cartografia Regione Liguria).



Linea Riva 1944



Linea Riva 1983



Linea Riva 1993 Linea Riva 2003

Si può osservare che l'attuale assetto del litorale è condizionato dalla realizzazione, in periodo successivo al 1944, del pennello che attualmente realizza il confine di Levante delle cella litoranea. La linea di battigia, sensibilmente spostata verso mare, rispetto alla situazione storica, appare sostanzialmente stabile.

7.1.5 Tendenza evolutiva dell'arenile spiaggia di Capo Marina



Linea Riva 1944 Linea Riva 1983



Linea Riva 1993 Linea Riva 2003

7.1.6 Tendenza evolutiva dell'arenile spiaggia di San Giuliano

Al fine di analizzare la tendenza evolutiva dell'arenile oggetto di ripascimento sono state messe a confronto le linee di battigia corrispondenti agli anni 1944, 1983, 1993 e 2003 (Cartografia Regione Liguria).



Linea Riva 1944 Linea Riva 1983



Linea Riva 1993 Linea Riva 2003

Si può osservare che la linea di battigia storica andava a localizzarsi in posizione sensibilmente più arretrata rispetto allo stato attuale. La formazione dell'attuale arenile, avvenuta in epoca successiva al 1944, risulta confinata dai due pennelli in massi che costituiscono i limiti di cella litoranea.

L'osservazione dell'evoluzione morfologica della linea di battigia evidenzia una sensibile tendenza all'arretramento della stessa, in particolare nel settore di ponente.

7.1.7 *Considerazioni sul comportamento atteso dei ripascimenti in ghiaia da realizzare sul litorale genovese dalla Foce a Boccadasse*

Alcune considerazioni che è possibile anticipare in relazione al comportamento ed alle caratteristiche salienti dei ripascimenti in ghiaia previsti per le spiagge del tratto di litorale in esame sono le seguenti.

Granulometria del materiale di ripascimento

Le prescrizioni sulla composizione granulometrica del materiale di ripascimento sono le seguenti:

- il materiale, una volta fornito e posto in opera, dovrà avere granulometria compresa tra 2 mm e 100 mm ed essere composto da elementi naturali provenienti dagli alvei fluviali, escludendo quindi detriti, parti di muratura, corpi estranei, materiale organico o frazioni terrose. Il limite superiore delle dimensioni granulometriche potrà essere occasionalmente superato per consentire il riutilizzo di elementi più grossolani a patto di prevedere adeguate modalità di posa del materiale (ad esempio utilizzando gli elementi più grossolani per gli strati inferiori del ripascimento e avendo l'accortezza di rispettare la prescrizione per il materiale che verrà utilizzato per lo strato superficiale).
- La frazione eccedente il limite di 100 mm non dovrà tuttavia superare il 10 %.
- Per quanto riguarda il limite granulometrico inferiore si ammetterà una percentuale non superiore al 10 % in peso della frazione di materiale costituita da elementi di dimensioni medie inferiori a 2 mm.
- La presenza di limi ed argille (frazione pelitica) non potrà comunque superare il limite del 5% in peso.
- Il materiale utilizzato dovrà avere caratteristiche cromatiche simili al materiale della spiaggia esistente.

Dalle simulazioni effettuate risulta che all'aumentare del diametro dei sedimenti aumenta la pendenza del profilo di equilibrio in corrispondenza della battigia a scapito della fruibilità balneare della spiaggia. La granulometria adottata consente di ottenere un profilo non eccessivamente ripido e al contempo è caratterizzata da un diametro superiore a quello mediamente utilizzato fino ad ora per i ripascimenti stagionali (D50 = 2 mm) a garanzia di una minore dinamica litoranea (perdite inferiori).

L'utilizzo per il ripascimento di materiale grossolano è inoltre favorevole all'impatto sull'ambiente marino ad oggi sofferente, in particolare per quanto riguarda la prateria di posidonia, in quanto non è materiale in grado di essere trasportato in sospensione dalle correnti.

Profilo di spiaggia di equilibrio dopo una mareggiata

La spiaggia in ghiaia tende ad assumere una forma tipica di equilibrio in risposta all'azione di mareggiate di una certa intensità caratterizzata dalla presenza di una cresta di spiaggia ad una quota più o meno elevata (il modello ha fornito come quote limite in occasione di eventi estremi valori oscillanti tra + 4 e + 6 m sul l.m.m.) in funzione della quantità di energia incidente, ed una ripida pendenza della parte alta del profilo.

Queste caratteristiche sono tuttavia poco adatte alla fruibilità balneare della spiaggia per cui si prevede che dopo la stagione invernale i gestori degli stabilimenti provvederanno a "spianare" la spiaggia riportandola in una configurazione prossima a quella del versamento iniziale (quota pari a +3,5 m, pendenza circa 1 a 5).

Questo meccanismo ripetuto nel corso degli anni potrebbe alla lunga comportare un progressivo "svuotamento" della spiaggia che dovrà essere tenuto d'occhio nelle campagne di monitoraggio che verranno svolte. Nel caso si riscontrasse una particolare carenza di sedimenti dovranno essere eseguiti i necessari interventi di manutenzione per ripristinare la situazione di partenza.

Perdite trasversali

Le spiagge in ghiaia sono equiparate a vere e proprie strutture di difesa costiera con capacità di adattarsi alla sollecitazione del moto ondoso raggiungendo una sorta di "equilibrio dinamico" caratterizzato da un adattamento continuo del profilo all'azione del moto ondoso e dal raggiungimento di una condizione in cui la capacità di trasporto trasversale si riduce al minimo.

Vi sono inoltre diverse evidenze sperimentali (dalle quali sono stati tratti modelli matematici quale quello utilizzato nel presente progetto, descritto nella relazione di calcolo) nell'osservare la stabilità dei materiali grossolani nella parte alta del profilo di spiaggia lungo il quale, ad una certa profondità, si evidenzia una netta separazione del materiale grossolano dal fondale sabbioso (elemento che fa pensare ad una ridotta perdita del materiale grossolano verso il largo).

Rimane comunque difficile, sulla base della letteratura tecnica, dei risultati di esperienze paragonabili e degli strumenti di analisi del comportamento di spiagge ghiaiose oggi disponibili, fornire stime attendibili delle perdite di materiale. Queste saranno prevedibilmente ridotte e potranno essere misurate nel corso delle campagne di monitoraggio da eseguire dopo la realizzazione dell'intervento: sarà allora possibile valutare l'effettiva perdita di materiale e pianificare opportuni interventi di manutenzione (si veda in proposito il rapporto "Piano di monitoraggio – elaborato n. 474-017").

7.1.8 Granulometria del materiale che costituisce gli arenili oggetto di studio

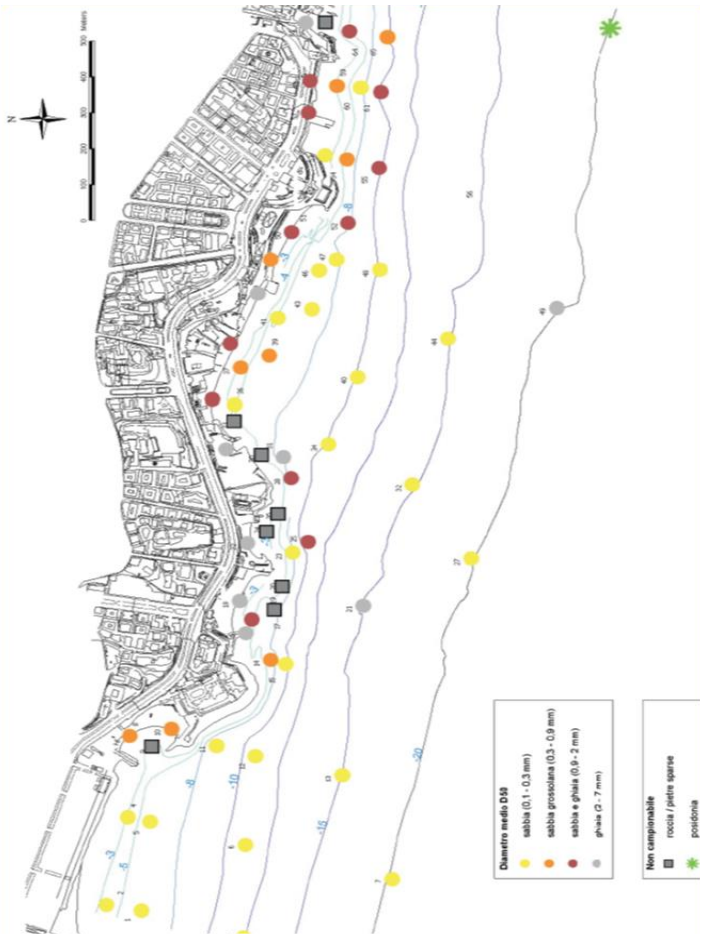
Nell'ambito del progetto definitivo 'Riqualificazione e sistemazione della costa dalla foce a Boccadasse', redatto nel 2004 dalla società Idrotec s.r.l. per conto della Provincia di Genova, è stato effettuato uno studio sedimentologico che ha consentito di definire le caratteristiche granulometriche dei sedimenti.

In Figura 3.8 è rappresentata la distribuzione planimetrica del diametro medio dei campioni analizzati suddivisi in quattro classi di granulometria.

Per quanto riguarda la granulometria presente sulle spiagge e nei fondali immediatamente a ridosso della linea di riva, in Figura 3.9 è rappresentata la variazione dei diametri D50 e D90 in funzione della profondità in riferimento alle spiagge principali; i diametri riportati sono stati ottenuti mediando i valori risultanti da campioni prelevati alla stessa profondità.

Si osserva quanto segue:

- la spiaggia di S. Giuliano è formata da sabbia mista a ghiaia che tende a sabbia grossolana nell'immediato fondale; dalla Figura 3.9 è possibile evincere che il fondale della spiaggia è caratterizzato da una distribuzione classica della granulometria (i sedimenti sono distribuiti con diametri decrescenti con la profondità);
- nei casi delle spiagge San Nazaro e Capo Marina si hanno notevoli variazioni di granulometria non correlate con l'aumento di profondità (presenza di sabbia grossolana e ghiaia anche a profondità elevate).;
- da queste osservazioni si può dedurre che il fondale dell'area in esame è piuttosto vario e non caratterizzato da una distribuzione uniforme dei sedimenti al variare della profondità.



Distribuzione planimetrica del diametro medio D50

S.Nazaro

Profondità (m)	D50 (mm)	D90 (mm)
0	3,02	22,86
5	1,24	2,14
6	0,35	0,92
10	0,19	0,44
15	6,44	18,13

S.Giuliano

Profondità (m)	D50 (mm)	D90 (mm)
0	1,99	4,72
4	0,35	0,92
5	0,26	0,80
7	0,15	0,23
10	0,12	0,23
15	0,15	0,24

Capo Marina

Profondità (m)	D50 (mm)	D90 (mm)
0	3,48	12,74
7	0,14	0,29
11	1,35	6,25
20	0,16	0,24

Lido

Profondità (m)	D50 (mm)	D90 (mm)
0	1,31	7,50
6,8	0,16	0,25
7,5	0,21	0,45
8	0,91	1,80
10	0,15	0,24
15	0,15	0,23
20	2,91	6,01

Figura 7-6 – Variazione del D50 e D90 con la profondità

7.1.8.1 Colore della spiaggia oggetto di intervento

Nella figura sottostante è riportato un particolare del materiale che attualmente costituisce l'arenile.



Figura 7-7 – Particolare del materiale sabbioso-ghiaioso esistente

7.1.9 Analisi meteo-marine

Si rimanda a quanto contenuto nel citato studio.

7.2 Interventi di ripascimento previsti nel presente progetto esecutivo

7.2.1 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento

Il materiale utilizzato per l'intervento di ripascimento proviene integralmente dalle attività di scavo della galleria scolmatrice del t. Bisagno, in conformità a quanto indicato nel Piano di Utilizzo allegato al presente progetto esecutivo.

Le caratteristiche del materiale sono già state illustrate nel paragrafo 4.2 della presente relazione.

Nell'ambito del progetto, a cui si rimanda per maggiori dettagli, sono emerse le seguenti indicazioni:

- **Spiaggia S. Nazaro**: ripascimento libero in ghiaia con avanzamento medio della battigia di 10 m in condizioni di equilibrio;
- **Spiaggia Capo Marina**: ripascimento libero in ghiaia con avanzamento medio della battigia di 10 m in condizioni di equilibrio;
- **Spiaggia S. Giuliano**: ripascimento libero in ghiaia con limitate opere di contenimento laterale e con avanzamento medio della battigia di 15 m in condizioni di equilibrio.

Si sottolinea come gli arenili indicati in precedenza siano già in corso di ripascimento mediante l'utilizzo del materiale di smarino derivante dalla esecuzione della galleria Fereggiano.

7.2.2 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e stagionali Spiaggia S. Nazaro

Ripascimento

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia di 10 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate) con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno, in analogia a quanto in corso di esecuzione con il materiale proveniente dalla galleria Fereggiano.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con una battigia di costruzione avanzata di 15 m rispetto alla battigia attuale e un impiego di ~ 24.000 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 3,50m;
- realizzazione di una pendenza del profilo di 1 a 5 in corrispondenza della battigia dalla quota +3,50 m alla quota -1,0 m. Tale pendenza consente una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a tergo (pendenza tale da mantenere avanzata verso la battigia la berma di spiaggia a quota +

3,50 m). La profondità di -1,0 m è inoltre facilmente raggiungibile con mezzi terrestri in fase di realizzazione;

- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento di 15 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel marzo 2003;
- pendenza indicativa di 1 a 3 della parte restante del profilo a mare fino ad incontrare il fondale esistente (circa a -2m di profondità), equivalente alla pendenza che si ottiene naturalmente nella fase di versamento del materiale.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia S. Nazaro per una lunghezza complessiva di 180 m e un volume unitario di versamento pari a ~135 m³/m.

Le caratteristiche del materiale previsto (granulometria compresa tra 2 mm e 100 mm con limite della frazione pelitica al 5% in peso) e la forma del profilo iniziale di versamento definito nell'ambito del citato studio pregresso consentono di ottenere una buona protezione delle strutture presenti ed una buona stabilità dell'intervento a breve-medio termine. La spiaggia è governata da una dinamica dei sedimenti di tipo trasversale di moderata entità e tale orientamento sarà ulteriormente confermato, con una dinamica probabilmente ancora inferiore, dopo l'impiego di materiale grossolano per il ripascimento e la costruzione di un profilo con una berma emersa in quota e così avanzata verso mare come quello previsto.

In base ai risultati del dettagliato piano di monitoraggio sarà infine possibile definire con maggiore attendibilità frequenza ed entità di eventuali interventi di manutenzione.

Rifiorimento scogliera esistente (lato di levante)

L'intervento di ripascimento della spiaggia S. Nazaro non richiede la realizzazione di nuove opere rigide in quanto vengono sfruttate le esistenti strutture ai lati della spiaggia per contenere il materiale da versare. In particolare si osserva che la struttura di levante, che separa la Spiaggia S. Nazaro dalla spiaggia Capo Marina, è una scogliera abbastanza degradata che necessita un intervento di ripristino con rifiorimento della mantellata da realizzarsi prima dell'intervento di ripascimento.

Il rifiorimento della scogliera verrà realizzato con massi naturali di 3a categoria (3–7t) (con caratteristiche fisiche e cromatiche rispondenti ai requisiti richiesti) e si prevede l'impiego di ~800 m³ di massi distribuiti su una lunghezza di ~30 m che si sviluppano totalmente a ridosso del molo dei bagni Capo Marina (non è previsto ulteriore aggetto a mare rispetto alla configurazione attuale).

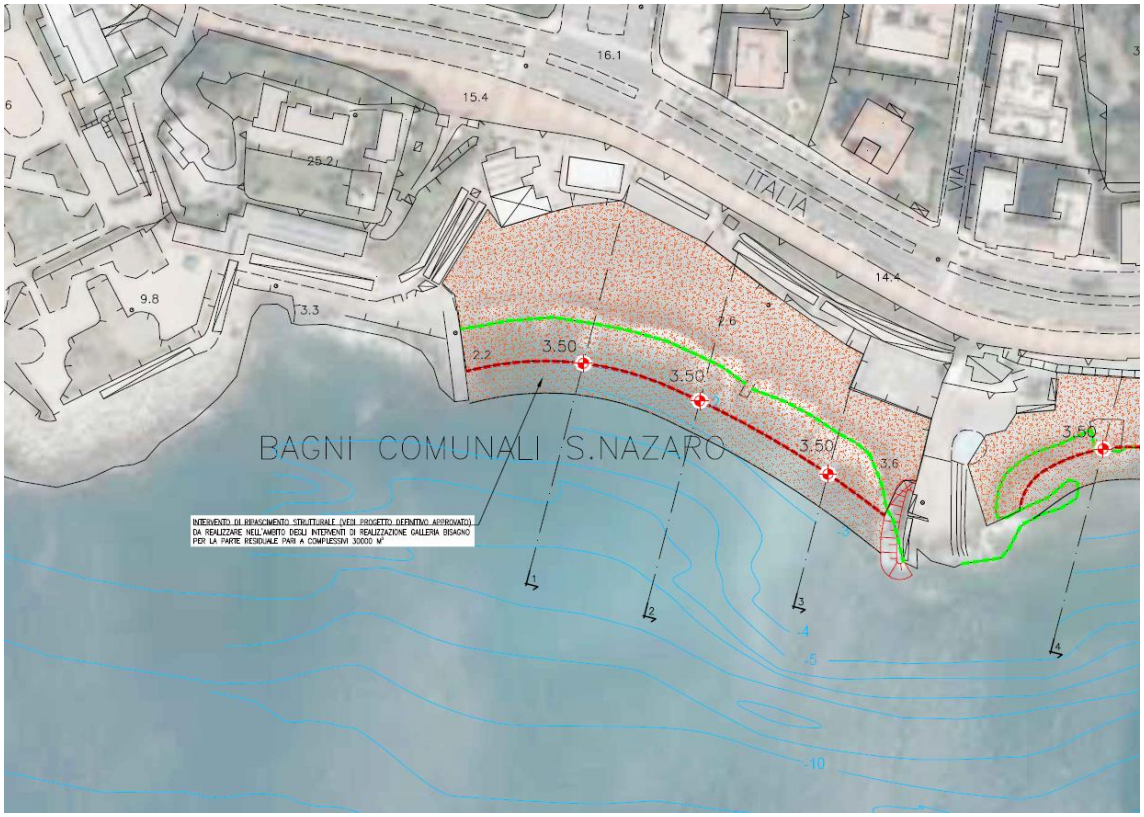


Figura 7-8 – Sviluppo planimetrico degli interventi di ripascimento in corrispondenza della spiaggia di San Nazaro

7.2.3 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e stagionali Spiaggia Capo Marina

Ripascimento

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia di 10 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate) con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno, in analogia a quanto in corso di esecuzione con il materiale proveniente dalla galleria Fereggiano.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con una battigia di costruzione avanzata di 15 m rispetto alla battigia attuale e un impiego di ~ 9.400 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 3,50 m;
- realizzazione di una pendenza del profilo di 1 a 5 in corrispondenza della battigia dalla quota +3,50 m alla quota -1,0 m. Tale pendenza consente una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a

tergo (pendenza tale da mantenere avanzata verso la battigia la berma di spiaggia a quota + 3,50 m). La profondità di -1,0 m è inoltre facilmente raggiungibile con mezzi terrestri in fase di realizzazione;

- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento di 15 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel marzo 2003;
- pendenza indicativa di 1 a 3 della parte restante del profilo a mare fino ad incontrare il fondale esistente (circa a -1,5m di profondità), equivalente alla pendenza che si ottiene naturalmente nella fase di versamento del materiale.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia Capo Marina per una lunghezza complessiva di ~ 95 m e un volume unitario di versamento pari a ~ 100 m³/m.

Il volume unitario risulta inferiore a quello delle altre spiagge per la particolare conformazione dei fondali antistanti i bagni Capo Marina che sono caratterizzati dalla presenza di una berma naturale piuttosto estesa (mediamente la profondità al piede del versamento sarà di ~ 1 ÷ 1,5m, diversamente dalle spiagge di S. Nazaro ed in particolare di S. Giuliano che hanno profondità fino a ~ 4 m).

L'intervento non richiede la realizzazione di nuove opere rigide in quanto vengono sfruttate le esistenti strutture ai lati della spiaggia per contenere il materiale da versare.

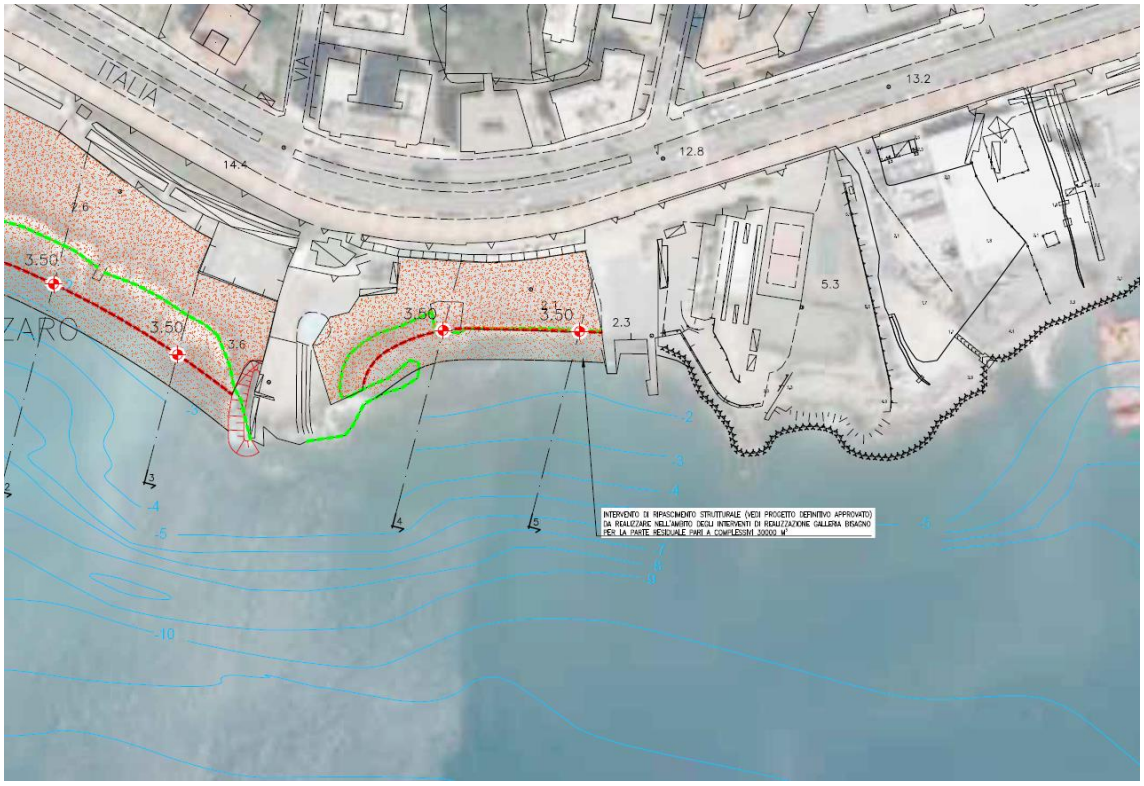


Figura 7-9 – Sviluppo planimetrico degli interventi di ripascimento in corrispondenza della spiaggia di Capo Marina

7.2.4 *Opere strutturali e ripascimenti strutturali e stagionali Spiaggia S. Giuliano*

Gli interventi di ripascimento previsti nel pregresso studio verranno completati nell'ambito degli interventi in corrispondenza della galleria del Fereggiano, e pertanto non se ne prevede la esecuzione (anche di volumi residuali) nell'ambito del presente progetto esecutivo.

7.2.5 *Modalità e tempi di realizzazione*

In ragione della localizzazione delle aree, e della difficoltà operativa di raggiungere i siti di ripascimento attraverso trasporto su gomma, si prevede di eseguire via mare, caricando le bettoline dal sito di stoccaggio temporaneo previsto in corrispondenza della spiaggia di Voltri.

Le operazioni di perforazione della galleria, che avverranno con sistemi meccanizzati, permetteranno una produzione "importante" (fino a 2.000 m³ al giorno); in ragione della esecuzione degli interventi di ripascimento via mare, è possibile che in alcuni periodi gli interventi possano essere sospesi per le condizioni marine, anche perché i ripascimenti non potranno avvenire in corrispondenza del periodo estivo/balneare, risultando a maggior ragione necessaria l'area di deposito temporanea in corrispondenza della spiaggia di Voltri.

La cantierizzazione, da sviluppare in sinergia con i tecnici del Comune di Genova, prevederà la realizzazione di piste di cantiere, che verranno rimosse al termine dei lavori.

8 Spiagge di Sturla

8.1 Quadro conoscitivo del sito oggetto di intervento

Il tratto di costa compreso tra il depuratore di Sturla e Piazzale Crispi, a Quarto, è caratterizzato dalla presenza della spiaggia principale di Sturla, alla foce del torrente omonimo, e da un successivo intercalarsi di piccole spiagge artificiali, delle quali la più estesa è quella di Via V Maggio, ove è presente l'omonimo stabilimento balneare, intervallate a falesie e promontori naturali in roccia.

Le spiagge sono state create artificialmente negli anni post bellici e negli anni '60 - '70 con i versamenti dei materiali scavati per la formazione della viabilità cittadina e successivamente mantenute con modesti interventi di ripascimento e rimodellazione. Ad oggi è evidente una condizione di squilibrio della spiaggia di Sturla, in avanzamento nella parte a ponente della foce del torrente e in erosione a levante, con rischio di pregiudizio e danneggiamento delle strutture ubicate a tergo della spiaggia stessa (stabilimenti, impianti sportivi); procedendo verso levante le piccole spiagge presenti sono mantenute con interventi puntuali stagionali e presentano estensioni molto ridotte.

Il quadro conoscitivo dei siti oggetto di ripascimento è deducibile, per le componenti geometriche e sedimentologiche, nonché per la caratterizzazione meteomarina, dagli studi condotti per conto del Comune di Genova dallo STUDIOELB: "**RILIEVI TOPO-BATIMETRICI, ANALISI SEDIMENTOLOGICHE, STUDIO E MODELLAZIONE NUMERICA A SUPPORTO DELL'ANALISI DI FATTIBILITA' DI INTERVENTI VOLTI ALLA STABILIZZAZIONE DEGLI ARENILI DI STURLA**". Rimandando per maggiori dettagli alla documentazione del citato studio, nel seguito se ne ripropongono in sintesi i dati principali.

8.1.1 Identificazione dell'unità fisiografica

8.1.1.1 Unità fisiografica

L'unità fisiografica in cui ricade l'area di intervento è delimitata a ponente dal Porto di Genova mentre a levante da Punta Chiappa.



Figura 8-1 – Limite Unità Fisiografica (linee di colore blu - Cartografia Regione Liguria)

8.1.1.2 Paraggio oggetto di intervento

Il paraggio di riferimento è definito a levante dalla punta dei Giardini di Quinto mentre a ponente dal promontorio del depuratore di Sturla.



Figura 8-2 –Limite di paraggio (Cartografia Regione Liguria)

Le celle litorali oggetto degli interventi di ripascimento sono delimitate da elementi artificiali realizzati per il contrasto dell'erosione costiera. La seguente figura indica la posizione e le caratteristiche attuali delle celle.



Figura 8-3 – Celle litorali oggetto di intervento (Cartografia Regione Liguria)

8.1.2 Rilievo dello stato attuale e della tendenza evolutiva

Lo stato attuale delle celle litorali oggetto di intervento è rappresentato dal rilievo topografico e batimetrico eseguito nell'ambito del citato studio condotto per conto del Comune di Genova.

La tendenza evolutiva rilevabile dal confronto delle cartografie storiche recenti e dalle riprese aeree disponibili è descritta nelle immagini riportate nelle seguenti figure. In esse sono poste a confronto le linee di battigia corrispondenti agli anni 1944, 1983, 1993 e 2003 con l'assetto attuale descritto dalle foto aeree Agea 2016 (dati Regione Liguria).



Figura 8-4 – Evoluzione della linea di costa Anno 1944 (linea bianca - Cartografia Regione Liguria)

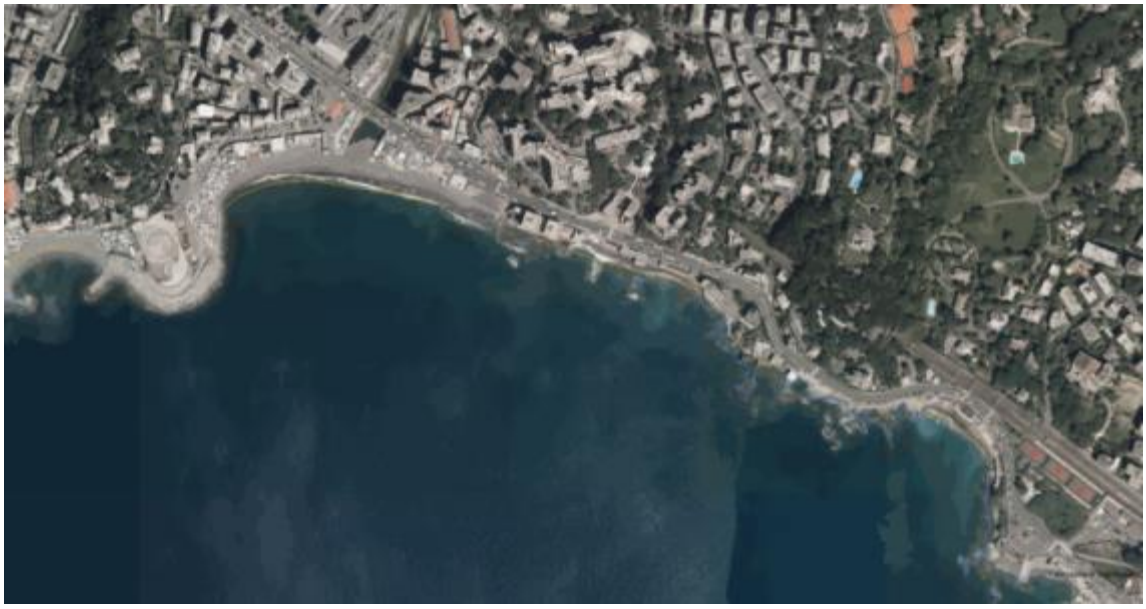


Figura 8-5 – Evoluzione della linea di costa Anno 1983 (linea arancione - Cartografia Regione Liguria)



Figura 8-6 – Evoluzione della linea di costa Anno 1993 (linea rossa - Cartografia Regione Liguria)



Figura 8-7 – Evoluzione della linea di costa Anno 2003 (linea rossa - Cartografia Regione Liguria)

8.1.3 Rilievi batimetrici

Dalla morfologia dei fondali si evidenziano alcuni "canyon", alcuni dei quali risulteranno importanti leggendo la morfologia insieme ai risultati della dinamica delle correnti e del trasporto solido.

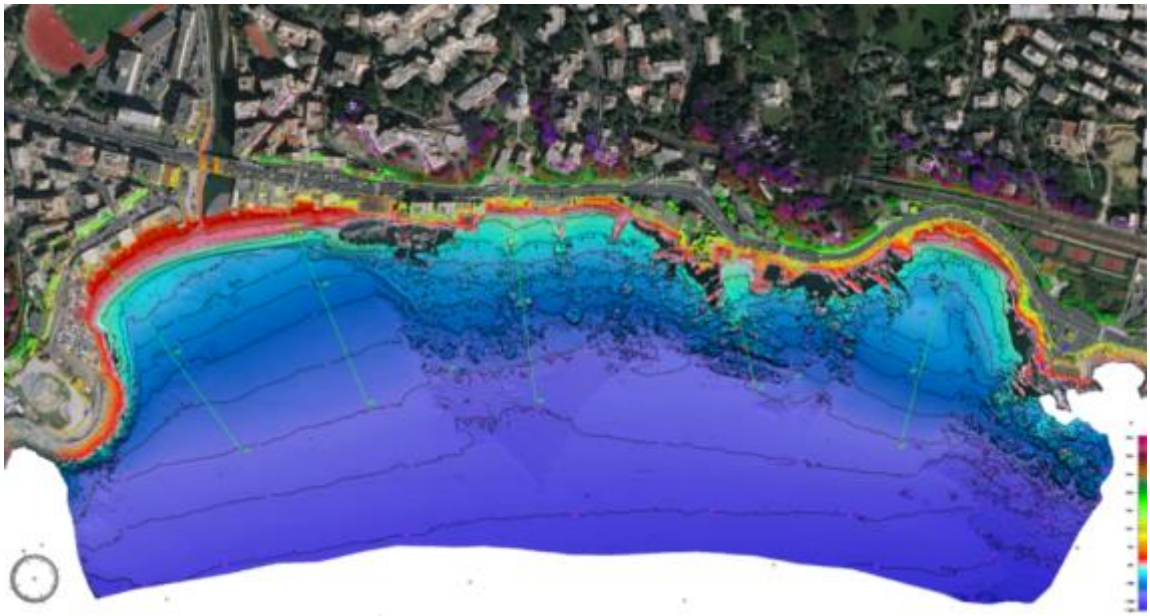


Figura 8-8 – Rappresentazione dell'area oggetto dei rilievi batimetrici

8.1.4 Caratterizzazione granulometrica

Nell'ambito dello studio citato in premessa sono stati eseguiti dei campionamenti di sedimenti dai fondali e dalle spiagge finalizzati alla caratterizzazione granulometrica del sito.



Figura 8-9 – Ubicazione dei punti di campionamento

Dalla lettura dei rilievi e dei campionamenti eseguiti, emerge come il tratto di litorale in esame sia caratterizzato dai seguenti elementi significativi:

- tratto di ponente: spiaggia sabbiosa/ghiaiosa con fondali in sabbia regolari;
- tratto centrale: orlature ghiaiose su falesia e fondali rocciosi e ciottolosi, con ripidezza elevata fino alla batimetrica -8 m;
- spiaggia dei V maggio: pocket beach in ghiaia con fondale in ghiaia e sabbia, incastonato tra due promontori rocciosi;
- fondali a largo, oltre la batimetrica degli 8 m, prevalentemente regolari e sabbiosi;

- la distribuzione granulometrica dei sedimenti è in genere piuttosto stretta intorno al D50, con una percentuale prossima al 90% del campione compresa entro un ordine di grandezza di differenza di diametro (0.1÷1 mm, 1÷10 mm).

Le caratteristiche dei sedimenti sono riportate di seguito:

- spiaggia di Sturla - ponente (transetto 1) : spiaggia emersa sabbiosa con diametri medi compresi tra 0.5 e 0.9 mm, spiaggia sommersa sabbiosa con D50 pari a 0.18 mm;
- spiaggia di Sturla - levante (transetto 2) : spiaggia emersa ghiaiosa con diametri medi compresi tra 2 e 25 mm, spiaggia sommersa sabbiosa con D50 pari a 0.12÷0.2 mm;
- spiaggia Gaslini - Liggia (transetto 3): spiaggia emersa ghiaiosa con diametri medi compresi tra 2.5 e 10 mm, spiaggia sommersa sabbiosa / rocciosa con D50 alla batimetrica -9 m pari a 0.8 mm;
- spiaggia Focone (transetto 4): spiaggia emersa ghiaiosa con diametri medi compresi tra 2.5 e 5 mm, spiaggia sommersa sabbiosa / rocciosa con D50 alla batimetrica -8 m pari a 0.15 mm;
- spiaggia V Maggio (transetto 5) : spiaggia emersa ghiaiosa con diametri medi compresi tra 1.5 e 4.5 mm, spiaggia sommersa sabbiosa con D50 pari a 0.15÷0.35 mm.

8.1.5 Analisi delle biocenosi marine

Il tratto di costa risulta prospiciente al SIC IT1332576 sub-sito A - fondali Boccadasse-Nervi.

Nonostante la prossimità della foce del torrente Bisagno, lo sviluppo portuale e la situazione fortemente antropizzata della porzione di levante della città di Genova, i fondali da Genova Boccadasse e Recco rappresentano le vestigia del più ampio areale di sviluppo della Posidonia oceanica nella Liguria di levante. Tale aspetto è garantito dalla estesa piattaforma continentale, dalla limitata degli apporti fluviali e dalla natura geologica della costa, formata prevalentemente da scogliere di rocce calcaree disposte in strati che si distendono in mare anche per grandi distanze , arricchendo notevolmente la morfologia dei fondali.

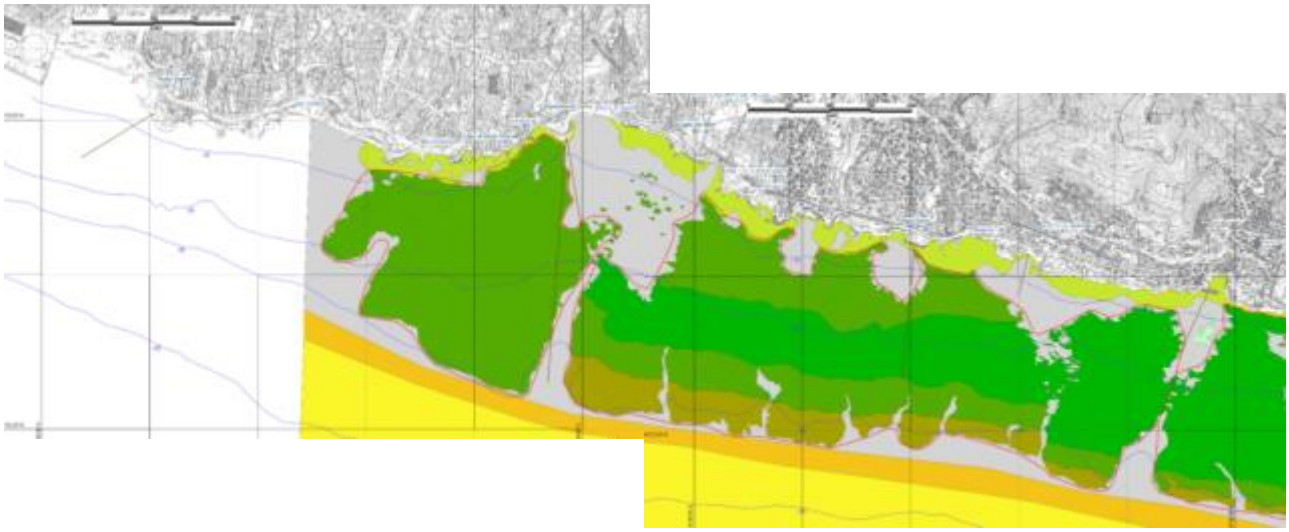


Figura 8-10 –Rappresentazione cartografica della prateria di posidonia ed altre biocenosi tra Genova Boccadasse a Sori

L'estensione della prateria è di circa 1,5 km per una larghezza compresa tra 1000 e 1400 m per una superficie totale di 145 ha. La struttura a mosaico caratterizza questa prateria che ha una ampia porzione con matte morta. Il limite superiore è situato a -5 m mentre quello inferiore si trova tra i -20 m e i -30.

Tutta l'area è caratterizzata inoltre da fondali rocciosi tra i -6 e i -17 m di profondità caratterizzati da alghe calcaree ascrivibili alla tipologia del pre-coralligeno (Idrotec & RSTA 2003).

Dalla foce del torrente Bisagno a Punta Bagno i fondali sono fortemente infangati e i popolamenti bentonici coperti. Questi appaiono man mano che si procede verso levante, infatti tra le sabbie infangate appaiono aree di matte morta e formazioni rocciose caratterizzate da popolamenti ascrivibili al precoralligeno.

Nel tratto costiero compreso tra San Giuliano e Boccadasse compare la prateria di P. oceanica compresa tra 10 e 24 m di profondità in ciuffi isolati e macchie di modesta estensione. Uno strato di matte morta parzialmente infangata prende origine dai -18 m fino ai - 30 m a testimonianza dell'antica estensione del posidonieto. Indagini successive condotte tra il 2011 e il 2014 utilizzando una telecamera al traino (sistema Tritone) confermano una situazione di mosaico di prateria di posidonia: infatti il fondale è caratterizzato dall'alternanza di zone sabbiose con zone rocciose a fitta copertura algale e di precoralligeno, e di prateria continua. Talvolta la pianta si trova insediata su roccia (RSTA, 2014). Sempre nell'ambito dello stesso studio sono state condotte indagini specifiche sui sedimenti marini che evidenziano la presenza di biocenosi di fondo mobile in un buono stato di salute, nonostante la presenza antropica. In particolare, al margine del posidonieto verso ponente, le biocenosi di fondo mobile sono ascrivibili a quelle delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) mentre i campioni prelevati nelle lacune sabbiose interne alla prateria risultano di difficile interpretazione per l'assegnazione di una categoria biocenotica. Il calcolo dei vari indici (AMBI, M-AMBI e OSI) in tutto il periodo di monitoraggio evidenziano un buono stato della matrice biotica associata ai

sedimenti. Inoltre dai dati rilevati nei tre anni di monitoraggio non sono state riscontrate differenze significative con gli anni precedenti, evidenziando uno stato di qualità ambientale piuttosto stabile.

La lista faunistica costruita a seguito di questa indagine ha consentito di identificare 143 specie, di cui 59 specie appartengono al phylum dei policheti, 51 a quello dei crostacei, 25 ai molluschi bivalvi, 7 agli echinodermi e 1 ai molluschi gasteropodi. Le specie rilevate con maggior frequenza sono state il mollusco bivalve Mactra stultorum, il crostaceo Urothoe inetrmedia, e i policheti Owenia fusiformis, Protodorvillea kefersteini, Pisione remota, Hesiospina aurantiaca, Ophiodromus pallidus, Syllis garciai, Phyllodoce mucosa, Schroederella laubieri.

A partire da Boccadasse la prateria appare caratterizzata da una copertura importante tra i -18 e -24m nonostante la presenza di ampi canali erosivi. Dalla profondità dei -27 m la prateria appare nuovamente ridotta a pochi ciuffi isolati su matte morta (Idrotec & RSTA 2003).

Davanti al depuratore di Sturla-Vernazzola, in corrispondenza dello sbocco di due condotte di scarico dell'impianto di trattamento delle acque, la prateria risulta interrotta da una grande discontinuità sabbiosa che tra i 10 e i 20 m presenta zone con matte morta in alcuni casi ancora vitali, mentre al di sotto dei -20 m di profondità questa ampia lacuna sabbiosa si riduce ad un canale ortogonale alla costa.

Proseguendo verso est, nel tratto di costa compreso tra Genova Quarto e Sori, la prateria pur non risultato omogenea nella sua composizione, si estende per 11 km di lunghezza e conserva una larghezza media di 1000 m.

Questa prateria ha una estensione di 830 ha e di questi 72 ha sono composti di matte morta, 106 ha di posidonia su roccia e 188 ha di mosaico. Il limite superiore è posta ad una profondità di -5 m mentre quello inferiore è compreso tra -25 e -30 m.

Tale prateria presenta importanti arretramenti del limite superiore, in corrispondenza delle foci dei piccoli corsi d'acqua e dei centri abitati, andando talvolta ai -20 m. Tali porzioni di fondale sabbioso presentano l'insediamento di Cymodocea nodosa.

In tutta questa porzione di prateria il limite inferiore, tra -25 e -30 m appare sempre di tipo regressivo, con la pianta che repentinamente diventa diradata e stentata lasciando posto tra i -30 e i -35 m ad una fascia di matte morta.

Nella parte centrale della prateria sono presenti affioramenti rocciosi caratterizzati da formazioni di precoralligeno e coralligeno di piattaforma, che elevano la complessità strutturale dell'habitat e di conseguenza il suo grado di biodiversità.

Dati recenti su questa prateria sono reperibili da studi condotti sia da ARPAL (2005), la quale ha inserito la prateria in oggetto tra le aree che compongono la rete di controllo periodico effettuate sui posidonieti liguri e da RSTA (2004) che ha condotto uno studio sui fondali antistante il depuratore di Quinto.

Data rilevamento	Profondità (m)	Densità (fasci/m²)	Ricoprimento %	% rizomi plagiotropi
26/04/2004	7	185	25	20
26/04/2004	15	146	70	20
26/04/2004	26	94	85	30

Dati Arpal 2005

Fascia batimetrica (m)	Densità (fasci/m²) 2003	Densità (fasci/m²) 2004	Ricoprimento %
10-14	165	166	60
14-18	210	214	80
18-23	300	315	90
> 23	90	92	70

Dati RSTA 2004

In generale il posidonieto si sviluppa dalla profondità di -12 fino ai -20 m, dapprima con aiuole e chiazze e poi man mano una prateria continua anche se solcata da canali erosivi e chiazze sabbiose. Nel 2004 sono state documentate fioritura e fruttificazione della pianta. Anche in questa porzione di costa, tra i 18 e i 25 m di profondità la prateria si alterna con affioramenti di substrati rocciosi ascrivibili al coralligeno. Il margine inferiore si rileva tra i -28 e -30 m con prateria diradata e matte morta, di tipo regressivo. La situazione descritta in questi studi non sembra differente rispetto a quanto riportato da studi precedenti (Balduzzi et.al 1984; ENEA, 1993) e nel complesso tutti i dati confermano la tendenza, anche in questa porzione di prateria, ad un gradiente di miglioramento ambientale da ponente a levante.

Montefalcone et al. (2015) mettono in evidenza la presenza diffusa di Caulerpa cylindracea, un alga di origine tropicale invasiva che nel periodo 2000-2014 ha notevolmente interessato i fondali da Genova Foce a Genova Quinto, ricoprendo oltre 2000 ha.

Prato di Cymodocae nodosa

Nelle ampie lacune presenti lungo il limite superiore tra i 5 e i 15 m di profondità sono presenti piccoli prati di Cymodocea nodosa per quasi 50 ha.

Affioramenti rocciosi

Un ulteriore aspetto di pregio di questo tratto costiero è rappresentato dalla presenza diffusa di affioramenti rocciosi caratterizzati da formazioni di precoralligeno, grazie al quale si diversifica la complessità strutturale degli habitat costieri. Tutto il tratto in esame ha la biocenosi del detritico costiero tra i 40 e i 50 m di profondità e in aree prospicienti Genova Nervi, durante attività di campionamento di sedimenti con benna si è rinvenuto un fondale a MAERL e rodoliti (Costa, com. pers.)

Situazione di dettaglio dell'area soggetta ad intervento

Nella figura sottostante si riportano i dettagli delle biocenosi nelle quattro aree tra Quarto dei Mille e Quinto al Mare, soggette ad intervento di ripascimento degli arenili (riquadri rossi).

Tutte le aree hanno una situazione similare, con fondali rocciosi e alghe fotofile nella parte più prossima alla riva, lacune sabbiose e fondali a mosaico di roccia e posidonia che lascia poi il posto ad una estesa prateria di Posidonia oceanica più al largo. Nell'area tra S. Erasmo e Quinto al Mare (L.III.8) il fondale sabbioso ha una maggiore copertura rispetto a quello roccioso con AF. Inoltre il fondale a mosaico si trova a profondità maggiori rispetto alle altre aree.





Figura 8-11 – Carta delle biocenosi nel fondale antistante le spiagge di levante

8.1.6 *Analisi meteo marine*

Il sito di intervento è così caratterizzato:

- Il settore da cui provengono il maggior numero delle onde è compreso fra 180°N – 240°N, con prevalenza dalla direzione 195°N (oltre il 30%). La seconda direzione in ordine di importanza come numero di onde è la 180°N (circa 20%). Dalle direzioni intorno a 210°N e 165°N provengono circa il 15% degli eventi ondosi. Le altezze d'onda più rilevanti si registrano per le provenienze da 210°N e da 195°N, mentre da 165°N i valori di altezza d'onda sono inferiori;

- per le simulazioni sono state scelte un'onda proveniente dal settore di traversia secondario (145°N-170°N), un'onda dal settore di traversia con fetches minori (170°N-195°N), due onde dal settore di traversia principale (195°N-240°N); le onde da 165°N e 210°N ruotano di 5°, mentre quelle di 180°N e 195°N di un solo grado. Le onde con altezza a largo pari a 2.5m vengono attenuate dell'8-12% nella propagazione verso costa, quella con altezza di 1.5m a largo del 7%.
- il clima meteomarino nell'area genera modesti ma costanti innalzamenti del livello medio del mare nella zona di battigia, correnti prevalentemente orientate verso ponente, che generano locali vorticità nel tratto roccioso centrale ed importanti correnti di rip verso il largo nella spiaggia di Sturla - ponente per ondazioni da 181°N e da 194°N e nella spiaggia di Quarto - V Maggio per ondazioni da 205 °N;
- sono assenti fonti di materiale solido significative, che possano fornire apporti alle spiagge; - nella spiaggia principale di Sturla si ha un trasporto longitudinale prevalente verso ponente, di materiale sabbioso, reso evidente dalla differenza granulometrica tra i tratti di spiaggia a ponente e a levante della foce del torrente, con un trasferimento dei sedimenti, i più fini dei quali si allontanano verso il largo a causa delle correnti di rip che si generano per quasi tutte le provenienze di moto ondoso; la ridotta estensione della spiaggia a levante genera in essa alterazioni e scomparsa di materiale anche in occasione di mareggiate non estreme, a causa della risalita delle onde fino alle strutture verticali a tergo della spiaggia stessa;
- nelle orlature ghiaiose centrali la circolazione ed il trasporto inducono locali vorticità, con schemi non definiti anche a causa della frastagliata morfologia dei luoghi; la ridotta estensione delle spiagge e l'assenza di apporti sedimentari generano il depauperamento e la scomparsa di materiale anche in occasione di mareggiate non estreme, a causa della risalita delle onde fino alle strutture verticali a tergo delle spiagge stesse;
- nella spiaggia di Quarto - V Maggio è evidente una forte corrente di rip orientata verso il largo per le provenienze da 205 °N, che risulterebbe la principale causa di asportazione dei sedimenti in occasione degli eventi provenienti da tale direzione, mentre per le altre provenienze si generano fenomeni di minore entità.

Per maggiori dettagli si rimanda ai citati studi condotti per conto del Comune di Genova.

8.2 Interventi di ripascimento previsti nel presente progetto esecutivo

8.2.1 Opere strutturali e ripascimenti strutturali e/o stagionali

In linea con le indicazioni fornite dal Committente dei lavori di realizzazione dello scolmatore del t. Bisagno, si prevede di impiegare parte del materiale di smarino per la realizzazione degli interventi di ripascimento strutturale in corrispondenza delle spiagge di Sturla, ottimizzando in questo modo le risorse economiche disponibili.

A tale proposito le analisi meteo-marine condotte nel citato studio per conto del Comune di Genova hanno evidenziato che l'unica spiaggia in grado di contenere la risalita dell'onda in occasione di mareggiate tipiche

o estreme è il tratto della spiaggia di Sturla, a ponente della foce dell'omonimo corso d'acqua; questa spiaggia è tra l'altro l'unica nella quale non sono rilevati progressioni dei fenomeni erosivi.

Le altre spiagge, a partire da quella di Sturla a levante della foce, la spiaggia dei V Maggio e le altre orlature ghiaiose, non sono in grado di assorbire la risalita dell'onda in occasione delle mareggiate e subiscono un progressivo, seppur non particolarmente veloce, fenomeno di erosione, nei confronti del quale sono necessari interventi di ripascimento e/o di rimodellamento per mantenere una larghezza della spiaggia tale da garantirne la fruibilità.

Le conclusioni dello studio citato evidenziano che le condizioni del litorale non sono pertanto omogenee, per morfologia e caratteristiche delle spiagge, per cui gli interventi devono essere così caratterizzati:

Spiaggia di Sturla

Nella spiaggia principale di Sturla il miglioramento delle condizioni della spiaggia a levante del T. Sturla può essere ottenuto con un massiccio ripascimento con materiale sabbioso/ghiaioso, da contenere mediante la costruzione di un pennello in massi alla foce del T. Sturla nella sponda orografica sinistra e quindi a levante della foce stessa, che possa trattenere il materiale più fine che attualmente migra verso ponente, senza pregiudicare il regolare deflusso a mare delle acque del torrente Sturla.

In tale modo si può ovviare al depauperamento della spiaggia dovuto alle correnti verso ponente, ed inoltre l'avanzamento della linea di riva migliorerebbe le condizioni di protezione delle infrastrutture e edifici a tergo.

La spiaggia a ponente del torrente può essere mantenuta e migliorata nella sua stabilità e fruibilità con un eventuale ripascimento (o rimodellazione della spiaggia dopo il ripascimento a levante), per sopperire al potenziale deficit di sedimenti da levante dovuto alla costruzione del pennello.

Spiaggia di Quarto-V Maggio

La spiaggia di Quarto - V Maggio, naturalmente già protetta e compartimentata dai due promontori, può essere potenziata con ripascimenti strutturali di diametro analogo ai sedimenti attualmente presenti.

Orlature centrali

Nelle orlature ghiaiose centrali non è prevedibile la possibilità di ottenere spiagge di rilevanti dimensioni; le piccole spiagge attuali potrebbero essere potenziate con cospicui ripascimenti solo mediante il potenziamento delle opere trasversali esistenti, non prevedibili all'interno del presente progetto.

Pertanto con riferimento agli elaborati grafici di progetto, a cui si rimanda per dettagli, gli interventi di ripascimenti previsti in corrispondenza della spiaggia di Sturla possono così essere riassunti:

- **Spiaggia di Sturla** – ripascimento strutturale: lunghezza di intervento pari a circa 390 m, V = 15.780 m³ circa

- **Orlature centrali** – ripascimento strutturale: lunghezza di intervento pari a circa 190 m, V = 12.940 m³ circa
- **Spiaggia Quarto – V Maggio** - ripascimento strutturale: lunghezza di intervento pari a 110 m, V =7.000 m³

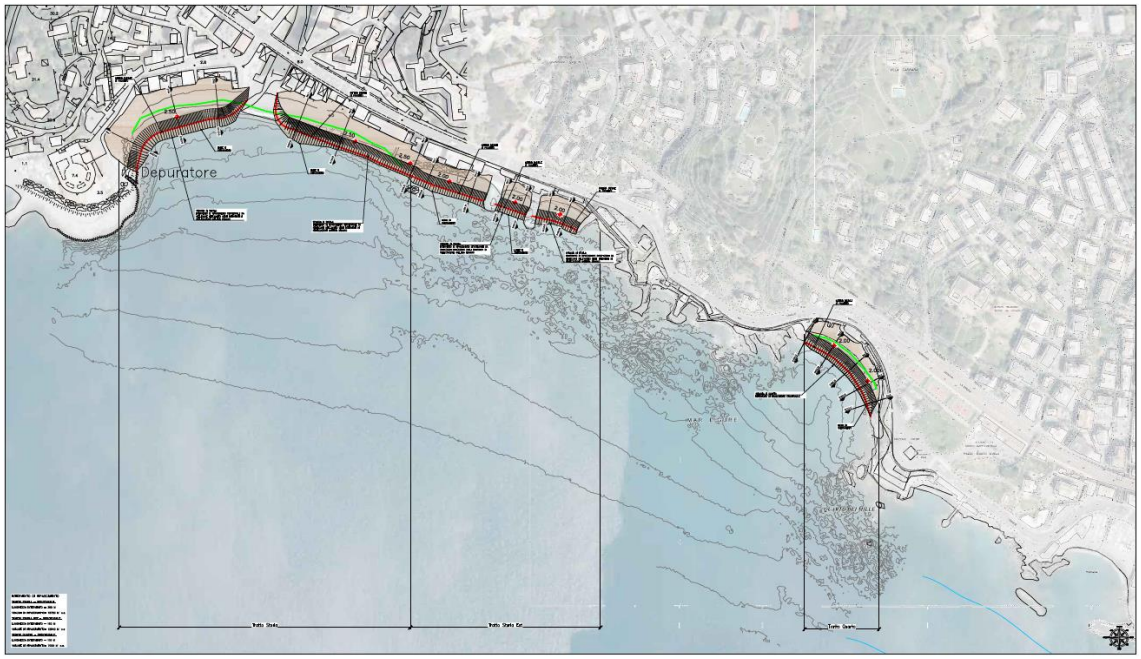


Figura 8-12 – Sviluppo planimetrico degli interventi di ripascimento strutturale in corrispondenza della spiaggia di Sturla

8.2.1.1 Materiale impiegato per il ripascimento

Come già indicato in precedenza, il materiale impiegato deriva dalle attività di scavo della galleria scolmatrice del t. Bisagno, precedentemente trattato secondo le seguenti modalità.

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 materiale trattato in osservanza delle disposizioni normative, potrà essere disposto direttamente a copertura dell'esistente strato di arenile, senza dover effettuare operazioni di preparazione più lunghe, costose e temporalmente disagevoli.

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% richiesto dalla Normativa già citata della Regione Liguria.

La modalità di trattamento del materiale di smarino in corrispondenza dell'impianto di frantumazione e vagliatura permetterà di evitare, in ragione della bassa concentrazione di frazioni fini, il rilascio di materiale, durante le operazioni di ripascimento, tali da alterare le caratteristiche qualitative delle acque rivierasche (per quanto questo possa accadere, in ogni caso, solo nella stagione invernale) e da creare pennacchi di materiali in sospensione che possano poi, per ricaduta, danneggiare le prateria di posidonia e le altre biocenosi acquatiche poste al largo delle zone di intervento. In tale modo si ritiene di non dovere procedere con l'utilizzo di panne di confinamento da disporre a mare nelle zone di ripascimento.

In sede esecutiva potranno essere valutate modalità e tempistiche di sversamento diverse (ad es. sversamento a mare del materiale in tempi utili al suo smussamento da parte del moto ondoso, stesura sul sito destinato a ripascimento al di sotto del materiale già esistente in loco).

Le prescrizioni sulla composizione granulometrica del materiale di ripascimento sono le seguenti:

- il materiale, una volta fornito e posto in opera, dovrà avere granulometria compresa tra 2 mm e 100 mm, escludendo detriti, parti di muratura, corpi estranei, materiale organico o frazioni terrose. Il limite superiore delle dimensioni granulometriche potrà essere occasionalmente superato per consentire il riutilizzo di elementi più grossolani a patto di prevedere adeguate modalità di posa del materiale (ad esempio utilizzando gli elementi più grossolani per gli strati inferiori del ripascimento e avendo l'accortezza di rispettare la prescrizione per il materiale che verrà utilizzato per lo strato superficiale);
- la frazione eccedente il limite di 100 mm non dovrà tuttavia superare il 10 %;
- per quanto riguarda il limite granulometrico inferiore si ammetterà una percentuale non superiore al 10 % in peso della frazione di materiale costituita da elementi di dimensioni medie inferiori a 2 mm;
- la presenza di limi ed argille (frazione pelitica) non potrà comunque superare il limite del 5% in peso;
- il materiale utilizzato dovrà avere caratteristiche cromatiche simili al materiale della spiaggia esistente.

La granulometria adottata consentirà di ottenere un profilo non eccessivamente ripido e al contempo caratterizzata da un diametro superiore a quello mediamente utilizzato fino ad ora per i ripascimenti stagionali (D50 = 1 mm) a garanzia di una minore dinamica litoranea (perdite inferiori).

L'esigenza di utilizzare, per gli apporti lungo le spiagge, materiale granulare inerte con pezzatura 2 – 100 mm esente da inquinanti o comunque sostanze inaccettabili (come calcestruzzo, ferri, plastica, VTR ecc.) impone:

- una selezione e cernita del materiale proveniente da scavi;
- una preventiva lavorazione dello stesso materiale.

La cernita avviene automaticamente con l'impiego del materiale di smarino derivante dall'impiego di una TBM, quindi con scavo meccanizzato senza necessità di pre-consolidamento al fronte di scavo, dalle qui attività potrebbero derivare presenze di elementi indesiderati.

Verrà comunque condotta una specifica verifica sia al fronte di scavo, sia durante le diverse fasi di trasporto e stoccaggio, finanche alla fase di lavorazione. Il materiale non idoneo al riutilizzo dovrà quindi essere stoccato a parte per essere destinato ad altro impiego o destinazione.

Presenza di amianto

La ricerca del parametro amianto non è dovuta in quanto il materiale di scavo non proviene da aree caratterizzate dalla presenza di "pietre verdi" (rif. Cartografia geolitologica allegato 1 D.C.R. 20/12/1996 n. 109).

Colore

La valutazione del colore è stata effettuata sui campioni/carotaggi eseguiti sulla formazione rocciosa interessato dallo scavo in avanzamento della galleria Fereggiano.

Il colore del Flysch di Monte Antola è grigio chiaro.

8.2.2 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento

Il materiale utilizzato per l'intervento di ripascimento proviene integralmente dalle attività di scavo della galleria scolmatrice del t. Bisagno, in conformità a quanto indicato nel Piano di Utilizzo allegato al presente progetto esecutivo.

Le caratteristiche del materiale sono già state illustrate nel paragrafo 4.2 della presente relazione.

8.2.2.1 Determinazione del profilo d'equilibrio

La determinazione teorica del profilo trasversale d'equilibrio di una spiaggia è stata effettuata utilizzando il metodo di Dean. Questa soluzione, comunemente adottata negli studi d'ingegneria idraulica, approssima in modo più o meno corretto il profilo reale, anche in funzione della situazione morfo – sedimentaria contingente. Essa è infatti studiata per litorali oceanici costituiti da sabbie medio – fini e completamente esposti al moto ondoso.

L'algoritmo matematico utilizzato per l'ottenimento del profilo è basato sulla semplice relazione tra la distanza da costa (off-shore) e la profondità del fondale:

$d=Ax^m$ in cui: $m = \frac{2}{3}$

Il parametro A (dimensionalmente legato al fattore *m* per fare assumere a *d* il valore di una distanza) è funzione delle caratteristiche del sedimento (diametro medio) e va ad agire sulla forma del profilo di equilibrio. Il suo modulo risulta compreso tra 0.079 e 0.398, ed è determinato attraverso la formulazione:

$$A = 7.35\ (d_{50})^{0.49}.$$

Adottando un valore, sulla base della caratterizzazione sedimentologica del materiale presente lungo il litorale in esame, **d_{50} = 6 mm**, si ottiene un profilo di equilibrio compatibile con il profilo di sversamento adottato per la definizione della spiaggia di progetto e dei conseguenti volumi di ripascimento, come è possibile riscontrare nella figura sottostante (sez. n° 2).

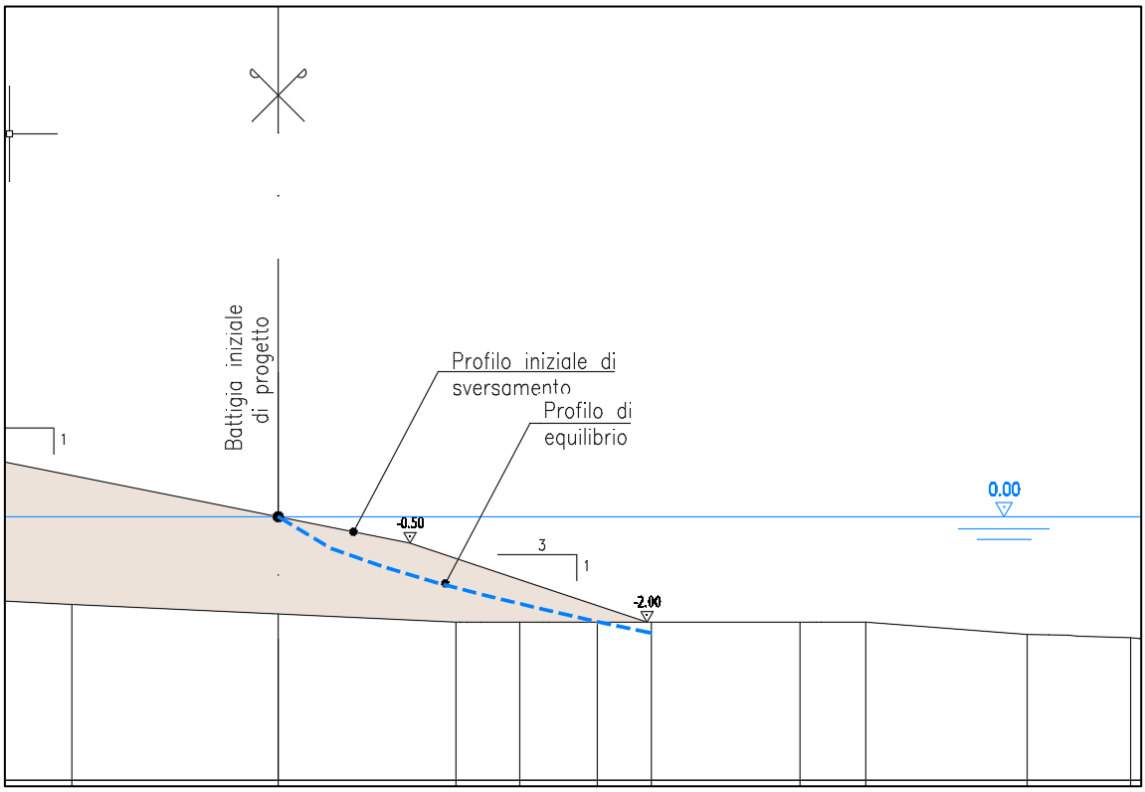


Figura 8-13 – Profilo di equilibrio – d_{50} = 6 mm – sezione n° 2

8.2.3 *Modalità e tempi di realizzazione*

In ragione della localizzazione delle aree, e della difficoltà operativa di raggiungere i siti di ripascimento attraverso trasporto su gomma, si prevede di eseguire via mare, caricando le bettoline dal sito di stoccaggio temporaneo previsto in corrispondenza della spiaggia di Voltri.

Le operazioni di perforazione della galleria, che avverranno con sistemi meccanizzati, permetteranno una produzione "importante" (fino a 2.000 m³ al giorno); in ragione della esecuzione degli interventi di ripascimento via mare, è possibile che in alcuni periodi gli interventi possano essere sospesi per le condizioni marine, anche perché i ripascimenti non potranno avvenire in corrispondenza del periodo estivo/balneare, risultando a maggior ragione necessaria l'area di deposito temporanea in corrispondenza della spiaggia di Voltri.

La cantierizzazione, da sviluppare in sinergia con i tecnici del Comune di Genova, prevederà la realizzazione di piste di cantiere, che verranno rimosse al termine dei lavori.

8.2.4 *Effetto dell'opera sulle biocenosi sensibili*

Lo sversamento sulle spiagge di materiale sedimentario finalizzato ad un ripascimento può costituire un serio problema ecologico per gli ecosistemi bentonici costieri poiché l'eventuale impiego di materiale inadatto, come materiale terrigeno di comune utilizzo ricco di argilla e limo, può modificare la granuometria del sedimento mobile già presente con un diretto interessamento dei popolamenti del substrato incoerente che dipendono fortemente dalla stessa granulometria. Inoltre l'impiego di materiale inadatto ha effetti fortemente negativi su un habitat prioritario come la Posidonia oceanica.

Gli effetti sull'ambiente marino prodotti dalle attività di ripascimento degli arenili sono quindi legati a tre aspetti: (1) le caratteristiche del sedimento impiegato, da valutare in rapporto sia alle caratteristiche del sedimento originario (quali granulometria e mineralogia), (2) le modalità tecnico-progettuali proprie dell'intervento (quali la quantità di materiale sversato, la tempistica e la stagione di intervento, (3) le tecnologie impiegate per il trasporto e per il refluimento del sedimento (Speybroeck et al., 2006; OSPAR, 2009).

Gli effetti notoriamente più rilevanti sono quelli che ricadono in maniera diretta sui popolamenti bentonici e, indirettamente, sulla fauna ittica demersale. Su altre componenti biotiche come ad esempio il plancton gli effetti di un ripascimento sono considerati trascurabili. Molti studi evidenziano come il refluimento della sabbia comporti le seguenti alterazioni (ARPAL, 2007, Nicoletti et al., 2006; Peterson et al., 2006; Speybroeck et al., 2006; Defeo et al., 2009; OSPAR, 2009):

- Seppellimento e seppellimento a seguito di un avanzamento del profilo di spiaggia;
- Aumento della torbidità dell'acqua;
- Infangamento e alterazione dei fondi su cui sono insediati i popolamenti;

- Alterazione delle dinamiche di popolazione (con effetti importanti sulle aree di nursery e di riproduzione) e diminuzione delle risorse trofiche.

Prendendo in considerazione i fondali sabbiosi, subito dopo il refluimento del sedimento che comporta il possibile defaunamento (totale o parziale) dell'area direttamente interessata, ha inizio il recupero dei popolamenti coinvolti, attraverso specifici meccanismi di reclutamento quali la migrazione di adulti e giovanili dalle aree adiacenti, la migrazione verticale e l'immissione sulla spiaggia di organismi trasportati con il sedimento (van Dolah et al., 1984). In particolare, la migrazione verticale è risultata essere, per le specie di ambiente intertidale e/o subtidale, il meccanismo più efficace per sopravvivere al ripascimento (Maurer et al., 1986; BNP, 1995; Green, 2002). La questione fondamentale nella valutazione degli effetti indotti dal ripascimento non è pertanto la perdita temporanea degli organismi presenti sulla spiaggia, peraltro attesa, quanto la velocità di recupero di queste comunità dopo il ripascimento. Laddove le attività di ripascimento hanno comportato modifiche rilevanti dal punto di vista della granulometria del substrato, sono state osservate importanti variazioni anche nella composizione degli organismi bentonici, con conseguente alterazione dell'ecologia della spiaggia (Rakocinski et al., 1996). Studi specifici condotti lungo le coste del Lazio per valutare gli effetti del ripascimento sui popolamenti a Donax trunculus (mollusco bivalve di interesse commerciale) (La Valle et al., 2007; La Valle e Nicoletti, 2008; La Valle et al., 2011) hanno rilevato che la specie, pur scomparendo subito dopo il ripascimento (per seppellimento), ricompare a circa 4 mesi di distanza dal termine delle attività. Gli Autori ipotizzano che pianificando le operazioni di ripascimento in periodi specifici prima del periodo di reclutamento dei giovanili, gli effetti sulla specie possono essere minimizzati, evitando così anche importanti ricadute economiche sull'economia locale.

Diversi studi sono stati condotti per valutare gli effetti del ripascimento sulle fanerogame marine, in particolare sulla Posidonia oceanica (Ruiz et al., 1993; Ruiz e Romero, 2003, Nicoletti et al. 2005). Gli effetti attesi a breve termine sulle praterie di P. oceanica sono essenzialmente quelli legati all'aumento della torbidità dell'acqua. È noto che la diminuzione di luminosità generata dall'aumento di sedimenti fini in sospensione determina un calo nella produzione fogliare della prateria, cui potrebbe seguire, con il persistere dell'alterazione, la riduzione della densità e la regressione del suo limite inferiore (Guidetti e Fabiano, 2000, ARPAL 2007). Un altro effetto che può essere indotto dal ripascimento sulle praterie di P. oceanica è quello legato ai fenomeni di ipersedimentazione, a causa della maggior mobilità del sedimento appena deposto. In particolare, Manzanera et al. (1998) hanno rilevato come la risposta di P. oceanica sia fortemente dipendente dall'intensità e dalla durata del fenomeno: anche modesti seppellimenti (5 cm) possono infatti causare una significativa mortalità fogliare.

Relativamente ai popolamenti ittici, i possibili effetti generati dalle attività di ripascimento possono comportare la diminuzione delle abbondanze durante le operazioni di refluimento della sabbia, seppellimento di specie demersali, danni agli apparati branchiali dei pesci (per l'aumento del sedimento nella colonna d'acqua) e ridotta disponibilità di cibo (Green, 2002; Wilber et al.; 2003).

9 Spiagge di Levante

Nell'ambito degli incontri preliminari svolti per l'avvio della progettazione esecutiva di cui alla presente relazione, è stato fornito dal Committente un elenco con la segnalazione di 14 spiagge del levante genovese che, sulla base delle indicazioni raccolte dai competenti Municipi, avrebbero necessitato di interventi di ripascimento stagionali e/o strutturali, con la segnalazione di massima degli areali disponibili di superfici .

Numerazione	Denominazione Spiaggia	Areale di ripascimento valutato preventivamente dal Committente
L.III.1	Sturla V Maggio	3890 m²
L.III.2	Piazzale Crispi	1760 m²
L.III.3	Quarto/Stacchetti	1430 m²
L.III.4	Quarto/Priaruggia	2320 m²
L.III.5	Quarto/Bolivar	2265 m²
L.III.6	Lega Navale	2110 m²
L.III.7	Quinto Bagnara	2110 m²
L.III.8	Quinto/Gianelli	2770 m²
L.III.9	Quinto Rusca	1525 m²
L.III.10	Quinto Murcarolo	1350 m²
L.III.11	Quinto Murcarolo/Piero	970 m²
L.III.12	Quinto Caprafico	2280 m²

L.III.13	Porticciolo Nervi	2860 m²
L.III.14	Capolungo	490 m²

Si precisa come i primi due siti costituiscono le spiagge di Sturla, di cui si è già descritto l'intervento di ripascimento previsto nel presente progetto esecutivo nel precedente paragrafo.

Con riferimento agli altri siti, il Committente ha ritenuto di escludere dall'elenco le spiagge L.III.12 ed L.III.13, in quanto in corso di affidamento una specifica attività di progettazione; per quanto riguarda le spiagge L.III.11 ed L.III.12 si è ritenuto di non prevederne alcuna attività di ripascimento in quanto gli arenili non risultano necessitanti di interventi.

Pertanto nell'ambito del presente progetto esecutivo si prevede di intervenire in corrispondenza delle seguenti spiagge:

Ripascimenti stagionali:

- Quarto/Stacchetti
- Quinto Rusca
- Capolungo

Ripascimenti strutturali:

- Quarto/Bolivar
- Lega Navale
- Quinto Bagnara
- Quinto/Gianelli

9.1 Quadro conoscitivo del sito oggetto di intervento

9.1.1 Identificazione dell'unità fisiografica

9.1.1.1 Unità fisiografica

L'unità fisiografica in cui ricadono le spiagge di intervento è delimitata a ponente dal Porto di Genova mentre a levante da Punta Chiappa.



Figura 9-1 - Limite Unità Fisiografica (linee di colore blu - Cartografia Regione Liguria)

9.1.1.2 Paraggio oggetto di intervento

Il paraggi di riferimento sono 2 e sono limitati a ponente dal promontorio del depuratore di Sturla mentre a levante dal confine comunale con Bogliasco.



Figura 9-2 - Limite di paraggio (Cartografia Regione Liguria)

Le celle litorali oggetto degli interventi di ripascimento sono inserite in un tratto di costa alta e rocciosa e pertanto risultano particolarmente frammentate. La seguente figura indica la posizione e le caratteristiche attuali delle celle.



Siti L.III.3 e L.III.4



Siti L.III.5 e L.III.6



Sito L.III.7, L.III.8 e L.III.9



Sito L.III.10





Siti L.III.11, L.III.12 e L.III.13 Sito L.III.14

Figura 9-3 - Celle litorali oggetto di intervento (Cartografia Regione Liguria)

9.1.2 Rilievo dello stato attuale e della tendenza evolutiva

Lo stato attuale delle celle litorali oggetto di intervento è rappresentato dal rilievo topografico e batimetrico descritto nei seguenti paragrafi.

La tendenza evolutiva rilevabile dal confronto delle cartografie storiche recenti e dalle riprese aeree disponibili (anni 1944, 1983, 1993 e 2003) con l'assetto attuale descritto dalle foto aeree Agea 2016 (dati Regione Liguria) evidenzia in maniera generalizzata come i paraggi oggetto di intervento fossero sostanzialmente assenti nel 1944 e come essi manifestino la massima estensione verso mare nella ripresa del 1973. Le linee di costa successive appaiono fortemente condizionate dai continui interventi di ripascimento stagionali effettuati.

9.1.3 Rilievi batimetrici

Allo scopo della migliore caratterizzazione geometrica delle aree di ripascimento, con particolare riferimento alla componente batimetrica, è stata condotta, nell'ambito del presente progetto esecutivo, una campagna di rilievi morfo-batimetrici ad elevato dettaglio e indagini topografiche 3D, rispettivamente mediante l'utilizzo dei sistemi MBES (Multibeam Echosounder) e LS (Laser Scanner).

Lo scopo del lavoro è stato quello di indagare sia la parte emersa che quella sommersa del tratto di costa in oggetto, mappando i fondali, le spiagge sommerse ed emerse, le falesie e le strutture presenti a terra.

Per il rilievo morfobatimetrico è stato utilizzato un sistema Multibeam, costituito da un dispositivo estremamente risolutivo ed adatto ai rilievi idrografici che consente di rilevare contemporaneamente profondità e natura di larghe porzioni di fondale marino.

Lo strumento emette simultaneamente più segnali acustici e riceve l'eco di ritorno di una fascia di fondale di ampiezza variabile in base alle caratteristiche dello strumento utilizzato, della profondità dell'area investigata e delle impostazioni durante l'acquisizione.

Data l'influenza dei parametri di temperatura, salinità e pressione sulla propagazione del suono in mare, prima del rilievo multibeam deve essere effettuata una profilatura verticale della velocità del suono attraverso la colonna d'acqua, oltre alla registrazione in continuo di quella a livello superficiale.

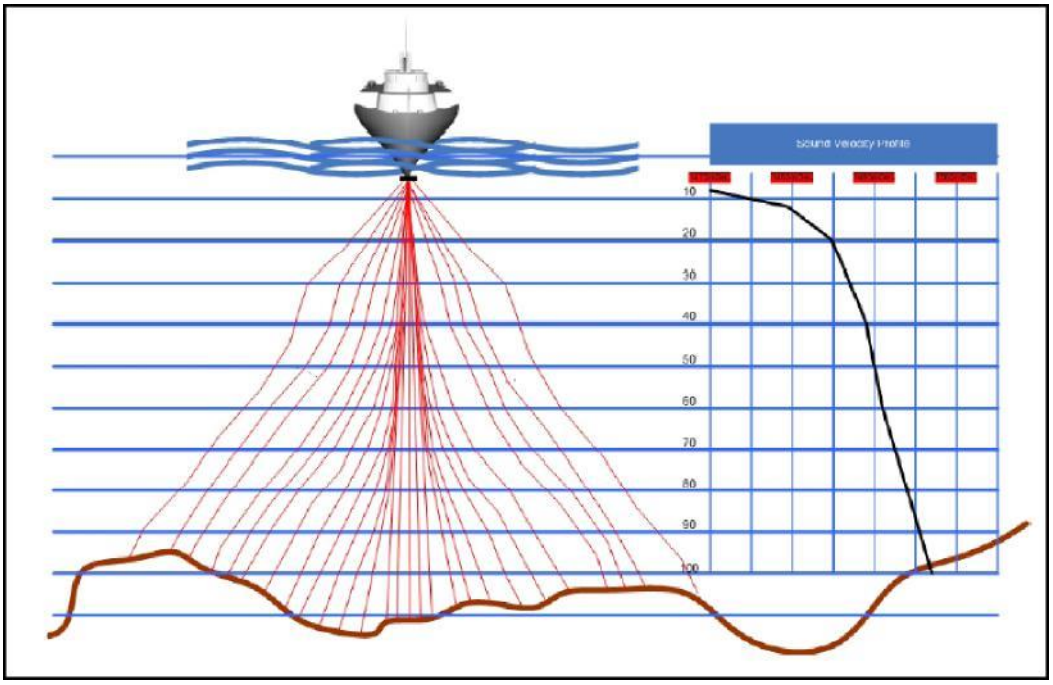


Figura 9-4 – Schema di funzionamento dell'ecoscandaglio multibeam e esempio di profilatura verticale della velocità del suono

Questi, uniti alle posizioni GPS (Global Positioning System) e a quelli provenienti dall'unità di compensazione del moto IMU (Inertial Measurement Unit), opportunamente corretti mediante misurazione degli offset delle stesse strumentazioni montate a bordo rispetto ad un punto comune di riferimento, sono i dati di input da inserire nel software di navigazione e acquisizione, il quale provvede alla creazione in tempo reale di un modello tridimensionale a copertura totale della porzione di fondale da indagare.

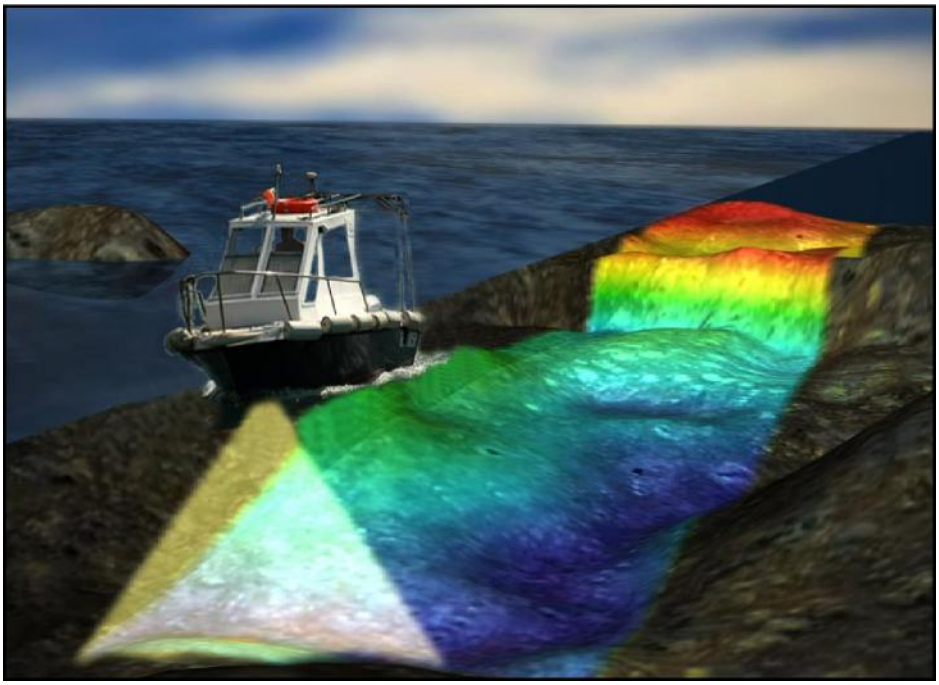


Figura 9-5 –Sistema multibeam: copertura totale dell'area indagata

Per l'esecuzione dei rilievi topografici di dettaglio è stato utilizzato un sistema Laser Scanner estremamente risolutivo ed adatto allo scopo richiesto. Lo strumento utilizzato è uno strumento a scansione distanziometrica che misura la distanza con la tecnica del tempo di volo, dotato di un generatore laser in classe 1 che sfruttando la lunghezza d'onda prossima all'infrarosso permette di rilevare aree anche in presenza di persone senza provocare danni all'apparato visivo. Gli strumenti che misurano il tempo di volo del raggio laser, invece della sua differenza di fase, permettono di avere un rapporto punti/sec molto maggiore e quindi acquisiscono un maggior numero di punti in minor tempo, anche se con una precisione leggermente inferiore.

Per il rilievo in oggetto il laser scanner è stato utilizzato in modalità dinamica da imbarcazione in modo tale da rilevare completamente il tratto di costa in oggetto, altrimenti irraggiungibile con stazioni statiche da terra.

I due rilievi sono stati eseguiti simultaneamente tramite il software di acquisizione PDS2000 in grado di gestire i dati in tempo reale di multibeam e laser scanner. Questa configurazione raggruppa letteralmente due rilievi in uno e permette di dimezzare i tempi di acquisizione: per il lavoro in oggetto sono state sufficienti due sole giornate per il rilievo batimetrico e topografico.

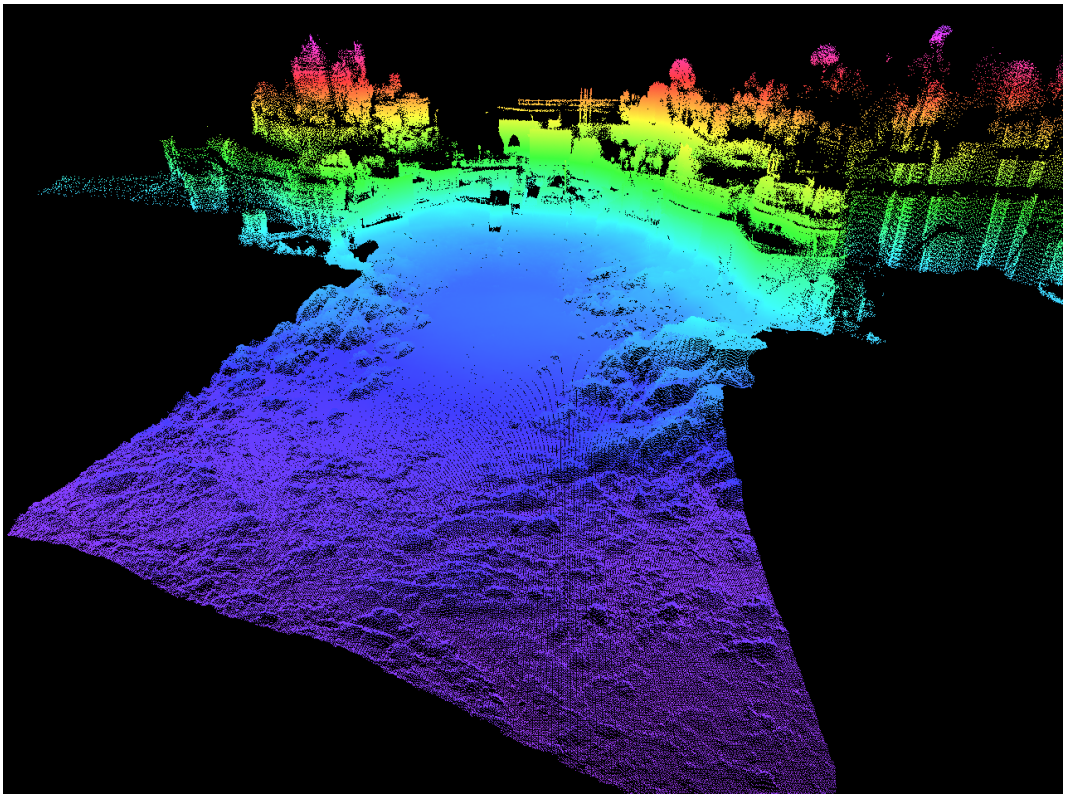


Figura 9-6 –Restituzione 3D della batimetria e della superficie emersa della spiaggia di Quarto Bolivar

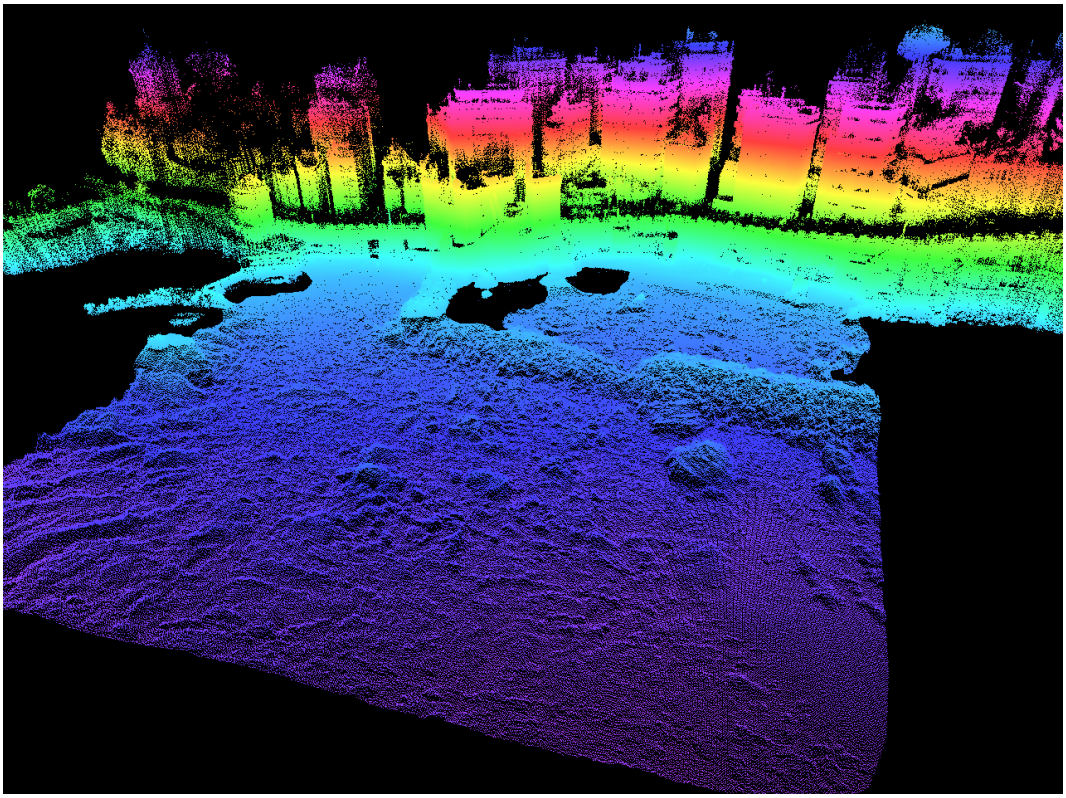


Figura 9-7 –Restituzione 3D della batimetria e della superficie emersa delle spiagge Lega Navale e Quinto Bagnara

I rilievi batimetrici sono stati condotti per le spiagge in cui è prevista la esecuzione di ripascimenti strutturali. I dati così ottenuti sono stati elaborati per la costruzione della geometria del fondale, mediante restituzione con isobate. I rilievi dello stato di fatto sono riportati nelle specifiche tavole grafiche allegate al presente progetto esecutivo.

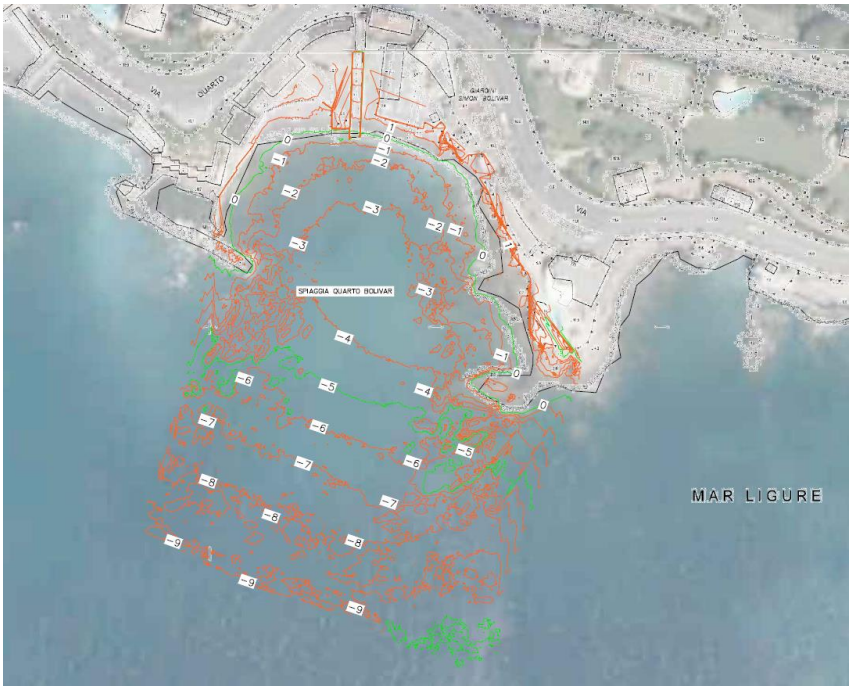


Figura 9-8 –Restituzione tramite isobate della batimetria e della superficie emersa della spiaggia di Quarto Bolivar

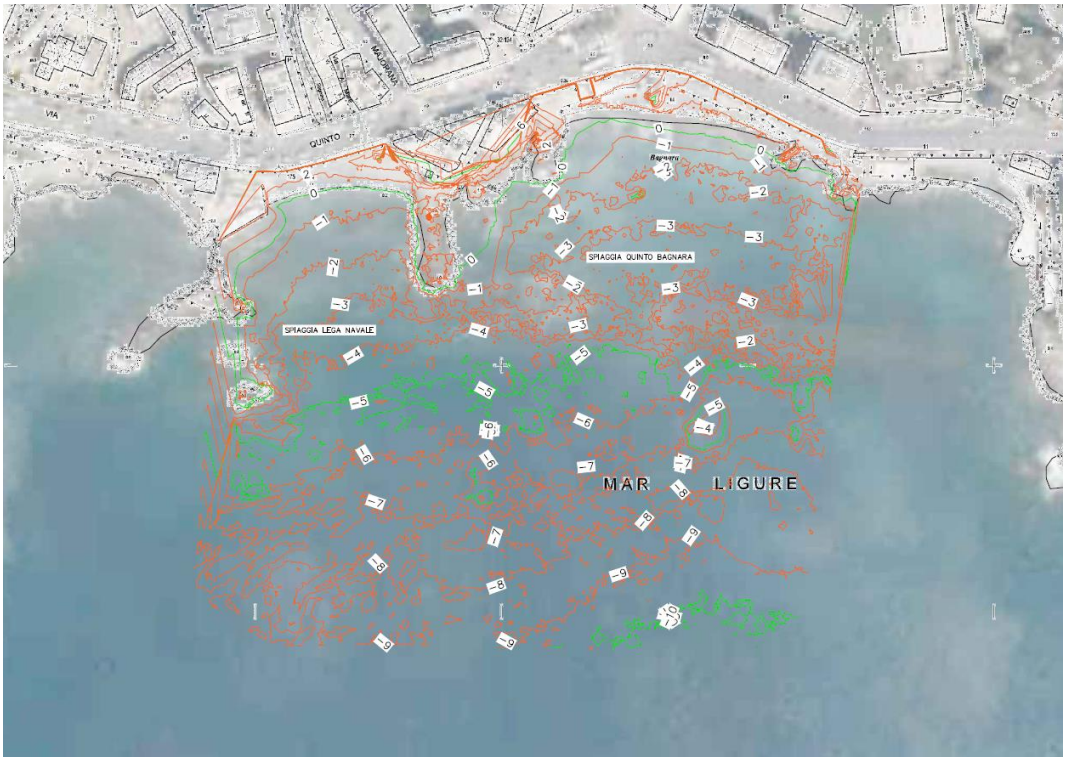


Figura 9-9 –Restituzione tramite isobate della batimetria e della superficie emersa delle spiagge Lega Navale e Quinto Bagnara

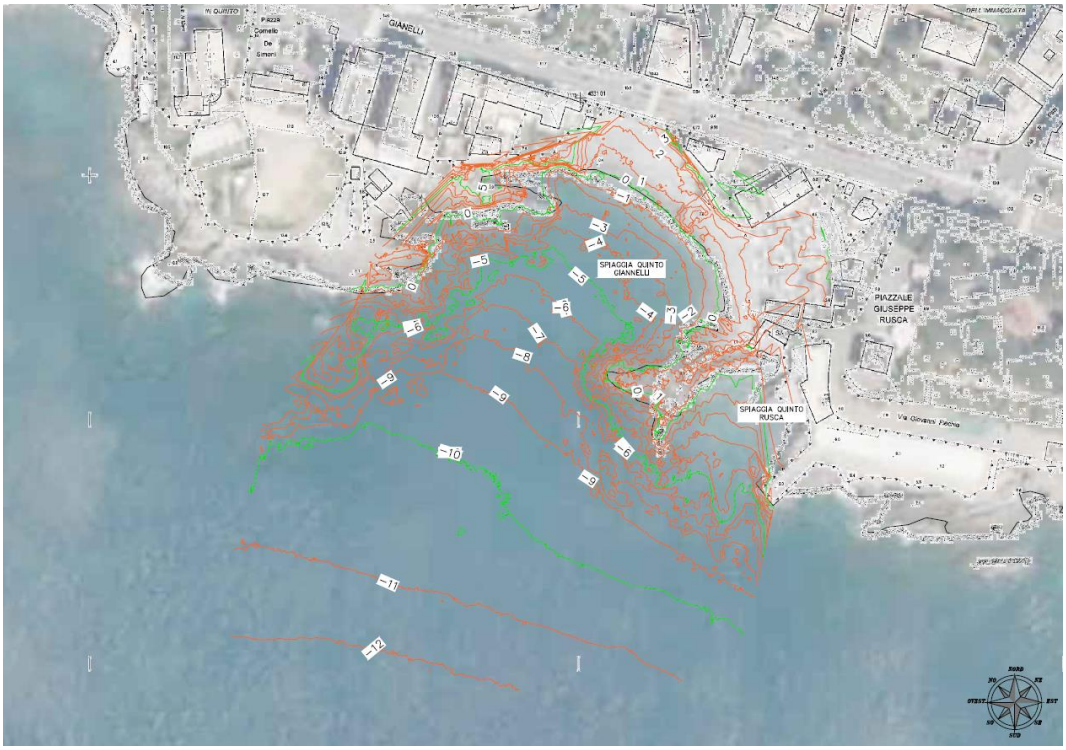


Figura 9-10 –Restituzione tramite isobate della batimetria e della superficie emersa della spiaggia di Quinto Giannelli

9.1.4 Caratterizzazione granulometrica

Per la caratterizzazione granulometrica delle aree oggetto di intervento si rimanda a quanto già illustrato per le spiagge di Sturla.

9.1.5 Analisi delle biocenosi marine

Il tratto di costa risulta prospiciente al SIC IT1332576 sub-sito A - fondali Boccadasse-Nervi.

Nonostante la prossimità della foce del torrente Bisagno, lo sviluppo portuale e la situazione fortemente antropizzata della porzione di levante della città di Genova, i fondali da Genova Boccadasse e Recco rappresentano le vestigia del più ampio areale di sviluppo della Posidonia oceanica nella Liguria di levante. Tale aspetto è garantito dalla estesa piattaforma continentale, dalla limitata degli apporti fluviali e dalla natura geologica della costa, formata prevalentemente da scogliere di rocce calcaree disposte in strati che si distendono in mare anche per grandi distanze , arricchendo notevolmente la morfologia dei fondali.

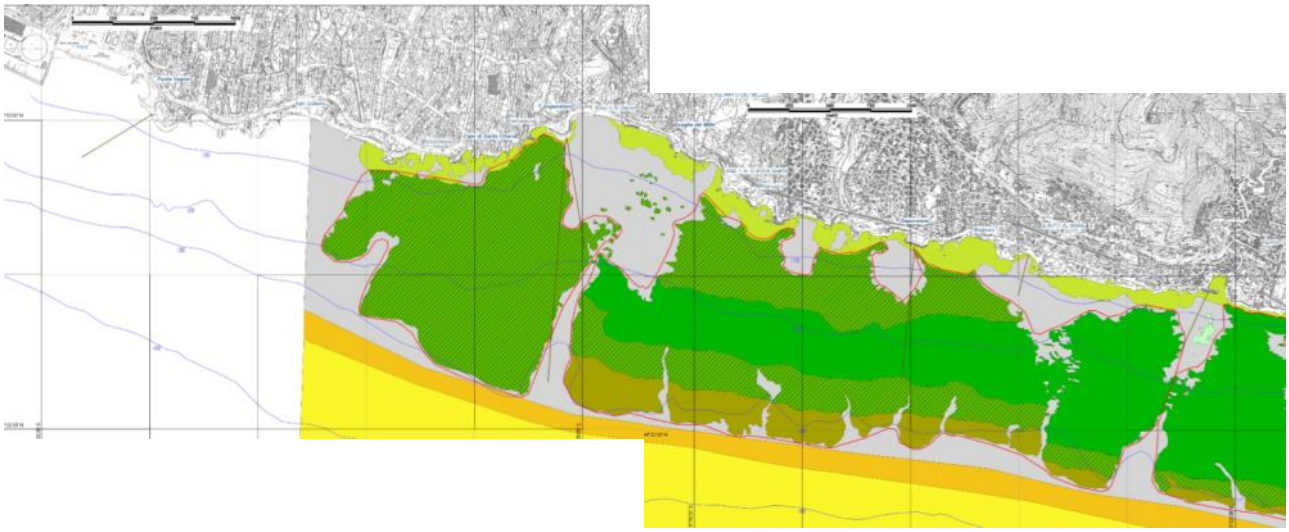


Figura 9-11 - Rappresentazione cartografica della prateria di posidonia ed altre biocenosi tra Genova Boccadasse a Sori

L'estensione della prateria è di circa 1,5 km per una larghezza compresa tra 1000 e 1400 m per una superficie totale di 145 ha. La struttura a mosaico caratterizza questa prateria che ha una ampia porzione con matte morta. Il limite superiore è situato a -5 m mentre quello inferiore si trova tra i -20 m e i -30.

Tutta l'area è caratterizzata inoltre da fondali rocciosi tra i -6 e i -17 m di profondità caratterizzati da alghe calcaree ascrivibili alla tipologia del pre-coralligeno (Idrotec & RSTA 2003).

Dalla foce del torrente Bisagno a Punta Bagno i fondali sono fortemente infangati e i popolamenti bentonici coperti. Questi appaiono man mano che si procede verso levante, infatti tra le sabbie infangate appaiono aree di matte morta e formazioni rocciose caratterizzate da popolamenti ascrivibili al precoralligeno.

Nel tratto costiero compreso tra San Giuliano e Boccadasse compare la prateria di P. oceanica compresa tra 10 e 24 m di profondità in ciuffi isolati e macchie di modesta estensione. Uno strato di matte morta parzialmente infangata prende origine dai -18 m fino ai - 30 m a testimonianza dell'antica estensione del posidonieto. Indagini successive condotte tra il 2011 e il 2014 utilizzando una telecamera al traino (sistema Tritone) confermano una situazione di mosaico di prateria di posidonia: infatti il fondale è caratterizzato dall'alternanza di zone sabbiose con zone rocciose a fitta copertura algale e di precoralligeno, e di prateria continua. Talvolta la pianta si trova insediata su roccia (RSTA, 2014). Sempre nell'ambito dello stesso studio sono state condotte indagini specifiche sui sedimenti marini che evidenziano la presenza di biocenosi di fondo mobile in un buono stato di salute, nonostante la presenza antropica. In particolare, al margine del posidonieto verso ponente, le biocenosi di fondo mobile sono ascrivibili a quelle delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) mentre i campioni prelevati nelle lacune sabbiose interne alla prateria risultano di difficile interpretazione per l'assegnazione di una categoria biocenotica. Il calcolo dei vari indici (AMBI, M-AMBI e OSI) in tutto il periodo di monitoraggio evidenziano un buono stato della matrice biotica associata ai

sedimenti. Inoltre dai dati rilevati nei tre anni di monitoraggio non sono state riscontrate differenze significative con gli anni precedenti, evidenziando uno stato di qualità ambientale piuttosto stabile.

La lista faunistica costruita a seguito di questa indagine ha consentito di identificare 143 specie, di cui 59 specie appartengono al phylum dei policheti, 51 a quello dei crostacei, 25 ai molluschi bivalvi, 7 agli echinodermi e 1 ai molluschi gasteropodi. Le specie rilevate con maggior frequenza sono state il mollusco bivalve Mactra stultorum, il crostaceo Urothoe inetrmedia, e i policheti Owenia fusiformis, Protodorvillea kefersteini, Pisione remota, Hesiospina aurantiaca, Ophiodromus pallidus, Syllis garciai, Phyllodoce mucosa, Schroederella laubieri.

A partire da Boccadasse la prateria appare caratterizzata da una copertura importante tra i -18 e -24 m nonostante la presenza di ampi canali erosivi. Dalla profondità dei -27 m la prateria appare nuovamente ridotta a pochi ciuffi isolati su matte morta (Idrotec & RSTA 2003).

Davanti al depuratore di Sturla-Vernazzola, in corrispondenza dello sbocco di due condotte di scarico dell'impianto di trattamento delle acque, la prateria risulta interrotta da una grande discontinuità sabbiosa che tra i 10 e i 20 m presenta zone con matte morta in alcuni casi ancora vitali, mentre al di sotto dei -20 m di profondità questa ampia lacuna sabbiosa si riduce ad un canale ortogonale alla costa.

Proseguendo verso est, nel tratto di costa compreso tra Genova Quarto e Sori, la prateria pur non risultato omogenea nella sua composizione, si estende per 11 km di lunghezza e conserva una larghezza media di 1000 m.

Questa prateria ha una estensione di 830 ha e di questi 72 ha sono composti di matte morta, 106 ha di posidonia su roccia e 188 ha di mosaico. Il limite superiore è posta ad una profondità di -5 m mentre quello inferiore è compreso tra -25 e -30 m.

Tale prateria presenta importanti arretramenti del limite superiore, in corrispondenza delle foci dei piccoli corsi d'acqua e dei centri abitati, andando talvolta ai -20 m. Tali porzioni di fondale sabbioso presentano l'insediamento di Cymodocea nodosa.

In tutta questa porzione di prateria il limite inferiore, tra -25 e -30 m appare sempre di tipo regressivo, con la pianta che repentinamente diventa diradata e stentata lasciando posto tra i -30 e i -35 m ad una fascia di matte morta.

Nella parte centrale della prateria sono presenti affioramenti rocciosi caratterizzati da formazioni di precoralligeno e coralligeno di piattaforma, che elevano la complessità strutturale dell'habitat e di conseguenza il suo grado di biodiversità.

Dati recenti su questa prateria sono reperibili da studi condotti sia da ARPAL (2005), la quale ha inserito la prateria in oggetto tra le aree che compongono la rete di controllo periodico effettuate sui posidonieti liguri e da RSTA (2004) che ha condotto uno studio sui fondali antistante il depuratore di Quinto.

Data rilevamento	Profondità (m)	Densità (fasci/m²)	Ricoprimento %	% rizomi plagiotropi
26/04/2004	7	185	25	20
26/04/2004	15	146	70	20
26/04/2004	26	94	85	30

Dati Arpal 2005

Fascia batimetrica (m)	Densità (fasci/m²) 2003	Densità (fasci/m²) 2004	Ricoprimento %
10-14	165	166	60
14-18	210	214	80
18-23	300	315	90
> 23	90	92	70

Dati RSTA 2004

In generale il posidonieto si sviluppa dalla profondità di -12 fino ai -20 m, dapprima con aiuole e chiazze e poi man mano una prateria continua anche se solcata da canali erosivi e chiazze sabbiose. Nel 2004 sono state documentate fioritura e fruttificazione della pianta. Anche in questa porzione di costa, tra i 18 e i 25 m di profondità la prateria si alterna con affioramenti di substrati rocciosi ascrivibili al coralligeno. Il margine inferiore si rileva tra i -28 e -30 m con prateria diradata e matte morta, di tipo regressivo. La situazione descritta in questi studi non sembra differente rispetto a quanto riportato da studi precedenti (Balduzzi et.al 1984; ENEA, 1993) e nel complesso tutti i dati confermano la tendenza, anche in questa porzione di prateria, ad un gradiente di miglioramento ambientale da ponente a levante.

Montefalcone et al. (2015) mettono in evidenza la presenza diffusa di Caulerpa cylindracea, un alga di origine tropicale invasiva che nel periodo 2000-2014 ha notevolmente interessato i fondali da Genova Foce a Genova Quinto, ricoprendo oltre 2000 ha.

Prato di Cymodocae nodosa

Nelle ampie lacune presenti lungo il limite superiore tra i 5 e i 15 m di profondità sono presenti piccoli prati di Cymodocea nodosa per quasi 50 ha.

Affioramenti rocciosi

Un ulteriore aspetto di pregio di questo tratto costiero è rappresentato dalla presenza diffusa di affioramenti rocciosi caratterizzati da formazioni di precoralligeno, grazie al quale si diversifica la complessità strutturale degli habitat costieri. Tutto il tratto in esame ha la biocenosi del detritico costiero tra i 40 e i 50 m di profondità e in aree prospicienti Genova Nervi, durante attività di campionamento di sedimenti con benna si è rinvenuto un fondale a MAERL e rodoliti (Costa, com. pers.)

Situazione di dettaglio dell'area soggetta ad intervento

Nella Figura 9-12 si riportano i dettagli delle biocenosi nelle quattro aree tra Quarto dei Mille e Quinto al Mare, soggette ad intervento di ripascimento degli arenili strutturali nell'ambito del presente progetto esecutivo (riquadri rossi).

Tutte le aree hanno una situazione similare, con fondali rocciosi e alghe fotofile nella parte più prossima alla riva, lacune sabbiose e fondali a mosaico di roccia e posidonia che lascia poi il posto ad una estesa prateria di Posidonia oceanica più al largo. Nell'area tra S. Erasmo e Quinto al Mare (L.III.8) il fondale sabbioso ha una maggiore copertura rispetto a quello roccioso con AF. Inoltre il fondale a mosaico si trova a profondità maggiori rispetto alle altre aree.

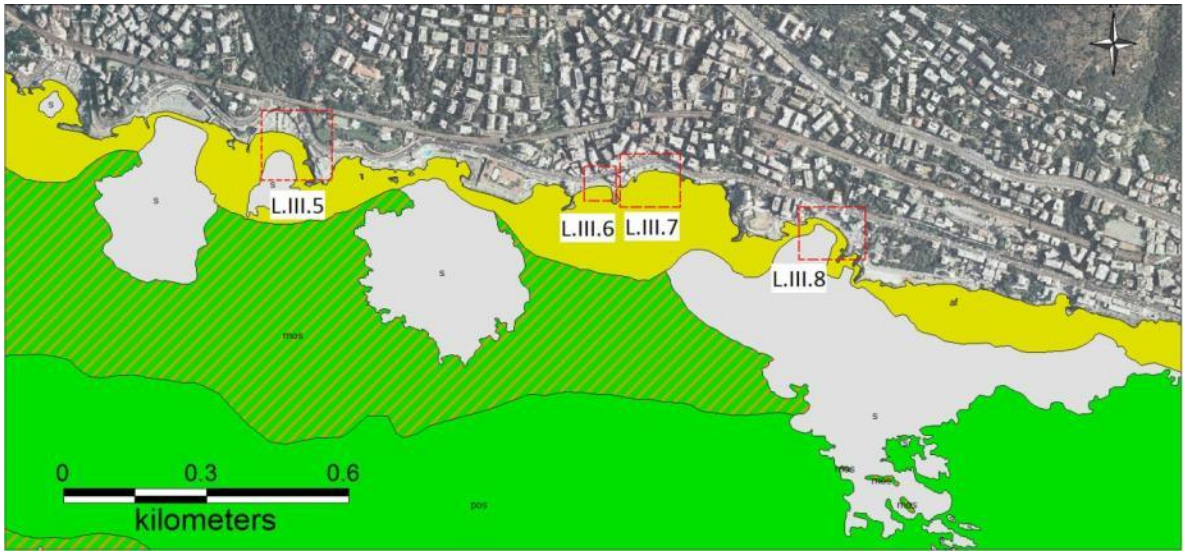




Figura 9-12 - Carta delle biocenosi nel fondale antistante le spiagge di levante

9.1.6 *Analisi meteo-marine*

Con riferimento alle analisi meteo-marine necessarie per il dimensionamento delle opere di ripascimento in progetto si rimanda allo specifico studio svolto nell'ambito della presente fase progettuale (Elab. BIS2-E-H-SPG05-RE01).

Lo studio ha previsto una prima fase volta alla caratterizzazione meteomarina del paraggio in esame, in riferimento alle condizioni di moto ondoso al largo e sottocosta. Per la caratterizzazione del moto ondoso al largo, in assenza di boe, si è fatto riferimento alla ricostruzione di tipo "hindcast" fornita dal Mediterranean

Wind Wave Model (MWM), database sviluppato congiuntamente da DHI e HyMOLab, Laboratorio dell'Università di Trieste. Per la propagazione del moto ondoso dal largo fino alle spiagge in studio è stato predisposto un modello numerico bidimensionale (MIKE 21 SW di DHI).

Nella seconda fase dello studio sono state approfondite le dinamiche di trasporto sedimentario a cui sono soggette le spiagge del Levante genovese, sia mediante l'applicazione del modello numerico monodimensionale LITPROC di DHI, sia mediante il ricorso ad approcci e formulazioni largamente impiegati nell'ingegneria costiera. Questa seconda fase di studio, in particolare, ha permesso di supportare la progettazione degli interventi di ripascimento, fornendo utili indicazioni in merito sia all'orientazione di equilibrio della nuova linea di riva, sia al profilo trasversale da prevedere nell'ambito dell'intervento stesso.

9.2 Interventi di ripascimento previsti nel presente progetto esecutivo

9.2.1 Caratteristiche del materiale da utilizzare per il ripascimento

Il materiale utilizzato per l'intervento di ripascimento proviene integralmente dalle attività di scavo della galleria scolmatrice del t. Bisagno, in conformità a quanto indicato nel Piano di Utilizzo allegato al presente progetto esecutivo.

Le caratteristiche del materiale sono già state illustrate nel paragrafo 4.2 della presente relazione.

9.2.1.1 Determinazione del profilo d'equilibrio

La determinazione teorica del profilo trasversale d'equilibrio di una spiaggia è stata effettuata utilizzando il metodo di Dean. Questa soluzione, comunemente adottata negli studi d'ingegneria idraulica, approssima in modo più o meno corretto il profilo reale, anche in funzione della situazione morfo – sedimentaria contingente. Essa è infatti studiata per litorali oceanici costituiti da sabbie medio – fini e completamente esposti al moto ondoso.

L'algoritmo matematico utilizzato per l'ottenimento del profilo è basato sulla semplice relazione tra la distanza da costa (off-shore) e la profondità del fondale:

$d=Ax^m$ in cui: $m = \frac{2}{3}$

Il parametro A (dimensionalmente legato al fattore *m* per fare assumere a *d* il valore di una distanza) è funzione delle caratteristiche del sedimento (diametro medio) e va ad agire sulla forma del profilo di equilibrio. Il suo modulo risulta compreso tra 0.079 e 0.398, ed è determinato attraverso la formulazione:

$$A = 7.35\ (d_{50})^{0.49}.$$

Adottando un valore, sulla base della caratterizzazione sedimentologica del materiale presente lungo il litorale in esame, **d_{50} = 5 mm**, si ottiene un profilo di equilibrio compatibile con il profilo di sversamento adottato per la definizione della spiaggia di progetto e dei conseguenti volumi di ripascimento, come è possibile riscontrare nella figura sottostante (sez. n° 3 spiaggia Quinto Bagnara e sez. n° 3 spiaggia Lega Navale).

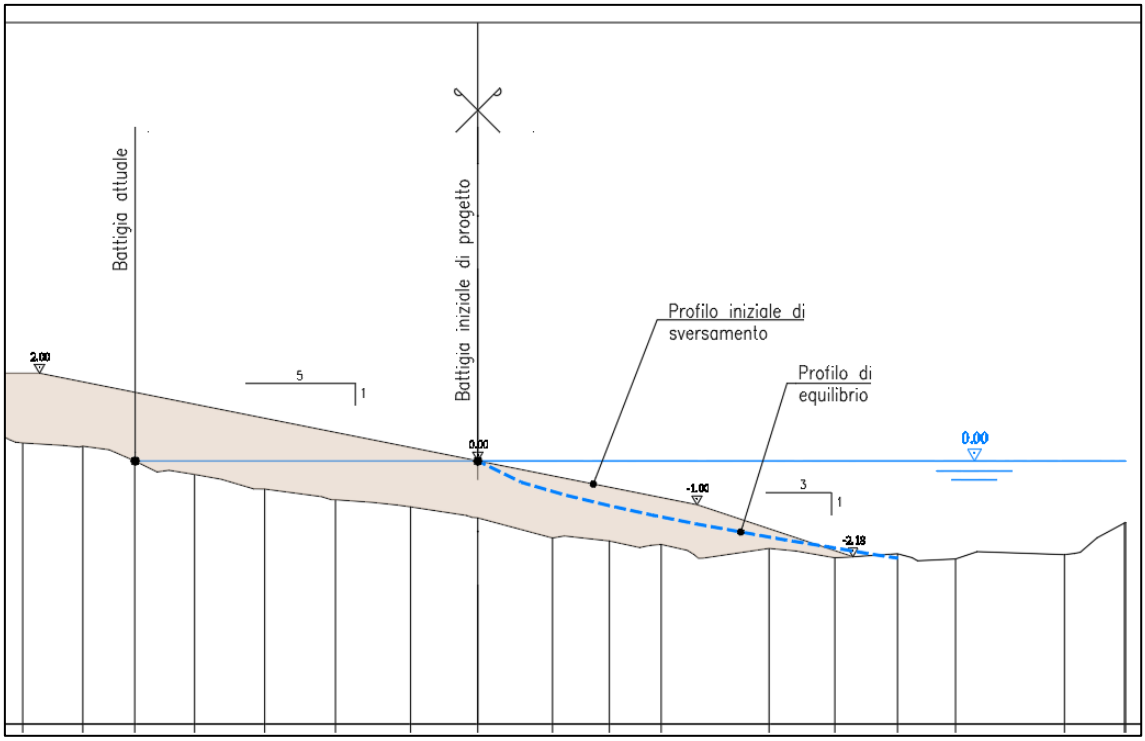


Figura 9-13 – Profilo di equilibrio – d_{50} = 5 mm – sezione n° 3 Spiaggia Quinto Bagnara

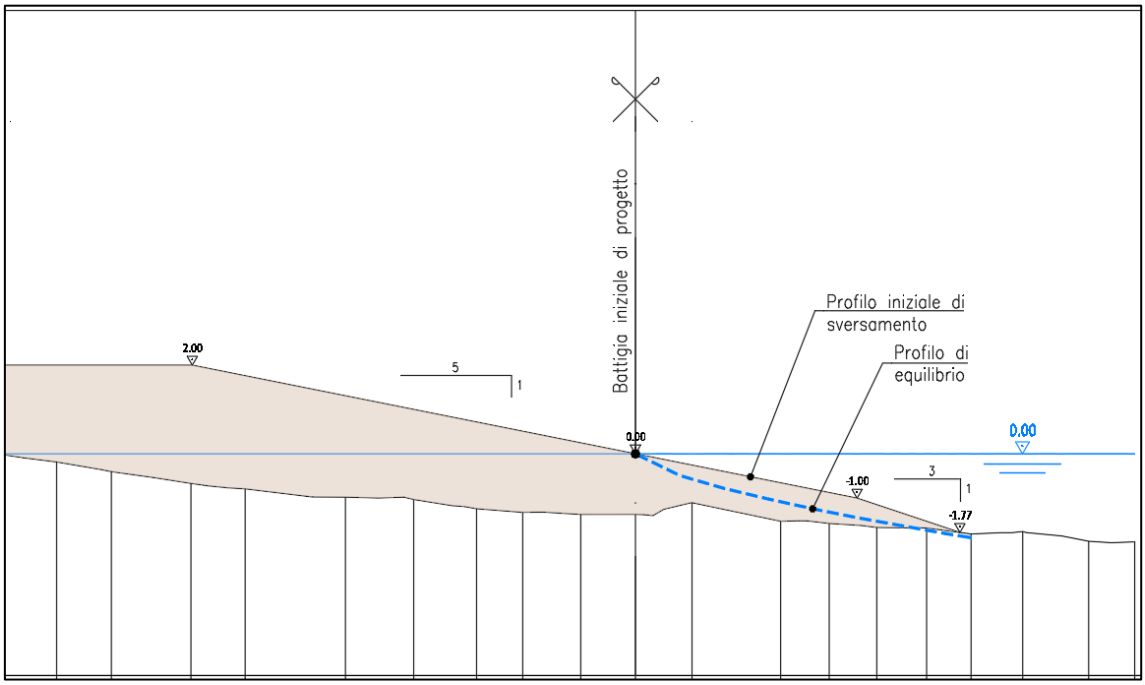


Figura 9-14 – Profilo di equilibrio – d_{50} = 5 mm – sezione n° 3 Spiaggia Lega Navale

9.2.2 *Opere strutturali e ripascimenti strutturali della spiaggia di Quarto Bolivar*

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia variabile da 6 a 12 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate), con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno, in analogia a quanto in corso di esecuzione con il materiale proveniente dalla galleria Fereggiano.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con un impiego di circa 4.950 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le seguenti caratteristiche:

- la quota di sommità della spiaggia sarà pari a + 2,0 m;
- realizzazione di una pendenza del profilo di 1 a 5 in corrispondenza della battigia dalla quota +3,50 m alla quota -1,0 m. Tale pendenza consentirà una buona fruibilità della spiaggia (pendenza sufficientemente dolce) ed al contempo una adeguata protezione delle strutture a tergo, mantenendo avanzata la berma di spiaggia a quota + 2,0 m). La profondità di -1,0 m è inoltre facilmente raggiungibile con mezzi terrestri in fase di realizzazione;
- realizzazione della battigia di costruzione con un avanzamento massimo di 12-15 m al livello medio del mare rispetto alla battigia rilevata nel corso dei rilievi batimetrici eseguiti nell'ottobre 2017;

- pendenza indicativa di 1 a 3 della parte restante del profilo a mare fino ad incontrare il fondale esistente (circa a -2 m di profondità), equivalente alla pendenza che si ottiene naturalmente nella fase di versamento del materiale.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di 98 m e un volume unitario di versamento pari a 50 m³/m.

La nuova spiaggia consente di ottenere una migliore protezione delle strutture esistenti sul litorale (prevalentemente strutture balneari) ed un sostanziale ampliamento della superficie di spiaggia.

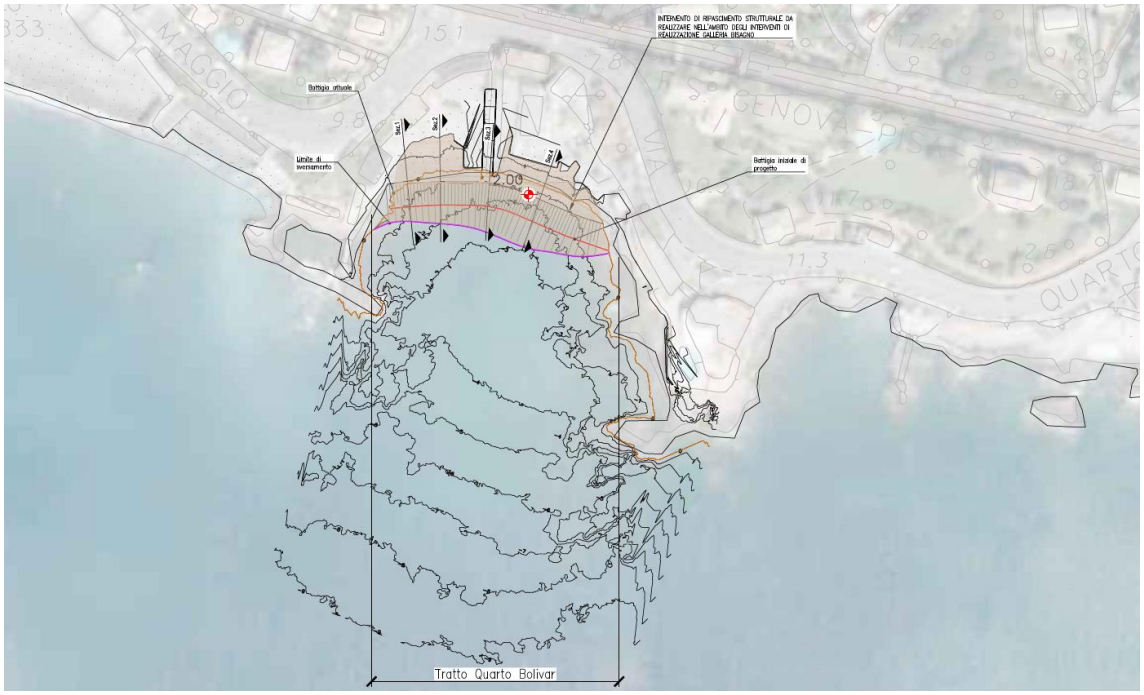


Figura 9-15 – Sviluppo planimetrico del ripascimento strutturale in corrispondenza della spiaggia di Quarto Bolivar

9.2.3 Opere strutturali e ripascimenti strutturali spiaggia della Lega Navale

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia variabile da 10 a 11 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate), con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno, in analogia a quanto in corso di esecuzione con il materiale proveniente dalla galleria Fereggiano.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con un impiego di circa 2.580 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le stesse caratteristiche già illustrate per la spiaggia di Quarto Bolivar:

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di 68 m e un volume unitario di versamento pari a 38 m³/m.

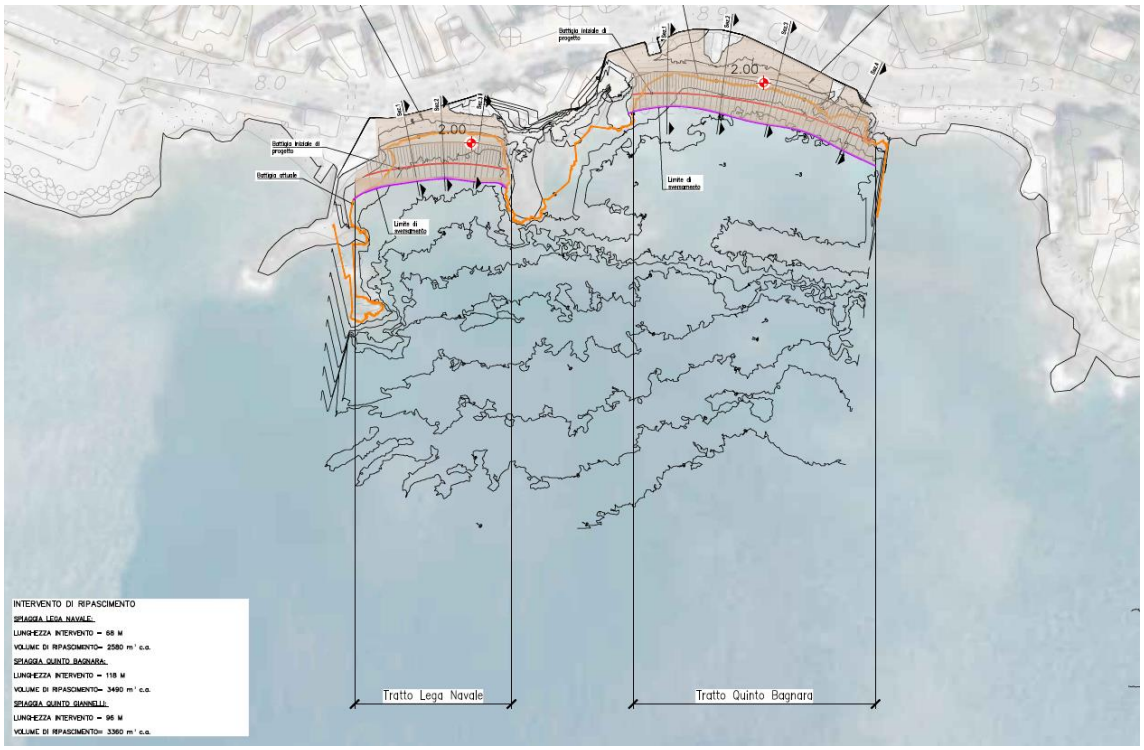


Figura 9-16 – Sviluppo planimetrico del ripascimento strutturale in corrispondenza della spiaggia della Lega Navale

9.2.4 Opere strutturali e ripascimenti strutturali spiaggia di Quinto Bagnara

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia medio pari ad 8 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate), con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno, in analogia a quanto in corso di esecuzione con il materiale proveniente dalla galleria Fereggiano.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con un impiego di circa 3.490 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le stesse caratteristiche già illustrate per la spiaggia di Quarto Bolivar:

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di 118 m e un volume unitario di versamento pari a 30 m³/m.

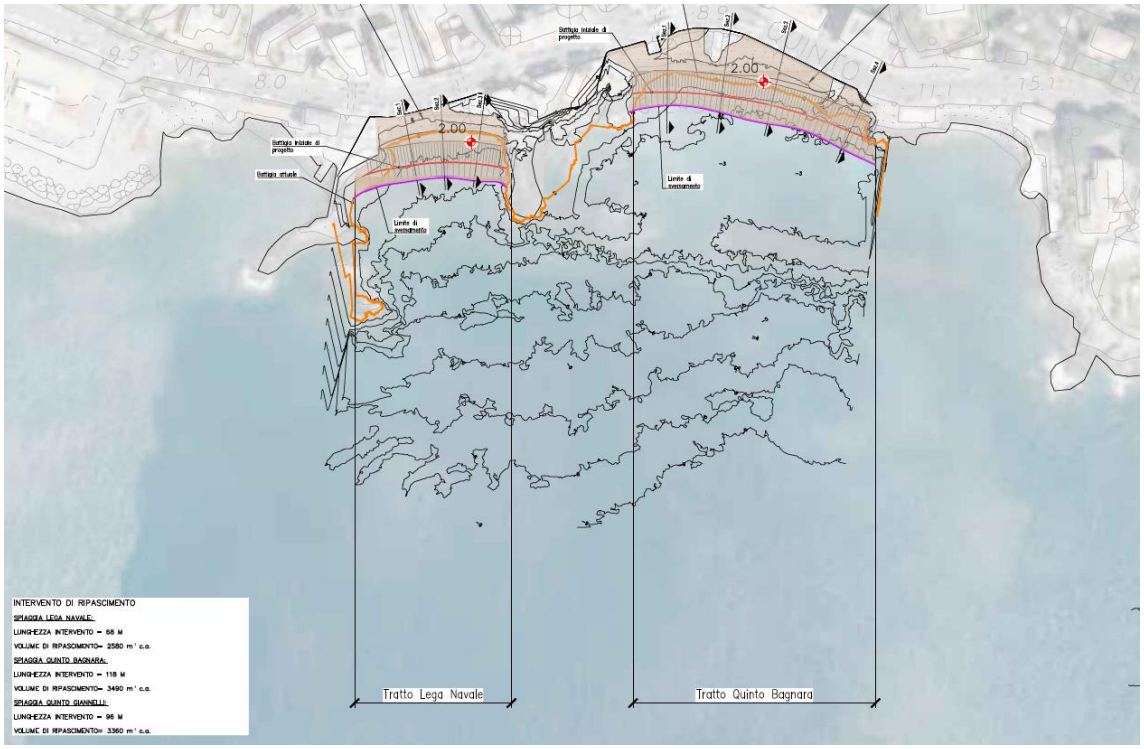


Figura 9-17 – Sviluppo planimetrico del ripascimento strutturale in corrispondenza della spiaggia di Quinto Bagnara

9.2.5 *Opere strutturali e ripascimenti strutturali spiaggia di Quinto Giannelli*

Verrà realizzato un ripascimento con avanzamento medio della linea di battigia medio pari ad 8 m in condizioni di equilibrio della spiaggia a breve-medio termine (dopo le prime mareggiate), con l'impiego di materiale ghiaioso proveniente dallo smarino della galleria Bisagno, in analogia a quanto in corso di esecuzione con il materiale proveniente dalla galleria Fereggiano.

Per ottenere l'avanzamento previsto della battigia occorre realizzare un versamento con un impiego di circa 3.360 m³ di materiale disposti secondo un profilo iniziale di versamento avente le stesse caratteristiche già illustrate per la spiaggia di Quarto Bolivar.

Il versamento è esteso all'intera spiaggia per una lunghezza complessiva di 96 m e un volume unitario di versamento pari a 35 m³/m.

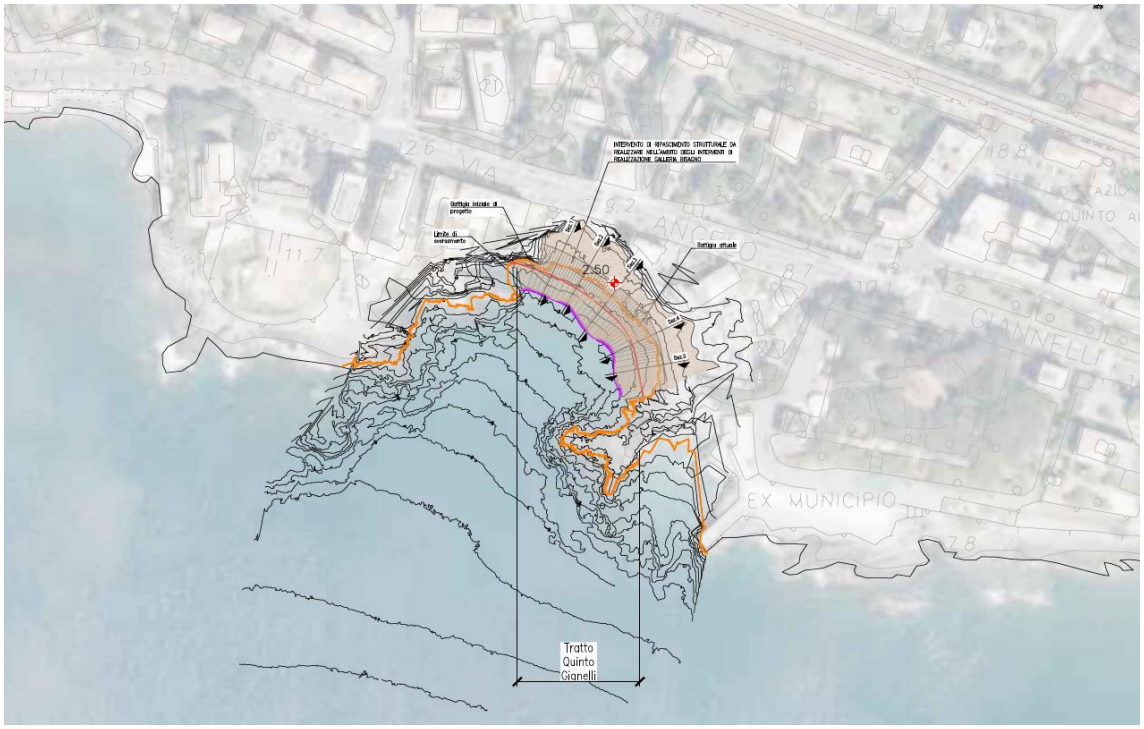


Figura 9-18 – Sviluppo planimetrico del ripascimento strutturale in corrispondenza della spiaggia di Quinto Giannelli

9.2.6 Ripascimenti stagionali

Si prevede la realizzazione dei seguenti ripascimenti stagionali:

- Spiaggia di **Quarto/Stacchetti** – Lunghezza pari a 50 m circa – Volume ripascimento pari a 500 m³ ca;
- Spiaggia di **Quinto Rusca** – Lunghezza pari a 30 m circa – Volume ripascimento pari a 300 m³ ca
- Spiaggia di **Capolungo** – Lunghezza pari a 25 m circa – Volume ripascimento pari a 250 m³ ca

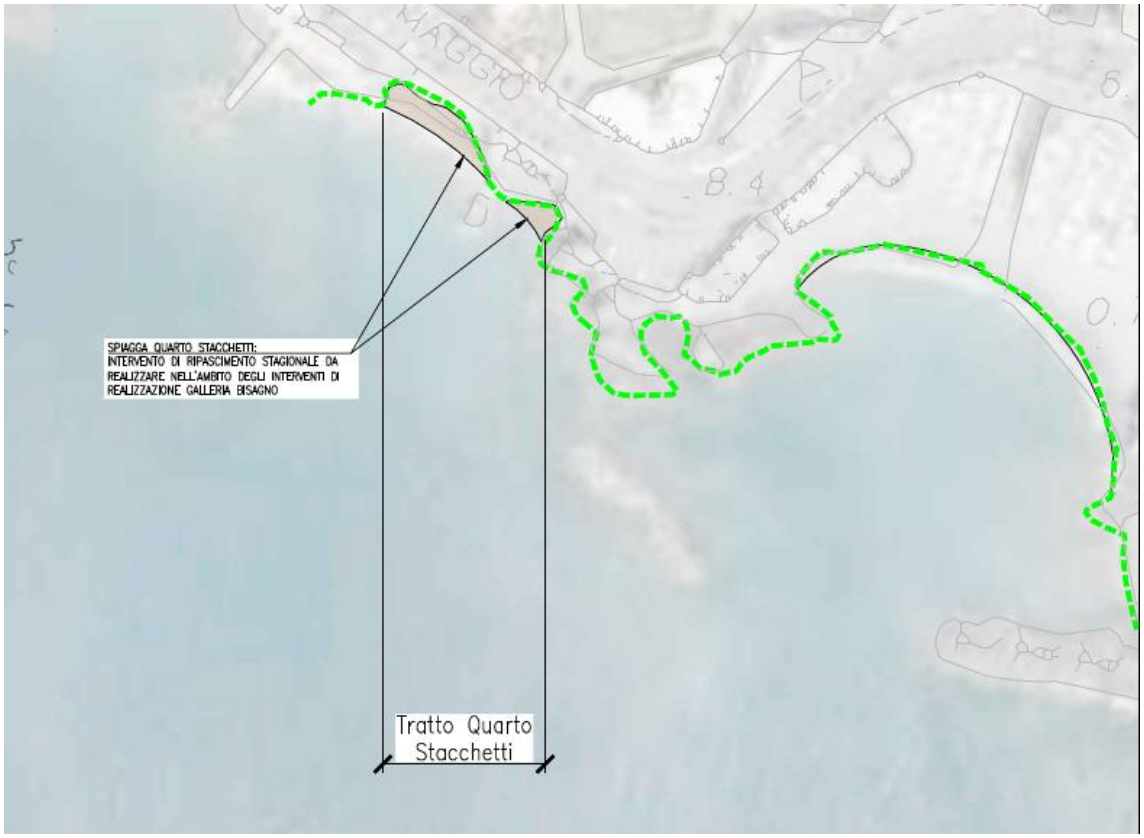


Figura 9-19 – Sviluppo planimetrico dei ripascimenti stagionali in corrispondenza delle spiagge di Quarto/Stacchetti

9.2.7 Modalità e tempi di realizzazione

In ragione della localizzazione delle aree, e della difficoltà operativa di raggiungere i siti di ripascimento attraverso trasporto su gomma, si prevede di eseguire via mare, caricando le bettoline dal sito di stoccaggio temporaneo previsto in corrispondenza della spiaggia di Voltri.

Le operazioni di perforazione della galleria, che avverranno con sistemi meccanizzati, permetteranno una produzione "importante" (fino a 2.000 m³ al giorno); in ragione della esecuzione degli interventi di ripascimento via mare, è possibile che in alcuni periodi gli interventi possano essere sospesi per le condizioni marine, anche perché i ripascimenti non potranno avvenire in corrispondenza del periodo estivo/balneare, risultando a maggior ragione necessaria l'area di deposito temporanea in corrispondenza della spiaggia di Voltri.

La cantierizzazione, da sviluppare in sinergia con i tecnici del Comune di Genova, prevederà la realizzazione di piste di cantiere, che verranno rimosse al termine dei lavori.

9.2.8 Effetto dell'opera sulle biocenosi sensibili

Lo sversamento sulle spiagge di materiale sedimentario finalizzato ad un ripascimento può costituire un serio problema ecologico per gli ecosistemi bentonici costieri poiché l'eventuale impiego di materiale inadatto, come materiale terrigeno di comune utilizzo ricco di argilla e limo, può modificare la granulometria del sedimento mobile già presente con un diretto interessamento dei popolamenti del substrato incoerente che dipendono fortemente dalla stessa granulometria. Inoltre l'impiego di materiale inadatto ha effetti fortemente negativi su un habitat prioritario come la Posidonia oceanica.

Gli effetti sull'ambiente marino prodotti dalle attività di ripascimento degli arenili sono quindi legati a tre aspetti: (1) le caratteristiche del sedimento impiegato, da valutare in rapporto sia alle caratteristiche del sedimento originario (quali granulometria e mineralogia), (2) le modalità tecnico-progettuali proprie dell'intervento (quali la quantità di materiale sversato, la tempistica e la stagione di intervento, (3) le tecnologie impiegate per il trasporto e per il refluimento del sedimento (Speybroeck et al., 2006; OSPAR, 2009).

Gli effetti notoriamente più rilevanti sono quelli che ricadono in maniera diretta sui popolamenti bentonici e, indirettamente, sulla fauna ittica demersale. Su altre componenti biotiche come ad esempio il plancton gli effetti di un ripascimento sono considerati trascurabili. Molti studi evidenziano come il refluimento della sabbia comporti le seguenti alterazioni (ARPAL, 2007, Nicoletti et al., 2006; Peterson et al., 2006; Speybroeck et al., 2006; Defeo et al., 2009; OSPAR, 2009):

- Seppellimento e seppellimento a seguito di un avanzamento del profilo di spiaggia;
- Aumento della torbidità dell'acqua;
- Infangamento e alterazione dei fondi su cui sono insediati i popolamenti;
- Alterazione delle dinamiche di popolazione (con effetti importanti sulle aree di nursery e di riproduzione) e diminuzione delle risorse trofiche.

Prendendo in considerazione i fondali sabbiosi, subito dopo il refluimento del sedimento che comporta il possibile defaunamento (totale o parziale) dell'area direttamente interessata, ha inizio il recupero dei popolamenti coinvolti, attraverso specifici meccanismi di reclutamento quali la migrazione di adulti e giovanili dalle aree adiacenti, la migrazione verticale e l'immissione sulla spiaggia di organismi trasportati con il sedimento (van Dolah et al., 1984). In particolare, la migrazione verticale è risultata essere, per le specie di ambiente intertidale e/o subtidale, il meccanismo più efficace per sopravvivere al ripascimento (Maurer et al., 1986; BNP, 1995; Green, 2002). La questione fondamentale nella valutazione degli effetti indotti dal ripascimento non è pertanto la perdita temporanea degli organismi presenti sulla spiaggia, peraltro attesa, quanto la velocità di recupero di queste comunità dopo il ripascimento. Laddove le attività di ripascimento hanno comportato modifiche rilevanti dal punto di vista della granulometria del substrato, sono state

osservate importanti variazioni anche nella composizione degli organismi bentonici, con conseguente alterazione dell'ecologia della spiaggia (Rakocinski et al., 1996). Studi specifici condotti lungo le coste del Lazio per valutare gli effetti del ripascimento sui popolamenti a Donax trunculus (mollusco bivalve di interesse commerciale) (La Valle et al., 2007; La Valle e Nicoletti, 2008; La Valle et al., 2011) hanno rilevato che la specie, pur scomparendo subito dopo il ripascimento (per seppellimento), ricompare a circa 4 mesi di distanza dal termine delle attività. Gli Autori ipotizzano che pianificando le operazioni di ripascimento in periodi specifici prima del periodo di reclutamento dei giovanili, gli effetti sulla specie possono essere minimizzati, evitando così anche importanti ricadute economiche sull'economia locale.

Diversi studi sono stati condotti per valutare gli effetti del ripascimento sulle fanerogame marine, in particolare sulla Posidonia oceanica (Ruiz et al., 1993; Ruiz e Romero, 2003, Nicoletti et al. 2005). Gli effetti attesi a breve termine sulle praterie di P. oceanica sono essenzialmente quelli legati all'aumento della torbidità dell'acqua. È noto che la diminuzione di luminosità generata dall'aumento di sedimenti fini in sospensione determina un calo nella produzione fogliare della prateria, cui potrebbe seguire, con il persistere dell'alterazione, la riduzione della densità e la regressione del suo limite inferiore (Guidetti e Fabiano, 2000, ARPAL 2007). Un altro effetto che può essere indotto dal ripascimento sulle praterie di P. oceanica è quello legato ai fenomeni di ipersedimentazione, a causa della maggior mobilità del sedimento appena deposto. In particolare, Manzanera et al. (1998) hanno rilevato come la risposta di P. oceanica sia fortemente dipendente dall'intensità e dalla durata del fenomeno: anche modesti seppellimenti (5 cm) possono infatti causare una significativa mortalità fogliare.

Relativamente ai popolamenti ittici, i possibili effetti generati dalle attività di ripascimento possono comportare la diminuzione delle abbondanze durante le operazioni di refluimento della sabbia, seppellimento di specie demersali, danni agli apparati branchiali dei pesci (per l'aumento del sedimento nella colonna d'acqua) e ridotta disponibilità di cibo (Green, 2002; Wilber et al.; 2003).

9.2.9 Monitoraggio

Per il monitoraggio ambientale dovranno essere considerati i seguenti parametri:

- parametri chimico fisici della colonna d'acqua (temperatura, ossigeno disciolto, torbidità, salinità, clorofilla)
- caratterizzazione delle biocenosi costiere di fondo mobile e calcolo indici OSI e AMBI

Per la sola area di levante, caratterizzata dal SIC IT1332576 (Fondali Boccadasse-Nervi) si andranno a monitorare i seguenti elementi come suggerito dalla Delibera di Giunta Regionale n.773 del 16/7/2003):

- determinazione della densità assoluta
- determinazione del ricoprimento
- calcolo della densità relativa
- definizione dello stato di conservazione di ogni porzione di prateria considerata

9.2.9.1 Modalità di esecuzione del monitoraggio

I parametri chimico fisici della colonna d'acqua verranno ottenuti attraverso l'impiego di una sonda multiparametrica sui punti corrispondenti alle zone di ripascimento;

I sedimenti necessari per i parametri delle biocenosi di fondo mobile e degli indie OSI e AMBI verranno campionati con benna Van-Veen;

I parametri delle porzioni di prateria di Posidonia oceanica verranno rilevati in immersione da due operatori scientifici subacquei (OSS), con la presenza di un assistente di superficie a bordo di un mezzo da lavoro autorizzato, lungo transetti di 100 m perpendicolari alla costa (ricoprimento, densità relativa ed assoluta e definizione dello stato di conservazione). Inoltre per meglio conoscere il ricoprimento del posidonieto si prevede di condurre un video monitoraggio che permetta di effettuare una valutazione complessiva dell'estensione della prateria e dei fondali del precoralligeno. Tale monitoraggio viene condotto attraverso il Sistema Tritone che prevede l'accoppiamento dell'informazione video del fondale (ripresa attraverso una telecamera HD filoguidata al traino) con le informazioni dei posizione e di profondità. Le informazioni sono poi caricate su portale WebGIS per la visualizzazione dei tracciati video.

9.2.9.2 Localizzazione e tempistica dei rilievi

Un primo monitoraggio dell'ambiente marino verrà condotto immediatamente al termine degli interventi, un secondo monitoraggio verrà condotto dopo 12 mesi dal termine dei lavori e successivi monitoraggi verranno condotti a distanza di 3 anni. Il monitoraggio viene condotto in autunno.