Presidenza del Consiglio dei Ministri
COMMISSARIO DI GOVERNO PER IL CONTRASTO
DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO
NELLA REGIONE LIGURIA
(ex art. 10 d.l. 91/2014 e art. 36-ter d.l. 77/2021)\

Comune di Santa Margherita Ligure
(Città metropolitana di Genova)

# LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL CANALE SCOLMATORE DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)

COD. RENDIS 07IR011/G3

CIG: 927076092A – CUP: G55B15000010001


PROGETTISTI:

A.T.I.

TECHNITAL S.p.A.
(Capogruppo mandataria)
Il progettista: Ing. Alberto Marchi

Dott. Geol. Gian Paolo Chella
(Mandante)

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO:

Arch. Annalisa Ruopolo

DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO:

Ing. Andrea Monteverde

RESPONSABILE DELL' INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Ing. Alberto Marchi


# PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO ELABORATO:

## PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

| SOCIETÀ: | CODICE ELABORATO: | |
|---|---|---|
| TECHNITAL S.p.A. | II180P-E-00-AMB-RT-01-0 | |

| Revisione | Data | Descrizione | Redatto | Verificato | Approvato |
|---|---|---|---|---|---|
| REV 0 | 02/2025 | PRIMA EMISSIONE | I. Maci | A. Bettinetti | A. Marchi |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |


I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETÀ ESCLUSIVA DEL COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL CANALE SCOLMATORE
DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO
IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)

# PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Febbraio 2025

INDICE


1. PREMESSA 5

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE 7

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE 8

3.1. OPERE D'ARTE E PARTICOLARI COSTRUTTIVI 8
3.1.1. OPERA DI PRESA DEL TORRENTE SAN SIRO 8
3.1.2. OPERA DI PRESA DEL TORRENTE MAGISTRATO 9
3.1.3. OPERA DI SBOCCO A MARE 10
3.2. GALLERIA NATURALE 11
3.3. SISTEMAZIONI DEI VERSANTI E OPERE ACCESSORIE 15
3.3.4. INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEL VERSANTE DEL TORRENTE S. SIRO 15
3.3.5. STRADA SAN SIRO 18
3.3.6. INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEL VERSANTE DELLO SBOCCO A MARE 18
3.4. AREE DI CANTIERE 19

4. CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI 21

5. ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO E CONTROLLO 23

5.1. OBIETTIVI GENERALI 23
5.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 23
5.2.7. NORMATIVA NAZIONALE E COMUNITARIA 23
5.2.8. NORMATIVA REGIONALE 24
5.2.9. NORME TECNICHE 27
5.3. IDENTIFICAZIONE DELLE COMPONENTI AMBIENTALI 27
5.4. ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEL MONITORAGGIO 28
5.5. UBICAZIONE DEI PUNTI DI MISURA 29
5.6. RESTITUZIONE DEI DATI 29
5.7. DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE 29

6. ATMOSFERA 31

6.1. ATTIVITÀ DA SVOLGERE 31
6.2. UBICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO 31
6.3. PARAMETRI DA MONITORARE 32
6.4. MODALITÀ ESECUTIVE E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA PER IL MONITORAGGIO 33
6.5. FREQUENZA E DURATA DEL MONITORAGGIO 33

7. RUMORE 34

**7.1. ATTIVITÀ DA SVOLGERE 34**
**7.2. UBICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO 34**
**7.3. PARAMETRI DA MONITORARE 35**
**7.4. MODALITÀ ESECUTIVE E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA PER IL MONITORAGGIO 35**
**7.5. FREQUENZA E DURATA DEL MONITORAGGIO 36**

**8. VIBRAZIONI 38**

**8.1. ATTIVITÀ DA SVOLGERE 38**
**8.2. UBICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO 39**
**8.3. PARAMETRI DA MONITORARE 40**
**8.4. MODALITÀ ESECUTIVE E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA PER IL MONITORAGGIO 41**
**8.5. FREQUENZA E DURATA DEL MONITORAGGIO 41**

**9. AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO 43**

**9.1. ATTIVITÀ DA SVOLGERE 43**
**9.2. UBICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO 43**
**9.3. PARAMETRI DA MONITORARE 45**
**9.4. MODALITÀ ESECUTIVE E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA 46**
**9.5. FREQUENZA E DURATA DEL MONITORAGGIO 47**

**10. AMBIENTE MARINO COSTIERO 49**

**10.1. ATTIVITÀ DA SVOLGERE 49**
**10.2. UBICAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO 49**
**10.3. PARAMETRI DA MONITORARE 51**
**10.4. MODALITÀ ESECUTIVE E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA PER IL MONITORAGGIO 52**
**10.5. FREQUENZA E DURATA DEL MONITORAGGIO 54**

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2-1 – Schema dello scolmatore e interferenza con i corsi d'acqua e relativi bacini _____7
Figura 3-1 – Sezione tipo A0 _____12
Figura 3-2 – Sezione tipo B0 _____12
Figura 3-3 – Sezione tipo B0V _____13
Figura 3-4 – Sezione tipo B2V _____13
Figura 3-5 - Sezione tipo P0 (piazzole temporanee) - Prerivestimento _____14
Figura 3-6 – Sezione tipo P0 (piazzole temporanee) – Rivestimento definitivo _____14
Figura 3.7 – Sezione tipologica dell'intervento di stabilizzazione del versante e modifica della viabilità 17
Figura 3.8 – Palizzata in legno _____18
Figura 3.9 – Zone del versante maggiormente acclivi _____19
Figura 3.10 – Dettagli dell'intervento sul versante dello sbocco a mare _____19
Figura 6-1 – Ubicazione dei ricettori considerati. _____32
Figura 7-1 – Ubicazione dei ricettori maggiormente esposti alle attività rumorose_____34
Figura 8-1 – Ubicazione dei ricettori maggiormente esposti alle vibrazioni _____39
Figura 9-1 Ubicazione dei piezometri sul quale avverrà la misura del livello piezometrico e il prelievo del campione di acqua di falda _____44
Figura 10-1 Punti di monitoraggio per la componente acque marine _____50
Figura 10-2 Ubicazione dei transetti di caratterizzazione e indicazione dei punti di indagine per il biota. 51

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3-1 – Tipologie di lavorazioni previste _____20
Tabella 5-1 Componenti ambientali monitorate e relativo acronimo. _____29
Tabella 6-1 - Tabella con coordinate georeferenziate (UTM32N)_____32
Tabella 6-2 - Attività di monitoraggio per la componente atmosfera _____33
Tabella 7-1 - coordinate geografiche dei punti oggetto di monitoraggio (in UTM32N) _____35
Tabella 7-2 - Attività di monitoraggio per la componente rumore_____37
Tabella 8-1 - coordinate geografiche dei punti (in UTM32N) _____40
Tabella 9-1 - Attività di monitoraggio per la componente acque di falda _____48
Tabella 10-1 Programma di monitoraggio – componente Ambiente marino costiero _____55

## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione di Proposta del Piano Integrato di Monitoraggio Ambientale relativo al progetto di "Realizzazione del canale scolmatore dei torrenti San Siro e Magistrato in Comune di Santa Margherita Ligure (GE)".

L'abitato di Santa Margherita Ligure è soggetto a un'estesa zona a pericolosità idraulica molto elevata dovuta all'insufficienza delle sezioni idrauliche dei torrenti San Siro e Magistrato che attraversano il centro abitato e che sono in gran parte tombinati, con pregiudizio per la sicurezza delle popolazioni e delle aree urbanizzate.

Lo stato attuale dei luoghi risulta alterato dalla profonda trasformazione urbanistica che ha interessato nel tempo il territorio del comune di cui trattasi, con la realizzazione di estese e diffuse tombinature di corsi d'acqua che non presentano le caratteristiche costruttive e dimensionali volte allo smaltimento delle portate meteoriche con tempi di ritorno conformi alla vigente normativa (portata duecentennale).

Le opere previste a progetto consentono la mitigazione del rischio idraulico, con eliminazione della fascia A nel centro abitato di Santa Margherita Ligure.

La presente Proposta di Piano di Monitoraggio è stata predisposta, contestualmente al Progetto Esecutivo, come prescritto dal Decreto del Dirigente n° 769 (13/08/2018) che ha dichiarato la compatibilità ambientale del progetto e ha definito alcune prescrizioni per le attività di monitoraggio.

Il Piano, come indicato nel Decreto VIA con codice AM-775 (anno 2018), deve essere concordato con l'ARPA Liguria. A tal scopo il presente PMA sarà oggetto di revisione a seguito degli incontri tecnici svolti con ARPAL, recependo le indicazioni pervenute per le diverse matrici ambientali.

Scopo fondamentale del Piano è quello di operare un'azione di controllo sul territorio al fine di valutare gli effetti della costruzione della galleria fino alla sua entrata in esercizio, nonché l'efficacia delle opere di mitigazione.

In dettaglio, il Piano Integrato di Monitoraggio Ambientale si prefigge i seguenti obiettivi:

- analizzare le condizioni ante operam al fine di comprendere le dinamiche ambientali esistenti;
- garantire il controllo di situazioni specifiche, affinché sia possibile adeguare la conduzione dei lavori a particolari esigenze ambientali e sociali;
- verificare le interferenze ambientali che si possono manifestare per effetto della realizzazione dell'opera, distinguendole dalle alterazioni indotte da altri fattori naturali o legati alle attività antropiche del territorio estranee ai lavori in oggetto;
- segnalare il manifestarsi di eventuali emergenze in modo da evitare lo sviluppo di eventi gravemente compromettenti per la qualità ambientale della zona;
- verificare l'efficacia dei provvedimenti adottati per la mitigazione degli eventuali impatti indotti dai lavori;
- controllare la fase di entrata in esercizio delle opere.

Prerogativa fondamentale del Piano di Monitoraggio è inoltre quella di configurarsi come strumento

flessibile in grado di adattarsi, durante la fase di corso d'opera, ad una eventuale riprogrammazione delle attività di monitoraggio (frequenze di campionamento, parametri da misurare, siti da monitorare, ecc.), a seconda delle specifiche esigenze e necessità che si potranno determinare nel corso dell'avanzamento dei lavori.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area interessata dal presente studio ricade nel Comune di Santa Margherita Ligure ed è delimitata a Nord dal crinale dove sorge San Lorenzo della Costa, e ad Ovest dal crinale spartiacque che da località Ramezzana (345 metri slm) passando per Portofino Kulm (422 metri slm), si inerpica fino al Monte di Portofino (608 metri slm) per raggiungere il mare presso punta Pedale passando per Monte delle Bocche (505 metri slm) , Monte Croci di Nozarego (392 metri slm), Monte Brano (306 metri slm), località Costa e Madonna della Neve (125 metri slm).

I principali impluvi che interferiscono con la galleria a progetto hanno generalmente direzione ortogonale al tracciato dello scolmatore e sono i seguenti: torrente San Siro (con un bacino idrografico di circa 4,6 km$^2$), torrente Magistrato e Fosso Santa Barbara (per complessivi 2 km$^2$ circa), ognuno dotato di un proprio sbocco a mare.

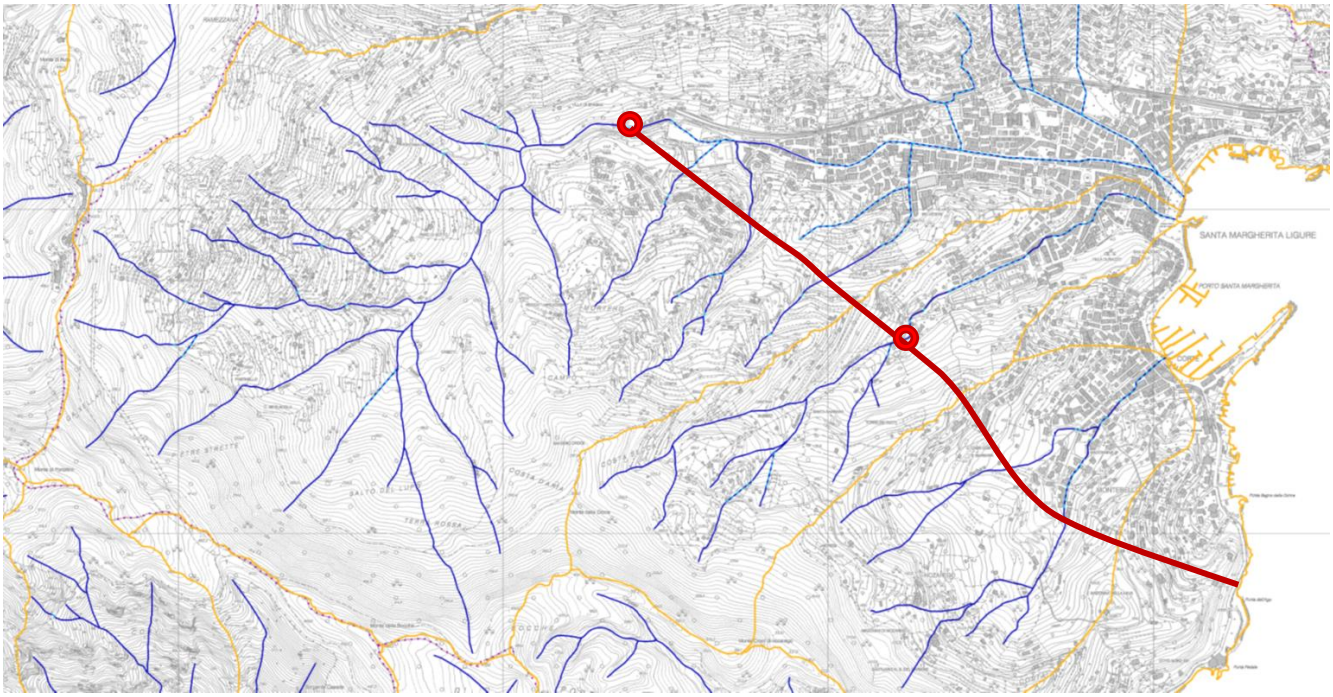



**Figura 2-1 – Schema dello scolmatore e interferenza con i corsi d'acqua e relativi bacini**

La condotta idraulica avrà un'orientazione grossomodo Nordovest-Sudest ed intercetterà i contributi del Torrente San Siro disposto con andamento Est-Ovest poco più a monte del campo sportivo comunale Broccardi, i contributi del torrente Magistrato disposto con andamento Sudovest-Nordest a monte del Cimitero comunale, mentre attraverserà il bacino di Nozarego senza captare i contributi del Fosso Santa Barbara e del Fosso sopra Via Madonnina. La galleria pertanto intercetterà i contributi provenienti dalla parte alta del bacino del torrente San Siro ad eccezione di alcuni suoi affluenti minori in sponda orografica destra (Fosso di Mortero, Fosso di Cassanello e Fosso di Costa Mezzana), nonché i contributi provenienti dalla porzione posta a quota più elevata del bacino del torrente Magistrato.

# 3. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Nel presente capitolo si riporta la descrizione delle opere e degli interventi previsti nel progetto. Gli elementi principali sono costituiti da:

- un'opera di presa sul rio San Siro;
- un'opera di presa e immissione intermedia in galleria sul rio Magistrato;
- un'opera di sbocco a mare;
- una galleria naturale di lunghezza pari a 2,5 km.

Completano le opere:

- la sistemazione del versante in corrispondenza dell'opera di presa San Siro (che insiste nelle prossimità di un DGPV) e la modifica locale della viabilità secondaria;
- la sistemazione del versante in corrispondenza dello sbocco a mare.

## 3.1. Opere d'arte e particolari costruttivi

### 3.1.1. Opera di Presa del Torrente San Siro

L'opera di presa sul torrente S. Siro è costituita dai seguenti elementi:

- sbarramento di regolazione sul torrente San Siro per il controllo della portata verso valle e il sostegno della quota del pelo libero in corrispondenza dello sfioratore laterale;
- sfioratore laterale in destra, e vasca di gronda per convogliare l'acqua alla galleria idraulica;
- briglia selettiva per la trattenuta dei corpi galleggianti;
- zona di deposito del materiale litoide;
- opere di completamento quali muri di sostegno, scarico di emergenza, rampe di accesso all'alveo per l'espletamento delle attività di manutenzione.

Il dimensionamento della bocca tarata (larghezza-altezza), e dello sfioratore laterale (altezza del coronamento, lunghezza) è stato eseguito con un duplice obbiettivo: in primo luogo al fine di ottenere i valori delle portate di progetto a valle delle opere e in secondo luogo con l'intento di limitare la frequenza di entrata in funzione della galleria ai soli eventi effettivamente necessari. Se dal punto di vista teorico questi due obiettivi possono trovare una soluzione ottimale, dal punto di vista pratico il vincolo imposto dallo stato dei luoghi (e in particolare dalla disponibilità di spazi), nonché dai costi delle opere in progetto è tale da dover ricercare una soluzione che sia il miglior compromesso tra le due diverse problematiche. Sulla base dei risultati di questo processo di ricerca della condizione ottimale è stata scelta la soluzione che prevede una luce libera, posta sul fondo del manufatto limitatore, di 1,2 m di larghezza e 1,0 m di altezza, e uno sfioratore laterale di lunghezza pari a 20,5 m e altezza del coronamento pari a 1,35 m rispetto al fondo alveo.

A valle dello sfioratore è posto uno scivolo di raccordo con la sezione della galleria.

La quota all'imbocco della galleria, pari a 25,50 m s.m.m. è stata individuata in modo da assicurare la disconnessione idraulica tra la soglia di sfioro sul San Siro e la galleria stessa.

Anche se sono state previste a monte dello sfioratore delle opere per l'intercettazione del materiale galleggiante (briglia di ritenuta) e del trasporto solido (zona di deposito) non è possibile escludere

che possa verificarsi una situazione imprevista per la quale la galleria scolmatrice possa essere parzialmente ostruita e non sia in grado di far defluire tutta la portata in arrivo. Per far fronte a tale circostanza è stato inserito, uno sfioro di emergenza posto a quota 32,70 m s.m.m. Attraverso lo sfioro di emergenza possono essere smaltiti circa 45 m³/s con pelo libero a quota 34,00 m s.m.m. (sommità dei muri di sponda).

La necessità di evitare che materiale flottante, movimentabile durante gli eventi di piena, possa intasare l'imbocco della galleria scolmatrice impone la realizzazione, a monte dello sfioratore laterale, di una briglia selettiva appositamente studiata per l'intercettazione e la trattenuta del materiale galleggiante (briglia a paramento inclinato). Il materiale galleggiante che giunge a ridosso della briglia per effetto combinato del galleggiamento e dell'inclinazione del paramento tende a portarsi in alto, lasciando così la parte bassa delle larghe aperture sgombra e quindi efficiente per lo smaltimento sul fondo del materiale lapideo trasportato dalla corrente. Il fondo della briglia è rivestito da massi annegati nel getto per assicurarne la durabilità. Al fine poi di evitare il verificarsi di intensi fenomeni erosivi o di rapido deperimento del rivestimento in calcestruzzo in corrispondenza del salto dell'acqua, si è protetto il fondo alveo per una lunghezza di oltre 5 m con un rivestimento a massi di adeguata pezzatura e peso. Il funzionamento idraulico della briglia è stato verificato per l'ipotesi di portata di piena duecentennale sia nel caso di deflusso libero che nell'ipotesi di completo interrimento del paramento di monte fino alla quota massima di gàveta fissata dalla più elevata delle barre orizzontali.

La ricostruzione dei profili idraulici è riportata in dettaglio nella Relazione OI-R01 a cui si rimanda.

Per far fronte a problemi di deposito di materiale solido in occasione dei maggiori eventi di piena è stata prevista una zona di deposito del materiale solido tra la briglia per la trattenuta del materiale flottante e la briglia selettiva reticolare paratronchi (esistente) posta a monte dell'opera di derivazione.

Per favorire il deposito del materiale trasportato è stata creato un allargamento dell'alveo (fino ad una larghezza al fondo pari a circa 20 m) così da creare una zona di rallentamento della corrente (favorito anche dal rigurgito provocato dalla briglia presente a valle) e quindi il deposito del materiale trasportato dalla corrente.

Parte del materiale depositato durante la piena può venire movimentato successivamente nei periodi di morbida e defluire in maniera naturale verso valle. Per la rimozione del materiale a pezzatura maggiore si dovrà invece procedere a periodiche operazioni di manutenzione: il materiale asportato potrà essere utilizzato per il ripascimento delle spiagge poste in prossimità alla foce del San Siro.

### 3.1.2. Opera di Presa del Torrente Magistrato

L'opera di presa del Torrente Magistrato è costituita dai seguenti elementi:

- sbarramento di regolazione sul torrente Magistrato per il controllo della portata verso valle e il sostegno della quota del pelo libero in corrispondenza dello sfioratore laterale;
- sfioratore laterale in destra e vasca di gronda per convogliare l'acqua al pozzo di raccordo con la galleria idraulica;
- briglia selettiva per la trattenuta dei corpi galleggianti;
- zona di deposito del materiale litoide;
- opere di completamento quali muri di sostegno, rampe di accesso all'alveo per l'espletamento delle attività di manutenzione.

In maniera analoga a quanto osservato per l'opera di presa sul torrente S. Siro il dimensionamento della bocca tarata (larghezza-altezza), e dello sfioratore laterale (altezza del coronamento, lunghezza) deve tener conto oltre che dei valori delle portate che si vuole far transitare a valle delle opere, anche dell'obiettivo di limitare la frequenza di entrata in funzione dell'opera ai soli eventi critici, e di rispettare i vincoli imposti dallo stato dei luoghi (e in particolare dalla disponibilità di spazi), nonché dai costi delle opere in progetto. Sulla base delle differenti ipotesi analizzate nella ricerca della condizione di progetto che tenesse conto delle differenti variabili sopra menzionate, è stata scelta la soluzione che prevede una luce libera, posta sul fondo del manufatto limitatore, di 1,00 m di larghezza e 0,50 m di altezza, e uno sfioratore laterale di lunghezza pari a 9,50 m e altezza del coronamento pari a 1,40 m sul fondo alveo.

Attraverso uno scivolo di raccordo le acque scolmate dallo sfioratore laterale sono convogliate verso una vasca dove è posto l'imbocco a calice del tubo d'acciaio verticale di diametro 2,00 m. Tale tubo, in acciaio a saldatura elicoidale, scende in un pozzo posto a lato della galleria fino alla quota di fondo della stessa e prosegue poi con andamento orizzontale fino a collegarsi con la galleria idraulica. Il sistema è stato progettato per minimizzare i fenomeni di rigurgito che potrebbero venire a crearsi in galleria a monte dell'immissione delle acque sfiorate dal Magistrato: la portata si immette in pressione in galleria con un angolo di 40° rispetto all'asse della stessa così da conservare buona parte della quantità di moto. Sul fondo della galleria un gradino sagomato a scivolo, che inizia subito a monte dell'immissione dal tubo, accresce la spinta totale di monte minimizzando ulteriormente gli eventuali sovralzi del pelo libero nel tratto che precede l'immissione della portata derivata dal torrente Magistrato.

Il trasporto flottante, come nel caso dell'opera di presa del torrente S. Siro, è controllato tramite una briglia aperta a paramento inclinato che risulta particolarmente adatta a svolgere tale funzione, presentando nel contempo minori rischi di ostruzione ed interrimento. Il funzionamento idraulico della briglia è stato verificato per l'ipotesi di portata di piena duecentennale sia nel caso di deflusso libero che nell'ipotesi di completo interrimento del paramento di monte fino alla quota massima di gàveta fissata dalla più elevata delle barre orizzontali.

### 3.1.3. Opera di Sbocco a Mare

Al piede dello sbocco della galleria viene realizzata un'opera di protezione prevalentemente posta sotto il livello del mare. L'opera sporgerà dal medio mare di circa 0.6 metri. Tale opera avrà il duplice obiettivo di proteggere la galleria dai fenomeni di erosione durante le mareggiate e di dissipare l'energia della corrente scolmata dalla galleria.

L'opera è costituita da:

- una platea in calcestruzzo a pianta trapezia di ingombro pari a 30 m² circa con denti sporgenti posti sotto il livello del mare;
- due pennelli laterali in massi naturali di III categoria (3-7 t).

Sulla base dei risultati delle analisi riportate nella relazione idraulica, la corrente in uscita dall'ultimo tratto di galleria sfocia in mare con una velocità di circa 13 m/s e quindi con una forte capacità di erosione e di spinta. L'opera di sbocco a mare prevede la realizzazione di un bacino delimitato a valle da una soglia dentata, al fine di dissipare l'energia della corrente tramite un risalto.

La galleria si trova ad attraversare in corrispondenza dello sbocco a mare la strada provinciale SP 227 di Portofino (Lungomare Rossetti), che costituisce l'unico asse viario per il collegamento tra Santa Margherita Ligure e Paraggi e Portofino.

L'interferenza con il traffico veicolare e ciclopedonale verrà alterato unicamente nel periodo iniziale del cantiere, nel quale si prevede la realizzazione di un solettone in c.a., sostenuto da due file di micropali, una soluzione tecnica atta a garantire il transito nei due sensi di marcia durante i lavori di scavo e realizzazione della galleria idraulica.

La realizzazione del solettone è prevista in due parti e due macrofasi distinte, prevedendo di intervenire in corrispondenza di una corsia per volta, al fine di consentire anche durante questo primo intervento la transitabilità del tratto viario interessato, seppure in senso alternato. Il marciapiede in questa fase verrà ristretto, per garantire il transito veicolare e le operazioni di cantiere, che includono il ricollocamento dei sottoservizi esistenti.

### 3.2. Galleria naturale

La galleria scolmatrice ha una lunghezza complessiva pari a 2373.93 m di cui 2344.43 m in naturale ed i restanti 29.5 m caratterizzati dalle dime e dalle tratte in artificiale in corrispondenza dell'imbocco di monte, dell'opera di presa del torrente Magistrato e dello sbocco a mare.

Per quanto riguarda gli imbocchi, quello di monte ed i 2 relativi allo scolmatore del torrente Magistrato vengono realizzati tramite una paratia tipo berlinese in micropali tirantata, mentre in corrispondenza dello sbocco a mare l'attacco della galleria avviene in modo diretto, senza l'ausilio di paratie al fronte.

La copertura litostatica varia tra un minimo di circa 5 m agli imbocchi fino ad un massimo di 96 m; sono presenti anche delle zone con coperture ridotte, anche inferiori ai 15 m, alle progressive 0+210, 1+050 e 1+760 circa. Lo scavo viene realizzato interamente entro ammassi rocciosi di caratteristiche mediocri, costituiti essenzialmente dalla formazione del Flysch di Monte Antola, che risulta subaffiorante anche nelle zone di imbocco, a meno di limitate coperture detritiche. La formazione è costituita da una alternanza di calcari marnosi, calcari arenacei e marne calcaree in strati e bancate di spessore normalmente pluridecimetrico, che possono arrivare localmente a spessori massimi di 10 – 12 metri.

Lo scavo della galleria avverrà a piena sezione. Le problematiche che si potranno verificare in fase di scavo sono correlate:

- entro le formazioni lapidee, alla possibile presenza di tratti in cui si assista ad un incremento del grado di fratturazione, nei quali non sono da escludere possibili instabilità al cavo legate al distacco di blocchi e frammenti rocciosi. Il fronte di scavo si può ritenere generalmente stabile;

- agli imbocchi ed in altre zone a ridotta copertura, alla presenza di materiali detritici di copertura e ad un presumibile incremento dello stato di fratturazione ed alterazione dell'ammasso roccioso superficiale, che potranno comportare fenomeni di instabilità a carico del cavo.

Il progetto della galleria prevede l'adozione di 4 sezioni tipo correnti (A0, B0, B0V e B2V) e una sezione tipo P0 per le piazzole provvisorie che successivamente verranno riempite per garantire la continuità idraulica.

La finalità delle diverse sezioni tipo e la loro specifica applicazione lungo il tracciato è volta a limitare le plasticizzazioni e le convergenze al cavo. Nel dettaglio verrà adottata in maniera prevalente la sezione tipo B0 e, secondariamente, le tipo B0V e A0 entro la Formazione del Flysch di Monte Antola, mentre nei primi 200 m dall'imbocco, in corrispondenza dell'opera di presa del torrente Magistrato e del fosso Madonnetta verrà adottata la sezione tipo B2V.

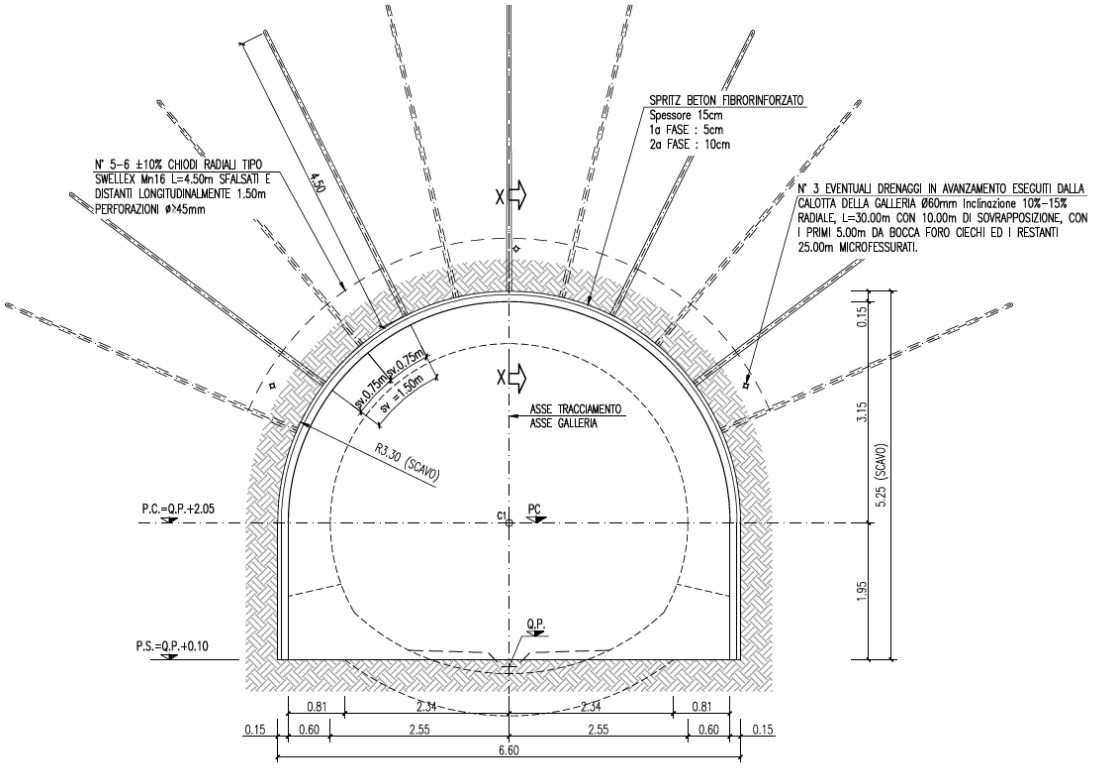



**Figura 3-1 – Sezione tipo A0**

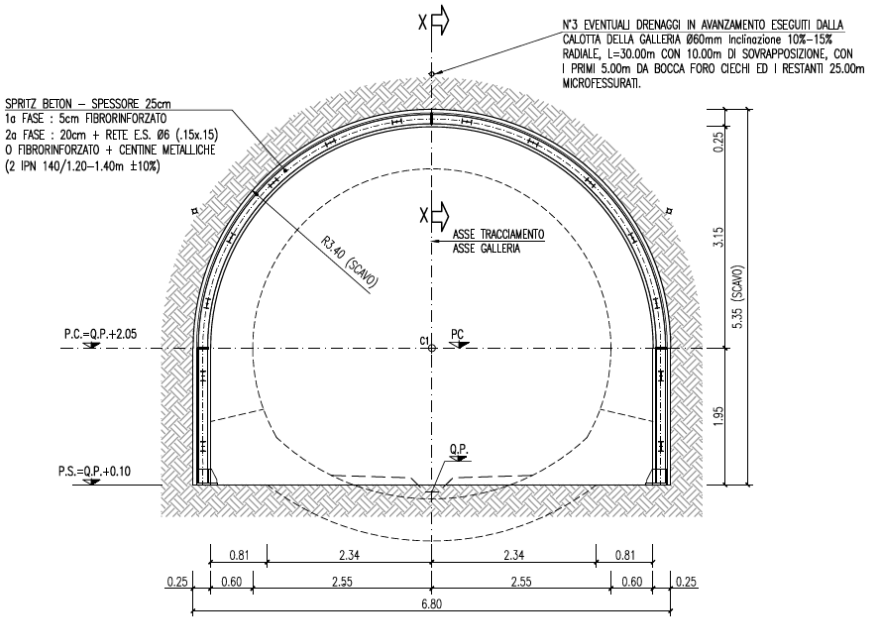



**Figura 3-2 – Sezione tipo B0**

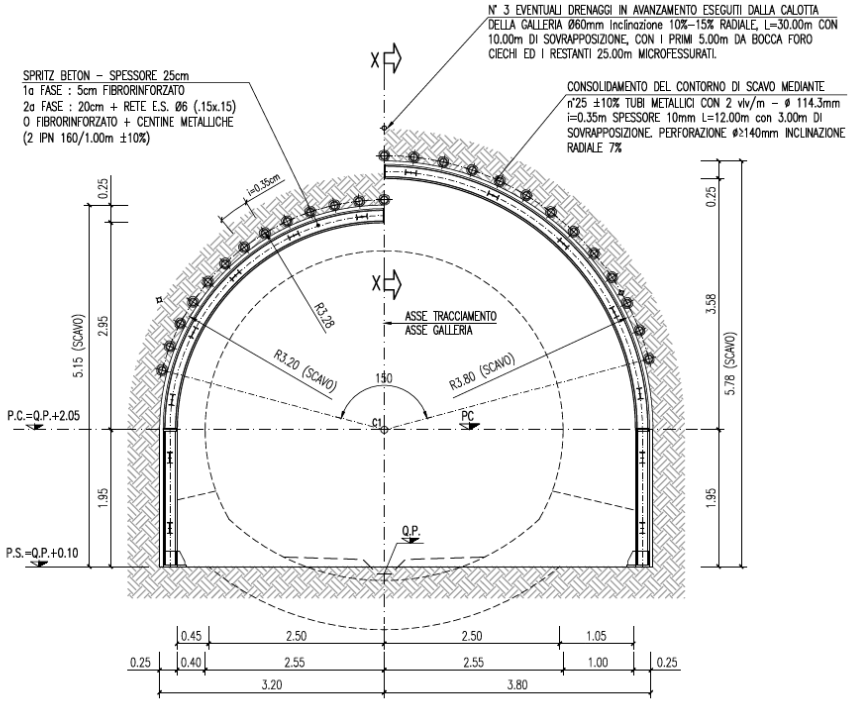



**Figura 3-3 – Sezione tipo B0V**

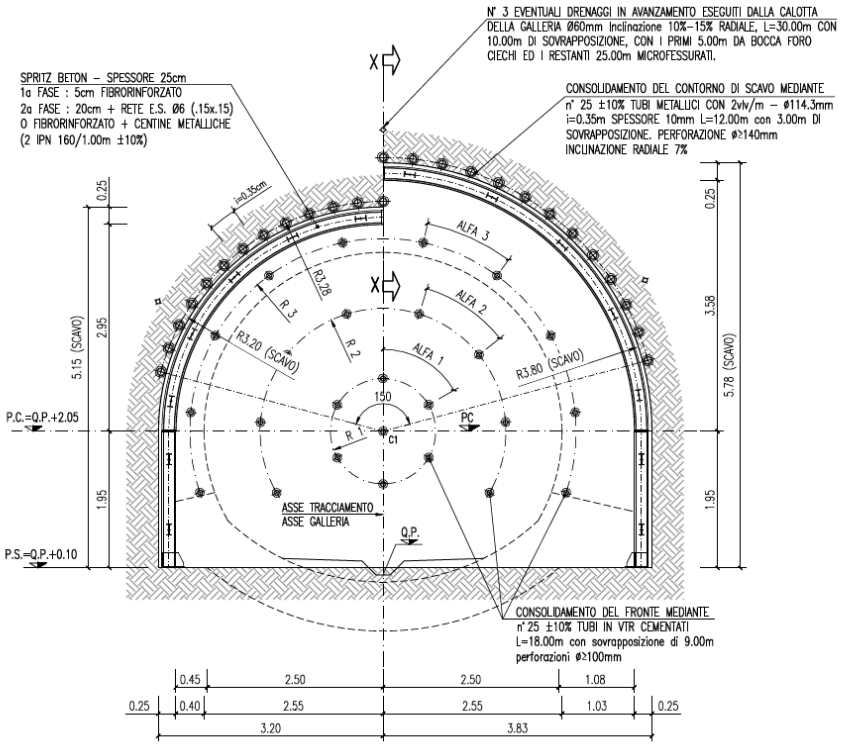



**Figura 3-4 – Sezione tipo B2V**

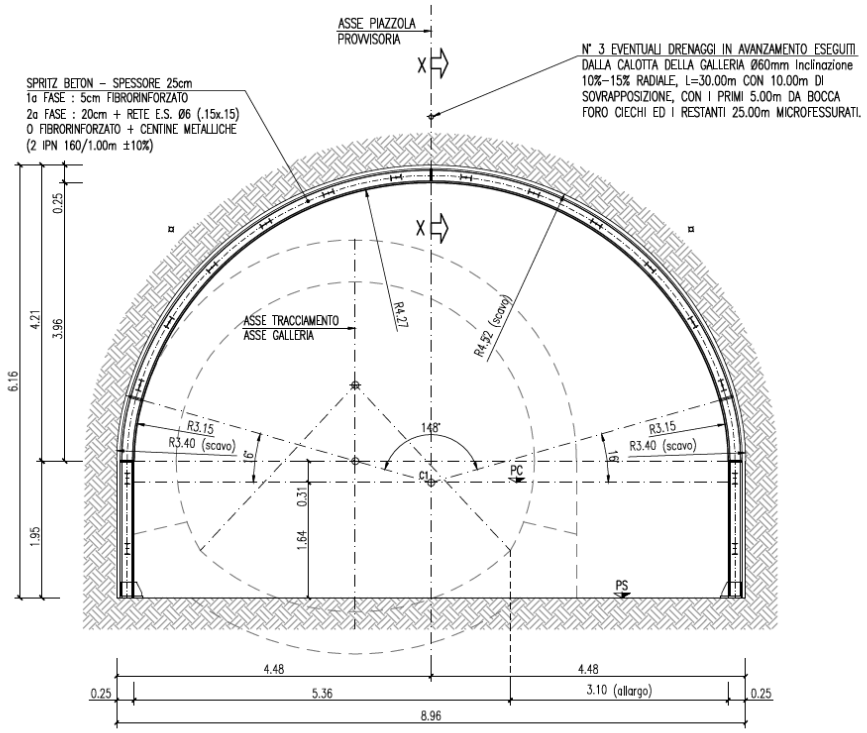



**Figura 3-5 - Sezione tipo P0 (piazzole temporanee) - Prerivestimento**

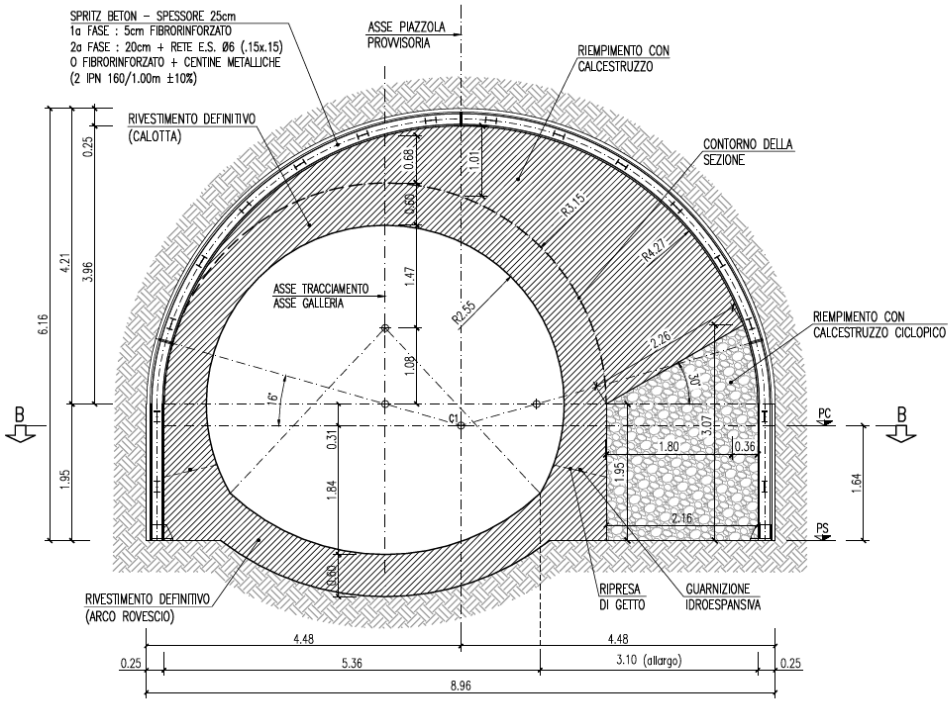



**Figura 3-6 – Sezione tipo P0 (piazzole temporanee) – Rivestimento definitivo**

## 3.3. Sistemazioni dei versanti e opere accessorie

### 3.3.4. Interventi di stabilizzazione del versante del torrente S. Siro

Al fine di mitigare il rischio nei confronti di potenziali cinematismi di rottura che possano interessare le opere a progetto, si prevedono alcuni interventi di stabilizzazione del versante su del torrente San Siro insistente sul tratto di imbocco dello scolmatore, che risulta peraltro interessato una deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV), il cui piede interessa parte del tracciato della galleria scolmatrice, per una lunghezza di circa 220 m a partire dall'imbocco.

Gli interventi previsti nell'area di imbocco dello scolmatore soddisfano da una parte il requisito di messa in sicurezza del cantiere durante la realizzazione delle opere di imbocco, dall'altra il requisito di stabilizzazione del tratto di versante insistente sulle stesse e caratterizzato da pronunciata acclività, rispettivamente nel breve e nel lungo termine.

I principali criteri di scelta progettuali adottati hanno riguardato i seguenti aspetti:

- minimizzazione delle attività di scavo per ridurre il rischio di potenziale attivazione del movimento franoso;
- proteggere il versante da potenziale instabilità;
- integrare le opere da un punto di vista di ingegneria naturalistica;
- mantenere pressoché inalterate le condizioni idrogeologiche esistenti in termini di permeabilità del versante.

Gli interventi a progetto riguardano nel dettaglio:

- la realizzazione di una paratia tirantata di micropali;
- realizzazione di palizzate in legno
- la stabilizzazione del versante con un rilevato in terre rinforzate
- raccolta acque superficiali di ruscellamento;
- installazione di strumentazione di monitoraggio geotecnico.

A completamento dell'intervento si prevede l'adeguamento della viabilità esistente al nuovo contesto progettuale, che ha tenuto conto altresì della necessaria fruibilità delle strade di accesso alle abitazioni presenti durante l'esecuzione dei lavori.

La paratia è provvista di più ordini di tiranti attivi avente carattere provvisorio. I micropali sono solidarizzati in testa da un cordolo in conglomerato cementizio armato. Le paratie dovranno essere immorsate nel substrato roccioso ed hanno la funzione di stabilizzazione dello scavo per consentire la realizzazione dei muri d'argine, e di rinforzo del pendio, incrementandone la resistenza a taglio e dunque il grado di sicurezza nei confronti dei potenziali cinematismi di instabilizzazione. Al termine dell'esecuzione dei muri d'argine, si provvederà al riempimento con materiale selezionato proveniente da cava, della zona compresa tra i muri d'argine e la paratia stessa con perdita di funzionalità dei tiranti attivi. La paratia mantiene, invece, a lungo termine la sua funzione di opera di rinforzo del versante in oggetto.

Sulla paratia viene impostato il rilevato in terra rinforzata, sul quale ha sede la viabilità a progetto. Oltre a conseguire l'obiettivo primario di stabilizzazione del pendio, lo sviluppo plano-altimetrico delle terre rinforzate è mirato ad ottimizzare il tracciato della viabilità a progetto.

A tergo delle terre rinforzate si prevede inoltre un raccordo al terreno esistente mediante una pendenza di 2:1 in corrispondenza dello strato detritico e di 1:2 in corrispondenza della roccia

La realizzazione di opere di ingegneria naturalistica, costituite da palizzate in legname, ha lo scopo di stabilizzare la porzione sommitale del pendio oggetto di intervento.

Completano gli interventi un adeguato sistema di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche superficiali.

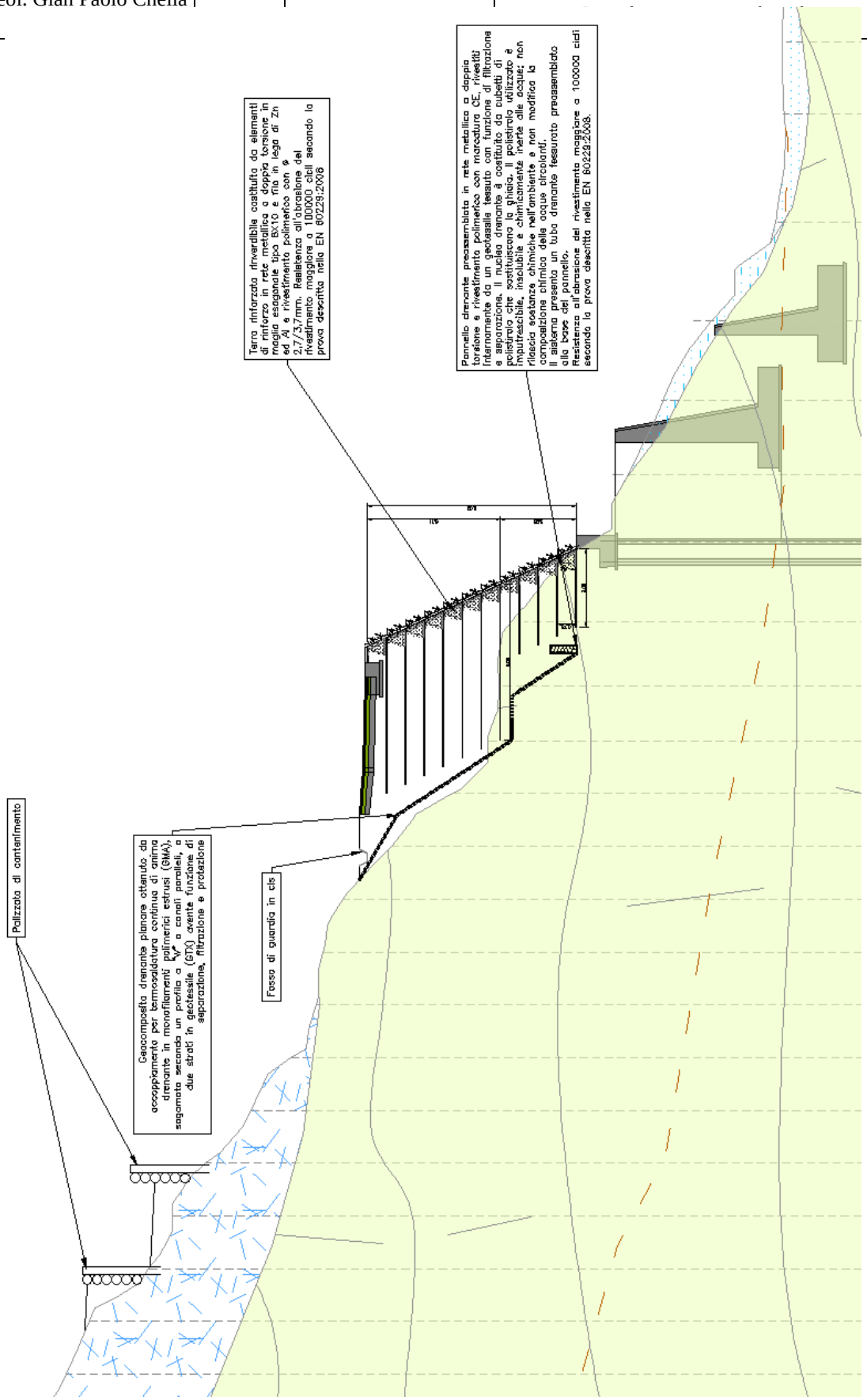



**Figura 3.7 – Sezione tipologica dell'intervento di stabilizzazione del versante e modifica della viabilità**

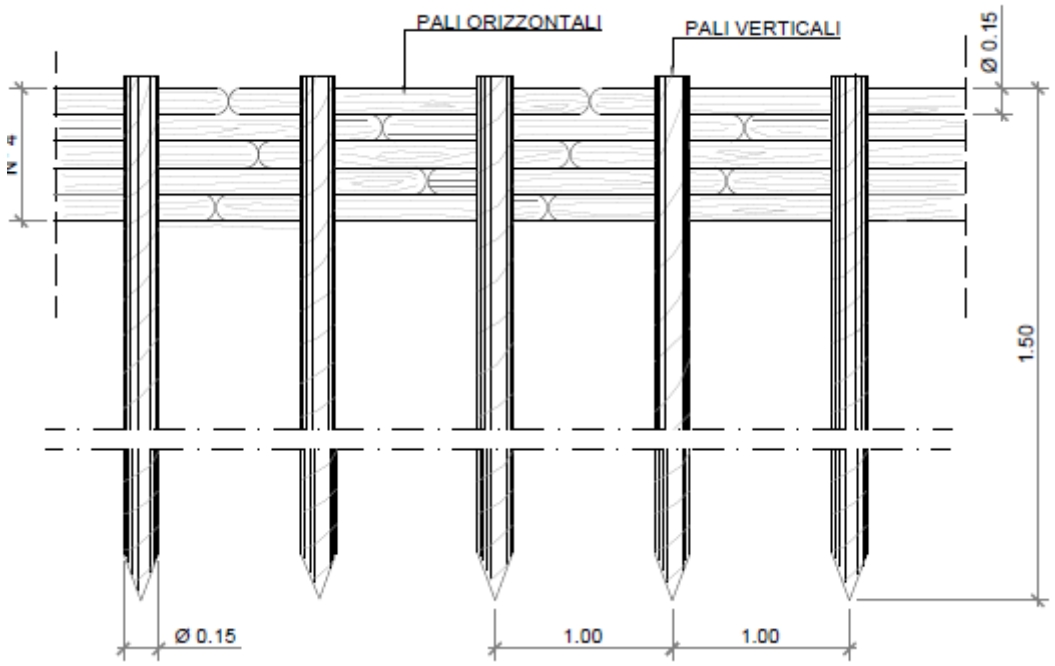



**Figura 3.8 – Palizzata in legno**

### 3.3.5. Strada San Siro

La modifica della viabilità locale in corrispondenza dell'opera di presa si rende necessaria per mantenere l'accesso ai fondi e alle abitazioni, per i quali l'attuale strada vicinale rappresenta l'unica via di passaggio.

La viabilità è stata studiata in modo da modificare il meno possibile gli attuali percorsi, anche per garantire un migliore accesso alle opere di progetto.

Il rilevato stradale sarà sostenuto da elementi in terra rinforzata e sarà protetto da una barriera guardavia.

### 3.3.6. Interventi di stabilizzazione del versante dello sbocco a mare

Lo sbocco a mare verrà realizzato tramite attacco diretto in roccia, previa realizzazione di alcuni interventi di protezione della falesia che costituisce il versante in analogia a quelli che recentemente sono stati posti nelle immediate vicinanze in occasione della realizzazione del depuratore cittadino.

Gli interventi di protezione consistono nel disgaggio dei blocchi instabili e nella posa di chiodi e rete di protezione. Gli interventi saranno preceduti da pulizia e verranno realizzati valutando in corso d'opera la geometria più adatta per conseguire la finalità della protezione della salute pubblica nel rispetto del quadro vegetazionale presente, in particolare relativamente alle piante ad alto fusto.

Successivamente si provvederà alla realizzazione di una palificata lungo l'esistente viabilità, al successivo getto di un solettone in calcestruzzo armato (da realizzarsi in due fasi in modo tale da non compromettere l'uso della strada, che collega Santa Margherita Ligure a Portofino) ed alla realizzazione della dima di attacco.



**Figura 3.9 – Zone del versante maggiormente acclivi**

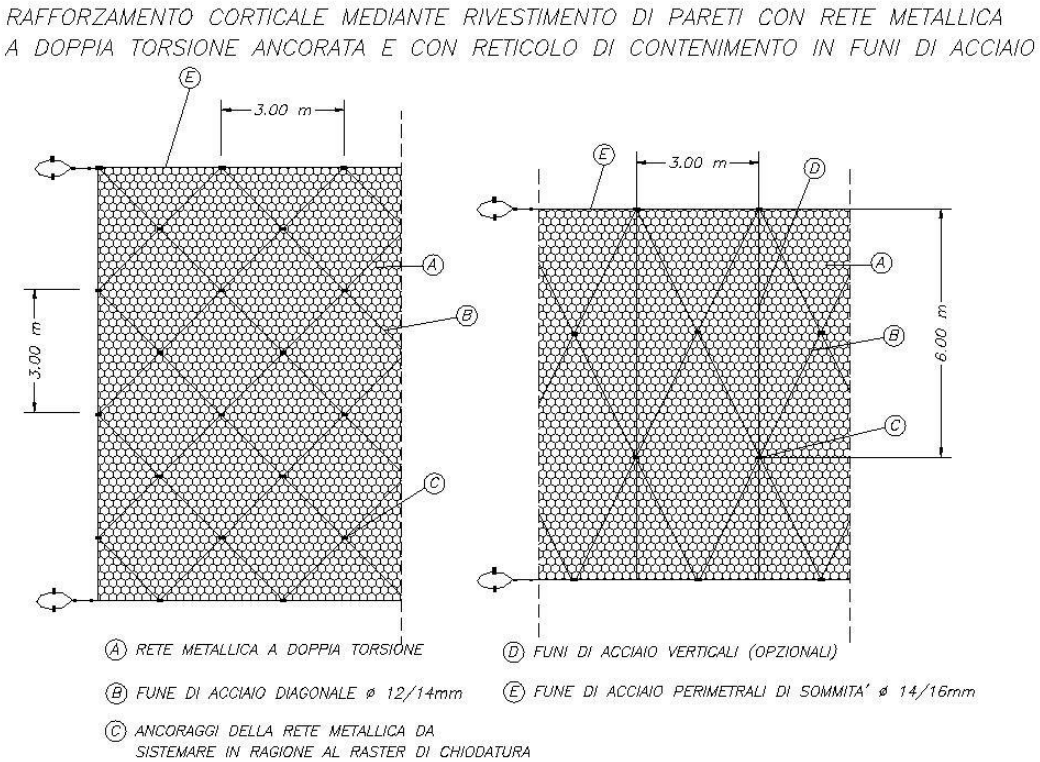



**Figura 3.10 – Dettagli dell'intervento sul versante dello sbocco a mare**

## 3.4. Aree di cantiere

Per l'attacco della galleria e l'accesso dei mezzi di cantiere nella stessa, si prevede la realizzazione di una colmata provvisoria, di superficie pari a circa 575 m², con piano a quota 1,50 m s.m.m. protetta dal mare da una scogliera anch'essa provvisoria a mare.

Al termine del cantiere, come prescritto dal Decreto VIA, il materiale costituente la colmata provvisoria, di volume pari a circa 2000 m³ sarà caratterizzato, rimosso e destinato a essere riutilizzato come sottoprodotto ovvero essere conferito come rifiuto.

In corrispondenza delle due opere di presa saranno realizzate altrettante aree di cantiere,

Di seguito si riporta, per le tre aree di cantiere, l'elenco delle principali lavorazioni previste.

| | **AREE DI CANTIERE** | | |
|---|---|---|---|
| **Tipo di sorgente** | **Sbocco a mare** | **Presa San Siro** | **Presa Magistrato** |
| Area di caratterizzazione | X | X | X |
| Area stoccaggio materiali | X | X | X |
| Area stoccaggio inerti | X | X | X |
| Area stoccaggio materiali galleria | X | | |
| Area stoccaggio materiali opere d'arte | | X | X |
| Area stoccaggio smarino | X | | |
| Gruppo elettrogeno in ambiente insonorizzato | X | X | X |
| Impianto di betonaggio | X | X | X |
| Impianto di frantumazione e vagliatura | X | | |
| Impianto di ventilazione galleria | X | | |
| Lavaggio betoniere e automezzi | X | | |
| Produzione area sana in ambiente insonorizzato | X | | |

**Tabella 3-1 – Tipologie di lavorazioni previste**

## 4. CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI

Per l'esecuzione dei lavori si prevede un tempo utile pari a 1.368 gg pari a 45 mesi, comprensivi delle sospensioni estive.

L'esecuzione delle opere sarà preceduta da una serie di attività propedeutiche quali gli espropri e la risoluzione delle interferenze censite.

Il cronoprogramma dei lavori è stato organizzato individuando le seguenti macro-fasi (per ognuna delle quali viene definita la durata stimata)

- Allestimento cantiere (84 gg);
- Chiusura SP227 corsia dir. Portofino e realizzazione solettone (43 gg)
- Chiusura SP227 corsia dir. Santa Margherita L. e realizzazione solettone (43 gg)
- Formazione del cantiere base CB a mare (133 gg)
- Opere di consolidamento versante a mare (84 gg)
- Opera di presa Magistrato (549 gg)
- Opera di presa San Siro (465 gg)
- Opere di consolidamento versante San Siro (98 gg)
- Galleria naturale (1551 gg)

Si riporta di seguito un estratto del cronoprogramma delle attività il cui dettaglio è visibile all'elaborato al quale si rimanda (el. II180P-E-00-CAN-CR-01-0).

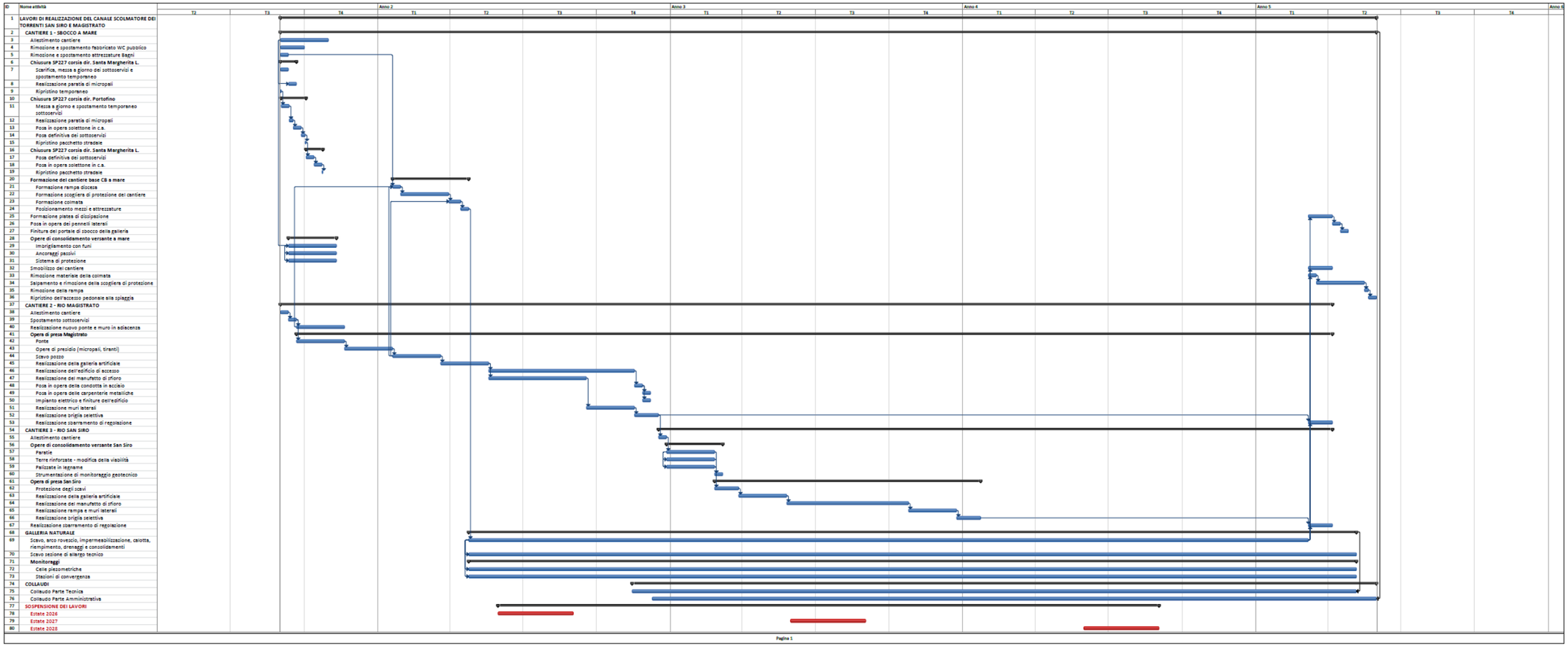



**Figure 4-1 - Cronoprogramma delle attività**

# 5. ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

## 5.1. Obiettivi generali

Scopo fondamentale del Piano di Monitoraggio è quello di operare un'azione di controllo sul territorio al fine di valutare gli effetti dell'intervento sui comparti ambientali interessati dalla realizzazione delle opere ed indicati nel Progetto Definitivo, nonché l'efficacia delle eventuali opere di mitigazione previste.

Nel dettaglio, il Piano di Monitoraggio Ambientale si prefigge i seguenti obiettivi:

- definire il numero, le tipologie e la distribuzione delle stazioni di campionamento in modo da rappresentare efficacemente le interferenze dell'opera sul territorio;
- verifica dello scenario ambientale di riferimento e caratterizzazione delle condizioni ambientali (scenario di base) da confrontare con le successive fasi di monitoraggio;
- verifica delle previsioni degli impatti ambientali mediante la rilevazione dei parametri considerati per le componenti rilevanti per il progetto in esame
- garantire, durante le attività di cantiere, il pieno controllo della situazione ambientale, al fine di rilevare prontamente eventuali situazioni non previste e/o o di entità superiore rispetto alle previsioni, adottando le necessarie misure mitigative
- restituire periodicamente alle Autorità preposte le informazioni e i dati raccolti in maniera strutturata e georeferenziata, secondo un sistema di facile utilizzo ed aggiornamento

## 5.2. Normativa di riferimento

5.2.7. Normativa Nazionale e comunitaria

- D.lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010, di recepimento della Direttiva quadro 2008/56/CE
- DM 260/2010 Criteri per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali – modifica norme tecniche Dlgs 152/2006.
- Decisione 477/2010/EU del 1° settembre 2010 sui criteri e gli standard metodologici relativi al buono stato ecologico delle acque marine
- Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 e s.m.i., recante "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".
- D.lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010, di recepimento della Direttiva quadro 2008/56/CE
- DM 56/2009 – Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici – Art. 75 D.Lgs 152/2006;
- Direttiva 2008/105/CE relativa allo standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque recante modifica e successiva abrogazione delle direttive del Consiglio 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio

- Direttiva 2008/56/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 17 giugno 2008, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino (direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino)

- Dlgs n.152 del 3 aprile 2006 – cd testo Unico Ambientale

- Dlgs n.59 del 18 febbraio 2005 Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento Gazzetta ufficiale n. 93 del 22 aprile 2005 - Supplemento ordinario n. 72

- DPR 142/2004 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della L.447/95";

- dm del 19 agosto 2003 Modalità di trasmissione delle informazioni sullo stato dei corpi idrici e sulla classificazione delle acque Gazzetta ufficiale n.218 del 19/9/2003, supplemento ordinario n.152

- dm n.185 del 12 giugno 2003 Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque re-flue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 Gazzetta ufficiale n. 169 del 23/07/2003

- decreto 18 settembre 2002 Modalità di informazione sullo stato di qualità delle acque, ai sensi dell'art. 3, comma 7, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 52 Gazzetta ufficiale n. 245 del 18/10/2002 - Supplemento ordinario n.198

- legge n.179 del 31 luglio 2002 Disposizioni in materia ambientale Gazzetta ufficiale n. 189 del 13 agosto 2002

- DM 16.03.1998 "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico";

- dpr n.509 del 2 dicembre 1997 Regolamento recante disciplina del procedimento di concessione di beni del demanio marittimo per la realizzazione di strutture dedicate alla nautica da diporto, a norma dell'articolo 20, comma 8, della legge 15 marzo 1997, n. 59. Ecologia Gazzetta Ufficiale n.040 del 18/02/1998

- dpr n.470 dell'8 giugno 1982 Attuazione della direttiva 76/160/CE relativa alla qualità delle acque di balneazione Gazzetta ufficiale n.203 del 26/7/1982

- legge n.743 del 24 ottobre 1980 Approvazione ed esecuzione dell'accordo italo-franco-monegasco relativo alla protezione delle acque del litorale mediterraneo, firmato a Monaco il 10 maggio 1976 Gazzetta ufficiale n. 310 supplemento ordinario del 12/11/198

### 5.2.8. Normativa regionale

**Aria**

- Legge regionale n.12 del 6 giugno 2017 Norme in materia di qualità dell'aria e di autorizzazioni

ambientali Bollettino ufficiale n.7 del 7 giugno 2016

- Decreto legislativo n.155/2010 art.9 - Avvio dell'aggiornamento del Piano regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria ex delibera Consiglio regionale n.4/2006 delibera della Giunta regionale n.190 del 12 marzo 2021

- Decreto legislativo n.155/2010 art.4. Approvazione riesame della classificazione delle zone e dell'agglomerato del territorio regionale relativa alla qualità dell'aria ambiente

- delibera della Giunta regionale n.941 del 16 novembre 2018 allegato alla delibera della Giunta regionale n.941 del 2018 Approvazione di misure urgenti per la riduzione delle concentrazioni degli inquinanti in aria ambiente in Regione Liguria

- delibera della Giunta regionale n.536 del 10 giugno 2016 Riesame della classificazione delle zone e degli agglomerati di cui all'art. 4 del decreto legislativo n.155 del 2010 attuativo della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa

- delibera della Giunta regionale n.1613 del 19 dicembre 2014 Approvazione programma di valuta-zione della qualità dell'aria ex art.5 del decreto legislativo n.155/2010

- delibera della Giunta regionale n.44 del 24 gennaio 2014 Adozione zonizzazione ex art.3 del decreto legislativo n.155 del 2010 di attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'a-ria ambiente e per un'aria più pulita in Europa

- delibera della Giunta regionale n.1196 del 26 settembre 2008 Monitoraggio ed attuazione del Pia-no di risanamento e tutela della qualità dell'aria e per la riduzione dei gas serra - Valutazione della qualità dell'aria anno 2007

- delibera della Giunta regionale n.946 del 3 agosto 2007 Revisione della zonizzazione e adegua-mento disposizioni del Piano di risanamento e tutela della qualità dell'aria e per la riduzione dei gas serra di cui alla delibera del Consiglio regionale n.4 del 2006 Bollettino ufficiale regionale n.35 del 29 agosto 2007 - parte seconda

- delibera del Consiglio regionale n.4 del 21 febbraio 2006 Piano regionale di risanamento e tutela della qualità dell'aria e per la riduzione dei gas serra Bollettino ufficiale regionale n.13 del 29 marzo 2006 - Supplemento ordinario

- delibera della Giunta regionale n.1175 del 7 ottobre 2005 Approvazione, ex art.6 del decreto legislativo n.183 del 2004, della zonizzazione del territorio regionale per l'ozono e delle azioni finalizzate a valutarne le concentrazioni in aria ambiente

- delibera della Giunta regionale n.1144 del 15 ottobre 2004 Approvazione zonizzazione del territo-rio ai sensi del decreto ministeriale n.60 del 2002 e adeguamento del sistema di monitoraggio della qualità dell'aria

- lr n.15 del 10 aprile 2015 Disposizioni di riordino delle funzioni conferite alle Province in attuazione della legge 7 aprile 2014, n. 56 (disposizioni sulle città metropolitane, sulle province, sulle unioni e fusioni di comuni)

- lr n.20 del 4 agosto 2006 Nuovo ordinamento dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure e riorganizzazione delle attività e degli organismi di pianificazione, programmazione, gestione e controllo in campo ambientale Bollettino ufficiale regionale 09/08/2006 n. 12

**Rumore**

L.R. 20 marzo 1998, n. 12, attuazione delle procedure di approvazione in applicazione della legge 447/95

**Acque**

- lr n.15 del 10 aprile 2015 Disposizioni di riordino delle funzioni conferite alle Province in attuazione della legge 7 aprile 2014, n. 56 (disposizioni sulle città metropolitane, sulle province, sulle unioni e fusioni di comuni)

- lr n.20 del 4 agosto 2006 Nuovo ordinamento dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure e riorganizzazione delle attività e degli organismi di pianificazione, programmazione, gestione e controllo in campo ambientale - *Bollettino ufficiale regionale 09/08/2006 n. 12*

- lr n.13 del 28 aprile 1999 Disciplina delle funzioni in materia di difesa della costa, ripascimento degli arenili, protezione e osservazione dell'ambiente marino e costiero, demanio marittimo e por-ti - *Bollettino ufficiale regionale 05/05/1999 n. 8*

- lr n.43 del 16 agosto 1995 Norme in materia di valorizzazione delle risorse idriche e di tutela delle acque dall'inquinamento - *Bollettino ufficiale regionale 30/08/1995 n. 14*

- dgr n.1313 del 30 dicembre 2016Art. 33 Norme di attuazione del Piano di Tutela delle Acque - Approvazione Criteri e modalità di misura delle derivazioni anche ai fini del recepimento delle Linee guida quantificazione volumi idrici uso irriguo DM 31/07/2015

- dgr n.446 del 18 aprile 2014L.R. 18/1999 art. 12. Adozione del Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero ex articolo 41 L.R. 20/2006 Ambito Costiero 08 ai fini dell'avvio fase consultazione pubblica per la VAS ex art. 9 L.R. n. 32/2012

- dcr n.18 del 25 settembre 2012 Piano di tutela per l'ambiente marino e costiero per l'Ambito 15Bollettino ufficiale regionale n.42 del 17 ottobre 2012

- dgr n.1799 del 18 dicembre 2009 Approvazione degli indirizzi metodologici per l'elaborazione del Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero Bollettino ufficiale regionale n.2 del 13 gennaio 2010

- dcr n.29 del 17 novembre 2009 Misure di salvaguardia relativamente alla difesa delle coste e degli abitati costieri dall'erosione marina. Articolo 41, comma 1 bis, della legge regionale 4 agosto 2006, n. 20 (nuovo ordinamento dell'agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure

e riorganizzazione delle attività e degli organismi di pianificazione, programmazione, gestione e controllo in campo ambientale) e successive modifiche ed integrazioni Bollettino ufficiale regionale n.51 del 23 dicembre 2009 parte seconda

- dgr n.1507 del 6 novembre 2009 Misure di salvaguardia per habitat di cui all'Allegato I della direttiva 92/43/CEE ai sensi della L.R. 28/2009 Bollettino ufficiale regionale n.48 del 2 dicembre 2009

- dgr n.430 del 9 aprile 2009 Tipizzazione delle acque superficiale, individuazione dei corpi idrici ed analisi delle pressioni, ai sensi del DM 16 giugno 2008, n.131

- dgr n.1488 del 7 dicembre 2007 Legge n.13/99, art.3 c.1 lett.g - Criteri per la gestione delle banquettes di Posidonia oceanica

- dgr n.1561 del 7 dicembre 2005 Proposta di riperimetrazione in scala cartografica 1:10.000 dei siti di importanza comunitaria (pSIC) marini liguri - *Bollettino ufficiale regionale del 04/01/2006 n. 1*

- dgr n.1533 del 2 dicembre 2005 L.R. n. 18/99 art. 2, c.1 lett. g) e L.R. n. 38/98 art. 16 c.1 - Approvazione "Criteri diretti a salvaguardare l'habitat naturale prioritario prateria di Posidonia oceanica" - *Bollettino ufficiale regionale n.52 del 28 dicembre 2005*

- dgr n.456 del 5 maggio 2004 L.R. 13/99 art. 2, c.5. Approvazione linee guida relative ai controlli tecnici sulla realizzazione delle attività di immersione in mare di materiali di cui all'art. 35 del D.Lgs. 152/99Bollettino ufficiale regionale n. 22 del 03/06/2004

- dgr n.773 del 16 luglio 2003 Criteri per la valutazione degli impatti diretti ed indiretti sugli habitat naturali marini - art.16 l.r. n.38/98 - *Bollettino ufficiale regionale 30/07/2003 n. 31*

5.2.9. Norme tecniche

- Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs.152/2006 e s.m.i., D.Lgs.163/2006 e s.m.i.). Ministero dell'Ambiente, Ministero dei Beni Culturali (2014)

- Linee Guida per il monitoraggio ambientale (PMA) delle opere di cui alla legge Obiettivo (legge 21-12-2001, n.443). commissione Speciale VIA (Rev 2 - 30.9.2004)

### 5.3. Identificazione delle componenti ambientali

Le componenti ambientali incluse nel Piano di Monitoraggio derivano dalle analisi sugli impatti attesi svolte nell'ambito del Progetto Definitivo che hanno consentito di identificare le seguenti componenti quali quelle che si ritiene debbano essere soggette a specifico monitoraggio ambientale. Inoltre, saranno valutate le componenti secondo quanto indicato nel Decreto VIA:

- Atmosfera

- Rumore
- Vibrazioni
- Ambiente idrico sotterraneo
- Ambiente marino costiero

Nel caso di atmosfera e rumore, gli effetti attesi sono principalmente legati alla fase di cantierizzazione e derivano dalle diverse operazioni di scavo (in particolare per la realizzazione della nuova galleria) e dalla movimentazione dei materiali verso i diversi siti di destinazione.

Per quanto riguarda l'ambiente idrico sotterraneo potrebbe essere interessato solo durante la fase di realizzazione dell'opera in quanto ci potrebbero essere delle alterazioni delle caratteristiche quali/quantitative dei flussi idrici sotterranei al momento dello scavo della galleria.

Nel caso dell'ecosistema marino, oltre ai potenziali effetti durante il cantiere, vi è anche l'effetto a lungo termine legato all'attivazione del nuovo punto di recapito delle acque durante gli eventi di piena.

### 5.4. Articolazione temporale del monitoraggio

Il piano di monitoraggio ambientale (PMA) si articola in 3 fasi distinte che accompagnano lo sviluppo del progetto:

Monitoraggio ante-operam

Ha lo scopo di fornire il quadro di riferimento in merito alle condizioni dell'ambiente, utile alla costituzione di un data-base rappresentativo dello stato "zero" nell'area che verrà interessata dalle opere in progetto, prima della loro realizzazione. La definizione dello stato "zero" consente il successivo confronto con i controlli effettuati in corso d'opera (durante la fase di cantiere) e successivamente al completamento.

Dovrà essere effettuato nel corso dell'anno precedente all'inizio dei lavori.

Monitoraggio in corso d'opera

Ha lo scopo di consentire il controllo dell'evoluzione dei parametri in corrispondenza dei siti più interferiti dalle operazioni cantieristiche. Il monitoraggio di questa fase può prevedere particolari procedure, volte a prevenire/mitigare danni ambientali, da adottare in caso si riscontrino variazioni dei parametri monitorati imputabili alla presenza del cantiere.

Il programma di inizio effettivo dipenderà dal cronoprogramma complessivo del progetto.

Monitoraggio post-operam

Ha lo scopo di evidenziare possibili influenze riconducibili alle attività di progetto eseguite nell'evoluzione dei parametri monitorati nella fase di ante operam. In questa fase è importante effettuare le misure in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio significative rispetto a quelle utilizzate in ante operam in modo da poter effettuare una corretta correlazione dei risultati tra le due fasi.

La durata del periodo di post operam è variabile in base alla componente ambientale considerata, come evidenziato nei capitoli relativi ad ogni componente.

### 5.5. Ubicazione dei punti di misura

La indicazione dei punti di monitoraggio inclusa nel presente documento è da considerarsi indicativa e per tale motivo non vengono fornite le coordinate; la ubicazione definitiva sarà effettuata a valle di un sopralluogo che accerti lo stato dei luoghi e sottoposta ad ARPA Liguria per approvazione.

Tutti i punti di monitoraggio sono saranno identificati in questa sede attraverso un codice identificativo dei punti di monitoraggio, riportato nelle planimetrie di localizzazione dei punti di monitoraggio relative alle singole componenti ambientali.

Per ogni punto di monitoraggio il codice identificativo è così strutturato: **XXX – YY**

dove: **X** rappresenta l'acronimo della componente ambientale monitorata e **YY** è il numero progressivo del punto di monitoraggio per ogni componente ambientale.

**Tabella 5-1 Componenti ambientali monitorate e relativo acronimo.**

| ACRONIMO | COMPONENTE |
|---|---|
| ATM | Atmosfera |
| RUM | Rumore |
| VB | Vibrazioni |
| PZ | Ambiente idrico sotterraneo |
| AMC | Ambiente marino costiero |

### 5.6. Restituzione dei dati

L'esecutore delle diverse attività di monitoraggio dovrà predisporre attività di controllo qualità volte a garantire l'affidabilità dei dati e dei risultati ottenuti dalla loro elaborazione. Dovranno essere quindi sistematicamente condotti controlli di qualità nelle fasi di esecuzione delle attività di campo e di laboratorio, di trasferimento dati tra i vari esecutori specializzati, di elaborazione, valutazione e rendicontazione dei risultati del monitoraggio.

Salvo differenti indicazioni da parte della Stazione Appaltante, i dati derivanti dal monitoraggio saranno resi disponibili agli Enti di controllo (in primis ARPAL) attraverso un protocollo da concordare, che sarà attivato prima dell'esecuzione delle misure.

I dati saranno caricati una volta completate le verifiche sulla loro affidabilità; prima dell'inizio delle attività sarà definito congiuntamente con gli Enti il formato da utilizzare per la restituzione dei dati raccolti, allo scopo di facilitarne l'acquisizione ed elaborazione.

### 5.7. Documentazione da produrre

Nel corso del monitoraggio ambientale dovranno essere predisposti:

A. Rapporti finali al termine di ogni fase di monitoraggio (AO, CO e PO). Per le fasi che si protraggono per più anni, sarà predisposto un rapporto al termine di ogni anno intermedio. Nel

rapporto saranno incluse:

- una descrizione delle attività svolte;
- una presentazione e commento dei risultati del monitoraggio;
- una descrizione di eventuali modifiche introdotte, in condivisione con gli Enti, per alcune attività previste nel Piano in funzione delle accertate condizioni operative, costruttive, ambientali;
- una descrizione dei fenomeni e degli eventi anomali ed indicazione degli eventuali interventi di minimizzazione o mitigazione degli impatti ambientali.

B. Schede di rilevamento in occasione delle attività di campo. Le schede conterranno una descrizione delle attività eseguite (rilevatore, tipo di misurazione o prelievo, punto di monitoraggio ecc.) e delle condizioni ambientali.

Le specifiche dei formati dei documenti saranno definite congiuntamente o in ogni caso condivise con gli Enti di Controllo e la Stazione Appaltante prima dell'inizio delle attività.

# 6. ATMOSFERA

## 6.1. Attività da svolgere

L'obiettivo del monitoraggio della qualità dell'aria è quello di:

- identificare eventuali variazioni della qualità dell'aria;
- evidenziare condizioni di possibili superamenti dei limiti applicabili sui recettori presenti nell'intorno dell'area di progetto.

Sulla base di quanto riportato nello Studio di Impatto Ambientale del progetto definitivo le emissioni di polveri ed inquinanti atmosferici sono di lieve entità e concentrate esclusivamente in prossimità del cantiere base dove si avranno le lavorazioni più impattanti.

I parametri che potrebbero generare un potenziale impatto ai ricettori sono gli inquinanti gassosi e le polveri sottili $PM_{10}$ per le quali si ritiene di eseguire delle misure di controllo cautelative, specialmente nel periodo invernale, quando le condizioni atmosferiche più sfavorevoli e la presenza di lavorazioni più intense hanno il potenziale di generare delle situazioni critiche.

Le attività generatrici di emissioni in atmosfera durante la fase di cantiere sono principalmente riconducibili ai mezzi di trasporto e alle macchine operatrici, attraverso i processi di combustione dei motori e di movimentazione e frantumazione e trasporto dei materiali da scavo con effetti di natura temporanea e reversibile al termine delle attività. Per minimizzare tali effetti avversi si prevede l'adozione di alcune fondamentali misure di mitigazione quali l'utilizzo di barriere antipolvere mobili e/o la bagnatura delle superfici dei materiali di scavo.

Si ritiene comunque cautelativo eseguire delle misure di controllo specialmente nel periodo invernale, quando le condizioni atmosferiche più sfavorevoli e la presenza di lavorazioni più intense hanno il potenziale di generare delle situazioni critiche.

## 6.2. Ubicazione dei punti di monitoraggio

Le postazioni di misura sono ubicate in prossimità delle aree dei due cantieri operativi e dell'area del cantiere principale/base, posizionata in prossimità dello sbocco della galleria, dove avvengono le lavorazioni più impattanti tra cui frantumazione e vagliatura del materiale scavato e quindi una maggiore frantumazione dei materiali.

Nella seguente figura è riportata l'ubicazione dei punti di misura posizionati in corrispondenza dei recettori più esposti alle lavorazioni in prossimità delle aree di cantiere.

Solo nel caso del punto ATM 01 si prevede l'installazione di una centralina di controllo all'interno dell'area di cantiere base, zona in cui avverranno le lavorazioni più impattanti (incluse frantumazione e vagliatura) e lo scavo dello sbocco della galleria di servizio che comporta una maggiore movimentazione del materiale.




**Figura 6-1 – Ubicazione dei ricettori considerati.**

**Tabella 6-1 - Tabella con coordinate georeferenziate (UTM32N)**

| ID | X (m) | Y (m) |
|---|---|---|
| ATM 01 | 517218 | 4907791.33 |
| ATM 02 | 516238.73 | 4908586.8 |
| ATM 03 | 515424.41 | 4909253.64 |

### 6.3. Parametri da monitorare

I parametri da monitorare saranno le polveri sottili ($PM_{2.5}$ e $PM_{10}$) da un laboratorio mobile dotato di

strumentazione del tipo a funzionamento in continuo in automatico.

Le misure di qualità dell'aria dovranno essere eseguite con apposita strumentazione scientifica come prescritto dalle norme tecniche di riferimento UNI-EN che individuano lo specifico metodo di riferimento per la misurazione e le modalità di funzionamento della strumentazione utilizzata per il monitoraggio dell'inquinante considerato. I metodi di riferimento per la valutazione degli inquinanti sono descritti nel Decreto Legislativo 155/2010 (Allegato VI).

### 6.4. Modalità esecutive e strumentazione impiegata per il monitoraggio

Le misure del particolato sottile totale (PM10 e PM2.5) avverranno per mezzo di un deposimetro che consente il campionamento passivo delle polveri depositate al suolo o, in alternativa, utilizzando analizzatori automatici quali i contatori ottici di particelle (OPC) per effettuare un monitoraggio Real-Time in continuo delle concentrazioni di polveri.

### 6.5. Frequenza e durata del monitoraggio

Il monitoraggio della qualità dell'aria si articolerà nelle seguenti fasi:

- fase ante operam (AO): la caratterizzazione della qualità dell'aria ante operam sarà eseguita attraverso una campagna da svolgersi prima dell'inizio dei lavori presso tutti i punti individuati;

- fase corso d'opera (CO): sono previste tre campagne stagionali da effettuarsi, durante la fase operativa di cantiere, indicativamente ogni tre mesi per almeno 2 settimane in ciascun punto così da includere anche i giorni non lavorativi. Non si prevede il monitoraggio nel periodo giugno-settembre in quanto le lavorazioni verranno sospese.

Nella seguente tabella è riportato il programma di monitoraggio per la componente atmosfera. Si segnala che il numero di misure effettuate nella fase di ante operam dipenderà dal tempo disponibile tra la fase di progetto e l'inizio effettivo dei lavori.

**Tabella 6-2 - Attività di monitoraggio per la componente atmosfera**

| Strumentazione | Parametri | Punti | n° campagne/anno | Durata singola campagna | Frequenza |
|---|---|---|---|---|---|
| ANTE OPERAM | | | | | |
| Centralina mobile | Polveri sottili PM10; Polveri sottili PM2,5; | 3 | 1 | 15 gg | 1 volta |
| CORSO D'OPERA | | | | | |
| Centralina mobile | Polveri sottili PM10; Polveri sottili PM2,5; | 3 | 3 | 15 gg | Ogni 3 mesi |

# 7. RUMORE

## 7.1. Attività da svolgere

I possibili impatti sulla componente rumore sono legati all'alterazione del clima acustico causata dalle emissioni sonore generate dalle operazioni nei cantieri fissi, in particolare dalle macchine e dai mezzi utilizzati per lo scavo e la costruzione, nonché dall'impiego di esplosivi per lo scavo della galleria. Inoltre, è necessario considerare l'incremento del traffico veicolare, sia pesante che leggero, dovuto al trasporto dei materiali di risulta derivanti dalle attività di scavo.

## 7.2. Ubicazione dei punti di monitoraggio

L'ubicazione dei ricettori maggiormente esposti al disturbo delle attività di cantiere sono riportati nella figura e nella tabella di seguito. In corrispondenza degli stessi verranno effettuate le misure fonometriche.




**Figura 7-1 – Ubicazione dei ricettori maggiormente esposti alle attività rumorose**

**Tabella 7-1 - coordinate geografiche dei punti oggetto di monitoraggio (in UTM32N)**

| ID | X (m) | Y (m) |
|---|---|---|
| RUM 01 | 517171.61 | 4907849.25 |
| RUM 02 | 517208.33 | 4907915.78 |
| RUM 03 | 517177.19 | 4907598.12 |
| RUM 04 | 516241.97 | 4908586.53 |
| RUM 05 | 516204.14 | 4908599.6 |
| RUM 06 | 516152.07 | 4908590.04 |
| RUM 07 | 515425.57 | 4909255.69 |

## 7.3. Parametri da monitorare

I parametri e le tecniche di monitoraggio acustico sono quelli previsti dalla normativa vigente, in particolare:

- il D.M. Ambiente 16/03/1998, il DPCM 14.11.1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”,
- Legge. 26/10/1995 n. 447 “Legge quadro sull'inquinamento acustico”
- le Linee Guida UNI 11143“Metodo per la stima dell’impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti”,
- UNI 9613 “Attenuazione sonora nella propagazione all’aperto”.

I parametri da monitorare per ciascuna campagna di misura sono:

- livelli equivalenti di pressione: [Leq(A) e ShortLeq] dB(A)
- i livelli statistici L1; L5; L10; L50; L90; L95; L99 (le fluttuazioni del rumore: i livelli L99, L95 e L90, possono essere considerati misure del rumore di fondo, mentre i livelli L1, L5 e L10 sono misure del rumore di picco prodotto dalle sorgenti)
- l’eventuale presenza di componenti tonali, impulsive e basse frequenze
- condizioni meteo-climatiche: velocità del vento, presenza di nebbia, presenza di pioggia (anche con l’utilizzo di centraline meteo disponibili in zona).

## 7.4. Modalità esecutive e strumentazione impiegata per il monitoraggio

I rilevamenti previsti verranno eseguiti mediante fonometri operati da tecnici competenti in acustica, secondo quanto previsto dalla Legge Quadro sull’inquinamento acustico N°447 del 26.10.95. L’acquisitore verrà posizionato all’interno di una cassetta stagna insieme alla batteria per l’alimentazione elettrica. Il microfono verrà posizionato su un’asta, protetto con lo schermo antivento e collegato all’acquisitore mediante prolunga microfonica. La catena di misura del rumore utilizzata dovrà essere soggetta a taratura periodica presso un centro SIT.

All'inizio e al termine del ciclo di misura viene effettuato il controllo della calibrazione al fine di validare la misura effettuata. Le misurazioni dovranno essere eseguite in condizioni climatiche buone, in assenza di precipitazioni atmosferiche e velocità del vento inferiore a 5m/s monitorata in campo mediante un anemometro mobile. L'incertezza di misura può essere stimata intorno a ± 0,5 dB(A).

I parametri acustici misurati verranno elaborati mediante software i cui risultati verranno riportati in schede allegate, contenenti:

- inquadramento e documentazione fotografica della postazione di misura, tabella di sintesi dei parametri descrittori della misura (Leq, Lmax Ln), grafico della time history e delle curve cumulative e distributive dei livelli di pressione sonora.

- estratti dei certificati di taratura della strumentazione utilizzata.

Nel caso in cui alcuni dei dati rilevati dovessero presentare risultati anomali, ovvero valori estremamente elevati o estremamente bassi, rappresentando, pertanto, casi isolati rispetto al resto dei risultati ottenuti nelle varie fasi di monitoraggio (AO-CO), si procederà ad una attività di controllo del dato anomalo al fine di verificarne la validità.

### 7.5. Frequenza e durata del monitoraggio

I monitoraggi del rumore saranno eseguiti dapprima effettuati in ante operam, prima dell'inizio delle lavorazioni attraverso una singola campagna di misura per ogni punto ubicato identificato con una durata di 8 ore.

Nella fase di corso d'opera è prevista per tutti i punti una serie di misura con cadenza mensile. Tutte le misure dovranno avere una durata di 8 ore per punto di misura e dovranno essere eseguite in orario di cantiere avendo cura di cogliere le lavorazioni più impattanti.

In caso di evidente superamento dei limiti e disturbo dei ricettori sarà prevista l'immediata comunicazione alla DL che avrà il compito di mettere in atto delle misure di mitigazione.

Su esplicita richiesta dei ricettori o degli enti controllori sarà inoltre possibile prevedere un'intensificazione e ripetizione dei monitoraggi fino a 2/3 volte la settimana per il controllo dell'efficacia delle misure di mitigazione.

**Tabella 7-2 - Attività di monitoraggio per la componente rumore**

| Strumentazione | Parametri | Punti | n° campagne/anno | Durata singola campagna | Frequenza |
|---|---|---|---|---|---|
| ANTE OPERAM | | | | | |
| Rilievo fonometrico da tecnico competente in acustica | Come da paragrafo 7.3 | 7 | 1 | 8 ore | 1 volta |
| CORSO D'OPERA | | | | | |
| Rilievo fonometrico da tecnico competente in acustica | Come da paragrafo 7.3 | 7 | 9 | 8 ore | mensile |

# 8. VIBRAZIONI

## 8.1. Attività da svolgere

Stante quanto esposto ai paragrafi precedenti in relazione ai potenziali impatti causati dalle vibrazioni nelle fasi di realizzazione della galleria si prevede che il progetto consideri un monitoraggio vibrometrico e fonometrico continuativo per lunghi periodi tramite strumentazione multicanale completa di piattaforma di registrazione, catena accelerometrica per misure triassiali e software con capacità di multi-analisi in real time, in grado di registrare sia le vibrazioni che il rumore. È consigliabile poter disporre di una stazione vibrometrica/fonometrica tipo automatico gestita in remoto tramite modem GSM/GPRS con i dati resi disponibili entro 12-24 ore.

Gli strumenti per le misure dovranno essere posizionati al piano terra degli edifici (o interrato ove presente) presso la facciata anteriore rivolta verso il fronte più vicino delle lavorazioni.

È raccomandato inoltre l'utilizzo di uno strumento portatile per misure speditive da effettuarsi eventualmente a seguito di richieste specifiche da parte dei residenti.

Il monitoraggio, che nell'ambito dell'intero cantiere si avvarrà dell'utilizzo simultaneo di vibrometri da spostare progressivamente con il procedere dei lavori, sarà condotto sugli edifici che si trovano in prossimità del tracciato ad una distanza inferiore a 30 dal bordo più esterno della galleria o dalle aree in cui si svolgono le lavorazioni.

Il valore ammissibile per la velocità di vibrazione è quello definito in precedenza ovvero:

Vpadm = 10 mm/s (p.p.v.)

Dato che i lavori interessano un'area urbanizzata è opportuno fare riferimento anche alla UNI 9614 *"Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"*, che disciplina le condizioni di benessere fisico degli occupanti degli edifici soggetti a vibrazioni prevedendo la valutazione delle accelerazioni rispetto a determinati valori di riferimento brevemente riepilogati di seguito:

- ambiente abitativo periodo diurno: 7,22 $mm/s^2$
- ambiente abitativo periodo notturno: 3,60 $mm/s^2$
- luoghi lavorativi: 14 $mm/s^2$
- ospedali e case di cura: 2 $mm/s^2$
- asili e case di riposo: 3,6 $mm/s^2$

Nella maggior parte dei casi i recettori sono rappresentati da edifici residenziali; con lavori eseguiti nel periodo diurno il riferimento sarà quindi una accelerazione max di 7,22 $mm/s^2$.

Un superamento dei valori di accelerazione, con conseguente disturbo per gli occupanti delle abitazioni, può essere previsto lungo il tratto in galleria naturale laddove nei tratti in roccia (posti alle due estremità dell'opera) lo scavo dovesse avvenire con l'impiego di esplosivo.

Sarà quindi necessario che in fase di cantiere l'appaltatore richieda una deroga per attività temporanee così come indicato nella stessa UNI 9614. Sarà cura dell'ente preposto concederla indicando i limiti massimi di riferimento.

## 8.2. Ubicazione dei punti di monitoraggio

Nella figura seguente è riportata la planimetria dei punti dei ricettori che sono ubicati in vicinanza del tracciato della galleria e che potrebbero risentire degli effetti vibratori generati durante lo scavo delle gallerie.

In particolare, sono state considerate le aree dove la copertura è limitata, in particolare le zone di imbocco e gli impluvi presso il Fosso Magistrato ed il Fosso Madonnetta; mentre, in tutto il resto della galleria le vibrazioni indotte dagli scavi non si ritengono significative per gli edifici in superficie.

Nelle aree di imbocco e presso gli impluvi del Fosso Magistrato e del Fosso Madonnetta, le coperture scendono fino ad un minimo di 5 m al portale di attacco e di 12 m al Fosso Magistrato, per cui in queste zone le vibrazioni da scavo potranno coinvolgere le zone circostanti le aree di cantiere. Tali aree saranno maggiormente attenzionate prevedendo i monitoraggi vibrometrici

Tra i ricettori potenzialmente impattabili sono stati esclusi quelli che si trovano ad una distanza maggiore di 30 m dai punti sorgente, considerando sia la copertura litoide che la distanza orizzontale.




**Figura 8-1 – Ubicazione dei ricettori maggiormente esposti alle vibrazioni**

**Tabella 8-1 - coordinate geografiche dei punti (in UTM32N)**

| ID | X | Y |
|---|---|---|
| VB 01 | 517161.51 | 4907840.15 |
| VB 02 | 517032.55 | 4907888.8 |
| VB 03 | 516707.00 | 4908030.18 |
| VB 05 | 516586.87 | 4908100.31 |
| VB 06 | 516183.16 | 4908571.55 |
| VB 10 | 515425.83 | 4909255.97 |
| VB 04 | 516688.35 | 4908069.15 |
| VB 07 | 516151.9 | 4908589.70 |
| VB 09 | 516204.26 | 4908599.39 |
| VB 08 | 516241.70 | 4908586.59 |

## 8.3. Parametri da monitorare

Le analisi degli effetti delle vibrazioni e le relative valutazioni sono condotte in funzione della finalità dell'indagine - disturbo sull'uomo e/o effetti sugli edifici - e sono riferite, in mancanza di disposizioni normative, ai parametri e ai livelli limite e/o valori soglia individuati dalle norme tecniche di settore - nazionali e/o internazionali.

Si riporta nel seguito l'elenco delle principali norme tecniche da considerare:

- UNI 9614:2017 - Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo;
- UNI 9616:2004 – Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici;
- ISO 2631-2:2003 - Valutazione dell'esposizione degli individui alle vibrazioni globali del corpo - Parte 2: Vibrazioni continue ed indotte da urti negli edifici;
- NS 8176.E - Norma norvegese;
- UNI ENV 28041 - Risposta degli individui alle vibrazioni – Strumenti di misurazione;
- UNI ISO 5805 - Vibrazioni meccaniche e urti riguardanti l'uomo – Vocabolario;
- ISO 5347 - Metodi per la calibrazione dei rilevatori di vibrazioni e di urti;
- ISO 5348 - Vibrazioni meccaniche ed urti - Montaggio meccanico degli accelerometri.

I parametri da considerare devono descrivere al meglio il fenomeno, devono risultare facilmente misurabili e confrontabili con i dati disponibili.

La propagazione delle vibrazioni attraverso un mezzo elastico può essere caratterizzata attraverso tre grandezze di base:

- vettore spostamento;
- vettore velocità;

- vettore accelerazione.

Tali grandezze possono essere espresse rispettivamente in m, m/s e m/s2, oppure in dB. In quest'ultimo caso vengono considerate opportune grandezze di riferimento per lo spostamento, la velocità e l'accelerazione.

### 8.4. Modalità esecutive e strumentazione impiegata per il monitoraggio

I rilievi dovranno essere effettuati con strumentazione rispondente alle Norme IEC 184, IEC 222 e IEC225, così come indicato nella Norma UNI 9614, che è tipicamente costituita da accelerometri triassiali (ovvero monoassiali, nel numero di 3), analizzatori di spettro in tempo reale, cavi schermati per la trasmissione del segnale, oltre che dal software per l'acquisizione dei dati; nel dettaglio, gli accelerometri dovranno essere ottemperanti alla Norme ISO 2631/1 e 2 ed UNI 9614:2017.

La catena complessiva di misura dovrà essere corredata da Certificato di Taratura, non anteriore a 2 anni dalla misura, rilasciato da laboratorio qualificato (laboratori accreditati S.I.T.), così come richiesto dalle Norme UNI ISO 5347; è inoltre ammessa la taratura indiretta della strumentazione, che consiste nel confronto tra le indicazioni del sensore da tarare/calibrare ed un sensore campione munito di certificato SIT. All'inizio ed alla fine di ogni rilievo, dovrà essere eseguita la calibrazione della catena di misura utilizzando a tale proposito degli appositi calibratori tarati.

Nel corso delle misurazioni dei livelli di vibrazione, è inoltre compresa la caratterizzazione della postazione di misura (coordinate geografiche, Comune, toponimo, indirizzo, tipologia e numero piani del ricettore, presenza di eventuali lesioni nell'edificio, documentazione fotografica) e del territorio circostante (destinazione d'uso e tipologia dell'edificato). Nel corso della misura, in contemporanea lungo i 3 assi di propagazione x, y, z, dovranno essere rilevati l'accelerazione complessiva (aw) espressa in mm/s2 per la successiva determinazione del valore di massima accelerazione ponderata. Inoltre, dovranno essere indicati sia i valori riferiti alla specifica sorgente che a quelle residue caratterizzanti il sito di indagine.

La postazione di misurazione deve essere scelta sulla base delle reali condizioni di utilizzo degli ambienti da parte degli abitanti in quanto la misura è finalizzata alla valutazione del disturbo alla persona. Il montaggio degli accelerometri deve garantire la trasmissione rigida del moto dal sistema vibrante all'accelerometro almeno nella banda 0-500 Hz mediante i diversi sistemi previsti in funzione del tipo di elemento di appoggio.

### 8.5. Frequenza e durata del monitoraggio

Le misurazioni di vibrazione dovranno essere svolte con cadenza almeno mensile in funzione dell'avanzamento dei lavori e considerando i ricettori più vicini al fronte di avanzamento dello scavo.

In caso di superamento dei limiti è prevista una intensificazione della frequenza delle misure al fine di mantenere sotto controllo le attività di cantiere. Si potrà valutare l'opportunità, pertanto, di ridurre o modificare la frequenza di monitoraggio sulla base delle effettive attività di scavo della galleria.

Considerato la natura dei luoghi e l'assenza di sorgenti di vibrazioni nella situazione attuale non sono previste misure nella situazione di ante operam.

**Tabella 8 2 - Attività di monitoraggio per la componente vibrazioni**

| Strumentazione | Parametri | Punti | n° campagne/anno | Durata singola campagna | Frequenza |
|---|---|---|---|---|---|
| CORSO D'OPERA | | | | | |
| Monitoraggio vibrometrico e fonometrico | vettore spostamento;<br>vettore velocità;<br>vettore accelerazione | 10 | 6 | 8 ore | Mensile |

# 9. AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO

## 9.1. Attività da svolgere

L'attività di monitoraggio relativamente alla componente acque sotterranee sarà effettuato per valutare eventuali impatti durante l'esecuzione degli scavi.

Le attività avverranno in piezometri già esistenti e consisteranno nella misura dei livelli piezometrici con freatimetro e dei parametri chimico – fisici attraverso l'ausilio di una sonda multiparametrica.

Solo su 4 di essi sarà prelevato un campione di acqua di falda da far analizzare in laboratorio, previo spurgo del pozzo e assestamento del livello di falda.

## 9.2. Ubicazione dei punti di monitoraggio

Per le attività di monitoraggio saranno utilizzati i piezometri già esistenti, realizzati nell'ambito delle indagini svolte nelle precedenti fasi progettuali. Le ubicazioni dei punti di caratterizzazione sono illustrate nella seguente figura.

In tutti i punti saranno misurati i livelli piezometrici e i parametri chimico fisici mentre il prelievo del campione per le analisi da svolgere in laboratorio avverrà su P1, S8 e PZ Magistrato.




**Figura 9-1 Ubicazione dei piezometri sul quale avverrà la misura del livello piezometrico e il prelievo del campione di acqua di falda**

### 9.3. Parametri da monitorare

Su ciascun campione di acqua di falda prelevato dai piezometri P1, S8, PZ Magistrato sarà eseguita l'analisi di alcuni dei parametri individuati dal D.Lgs. 152/2006 Allegato 5, Parte IV, Tabella 2, e precisamente:

Metalli:

- Alluminio
- Antimonio
- Argento
- Arsenico
- Berillio
- Cadmio
- Cobalto
- Cromo Totale
- Cromo VI
- Ferro
- Mercurio
- Nichel
- Piombo
- Rame
- Selenio
- Manganese
- Tallio
- Zinco
- Sodio
- Vanadio
- Bario
- Piombo tetraetile

Inquinanti inorganici:

- Boro
- Fluoruri
- Nitriti
- Solfati

Per ciascun punto di misura, è prevista la compilazione della scheda di misura con gli esiti del campionamento in situ e un report delle analisi di laboratorio. Tutti i risultati delle analisi di laboratorio saranno confrontanti con le CSC Tab. 2 All. V alla Parte IV del D.Lgs. n°152/06 e ss.mm.ii. Nei certificati analitici dovrà essere riportato per ogni analita il codice del metodo impiegato ed i relativi limiti di rilevabilità.

I risultati delle determinazioni dovranno essere riportati su certificati rilasciati dal laboratorio, che dovrà essere accreditato Accredia per la totalità dei parametri da determinare.

Sui certificati analitici dovranno essere riportate le attestazioni di qualità del laboratorio, le sigle delle metodiche adottate ed i relativi limiti di rilevabilità

I risultati delle determinazioni analitiche dovranno essere riportati anche in un’apposita tabella in formato ASCII o Microsoft Excel.

### 9.4. Modalità esecutive e strumentazione impiegata

Preliminarmente alla raccolta del campione, se non è già stata effettuata nell’ambito delle indagini geognostiche, si dovrà provvedere ad effettuare lo spurgo del piezometro. L'operazione di spurgo sarà svolta con pompe a bassa portata (qualche litro al minuto) che permettano di rimuovere l'acqua dal piezometro e dal suo intorno senza mobilizzare particelle di terreno che finirebbero nel campione di acqua, rendendolo torbido.

Il criterio generale da utilizzare per le procedure di spurgo è quello del volume del piezometro: dovrà essere, cioè, rimossa una quantità di acqua compresa tra 3 e 5 volte il volume di acqua presente in condizioni statiche all'interno del piezometro.

Le letture del livello di falda saranno effettuate con freatimetro, dopo aver eseguito le operazioni di spurgo, introducendo il puntale della sonda elettrica nel tubo piezometrico e rilevando la profondità alla quale si manifesta il segnale acustico e/o luminoso.

Al fine di determinare con precisione tale livello, che dovrà essere opportunamente annotato, la misura dovrà essere ripetuta diverse volte sollevando e abbassando il puntale all’interno del tubo. La precisione richiesta per la misura è di ± 1 cm.

Effettuata la misura del livello di falda, si procederà al prelievo di un campione con l’ausilio della pompa a bassa portata già utilizzata per le operazioni di spurgo.

Il prelievo dei campioni sarà effettuato dal tecnico del laboratorio incaricato di eseguire le determinazioni analitiche previste, con la supervisione del geologo che soprintenderà all’esecuzione

delle attività di spurgo e misura del livello piezometrico.

Ciascun campione sarà formato in due aliquote, per consentire l'eventuale ripetizione delle analisi.

I campioni dovranno essere disposti negli idonei recipienti e barattoli, in funzione delle determinazioni da effettuare, e riposti in un contenitore refrigerato per il trasporto in sicurezza al laboratorio.

Ciascun recipiente o barattolo e dovrà essere etichettato in modo idoneo, riportando l'identificativo del cantiere (luogo, progetto, committente, identificativo del laboratorio che ha eseguito il prelievo), la sigla del sondaggio/piezometro, la sigla del campione, la data e l'ora del prelievo, la quota di prelievo (rispetto al p.c.) (quota della falda).

### 9.5. Frequenza e durata del monitoraggio

Per il monitoraggio delle acque sotterranee si prevedono 2 campagne di bianco prima dell'inizio delle lavorazioni, una in periodo invernale e una in periodo estivo.

In fase di corso d'opera sarà svolta una campagna con cadenza trimestrale. Che continuerà in PO fino ai 3 anni successivi al collaudo della galleria idraulica al fine di consentire la definizione delle variazioni periodiche e stagionali della falda.

**Tabella 9-1 - Attività di monitoraggio per la componente acque di falda**

| Strumentazione | Parametri | Punti | n° campagne/anno | Durata singola campagna | Frequenza |
|---|---|---|---|---|---|
| ANTE OPERAM | | | | | |
| Rilievo piezometrico | Misura della quota della falda Parametri chimico-fisici | P1, P3, S8, SD e PZ Magistrato | 2 | - | Semestrale |
| Prelievo del campione e analisi chimico fisiche | Analisi di laboratorio (metalli, composti inorganici) | P1, S8, PZ Magistrato | 2 | - | Semestrale |
| CORSO D'OPERA | | | | | |
| Vedi AO | Misura della quota della falda Parametri chimico-fisici | P1, P3, S8, SD e PZ Magistrato | 4 | - | Trimestrale |
| Vedi AO | Analisi di laboratorio (metalli, composti inorganici) | P1, S8 PZ Magistrato | 4 | - | Trimestrale |
| POST OPERAM | | | | | |
| Vedi AO | Misura della quota della falda Parametri chimico-fisici | P1, P3, S8, SD e PZ Magistrato | 4 | - | Trimestrale |
| Vedi AO | Analisi di laboratorio (metalli, composti inorganici) | P1, S8 PZ Magistrato | 4 | - | Trimestrale |

# 10. AMBIENTE MARINO COSTIERO

## 10.1. Attività da svolgere

Il monitoraggio dell'ecosistema marino prevede indagini sulle diverse matrici che compongono l'ecosistema, al fine di offrire un quadro completo dello stato di qualità e permetterne la valutazione in relazione alle possibili modifiche nel corso della fase di cantiere e di esercizio.
Le indagini relative all'ecosistema marino che saranno eseguite nel corso del monitoraggio sono le seguenti:

- Analisi fisico – chimica delle acque;
- Analisi delle praterie di fanerogame

Obiettivo del monitoraggio è confermare che durante la fase di realizzazione delle opere in progetto, non vi saranno impatti sull'ecosistema marino (nelle sue componenti: acque marine, sedimenti, biota) che ne comportino un peggioramento rispetto allo stato attuale.
Gli impatti determinati dal progetto rispetto all'ecosistema marino sono da attribuire in parte alla fase di cantiere, durante le attività di colmata a mare e in fase di esercizio, durante gli eventi che generano l'attivazione della galleria scolmatrice.
I principali impatti possibili previsti in generale sono:

- l'aumento della torbidità;
- l'eventuale diminuzione temporanea della concentrazione di ossigeno disciolto nella colonna d'acqua,
- la sedimentazione dei materiali scaricati durante le piene
- i conseguenti effetti sull'habitat posidonieto, utilizzato come indicatore della salute dell'ecosistema

## 10.2. Ubicazione dei punti di monitoraggio

<u>Acque marine</u>
Le stazioni di rilevamento della qualità delle acque saranno posizionate in corrispondenza della zona di colmata a mare e dello sbocco della galleria scolmatrice, ove sarà smantellata e poi ripristinata la scogliera. I punti sono disposti a circa 50 metri dal punto di lavorazione.




**Figura 10-1 Punti di monitoraggio per la componente acque marine**

Posidonia oceanica

Prima dell'avvio delle lavorazioni sarà realizzata una campagna di indagine di bianco al fine di caratterizzare l'habitat Posidioneto. Sarà effettuata tramite ispezione visiva volta a valutare la distruzione spaziale e lo stato qualitativo del biota.

L'indagine sarà eseguita tramite ispezione visiva lungo dei transetti predisposti in prossimità dell'opera di sbocco della galleria, zona in cui sarà anche realizzata la scogliera provvisoria per l'allestimento dell'area di cantiere.
Sono stati identificati tre transetti predisposti rispettivamente circa 100 metri a nord e 100 metri a sud dell'opera di sbocco dello scolmatore e uno immediatamente a valle dello stesso (zona potenzialmente interessata dallo scarico delle piene).

Per la predisposizione dei punti di misura lungo i transetti è stato preso come riferimento il limite della formazione di Posidonia Oceanica viva riportato sull'atlante degli habitat marini del 2020 [1], in maniera tale da coprire tutta l'area che potrebbe essere potenzialmente interessata dalle lavorazioni.

[1] https://geoportal.regione.liguria.it/archivio-focus/item/605-nuovo-atlante-habitat-marini-2020.html

In maniera del tutto preliminare, laddove è accertata la presenza del biota, sono stati identificati 2 punti di misura per il transetto BIO_A (disposti ad una distanza di circa 25 m l'uno dall'altro) e solo 1 punto per il transetto BIO_B. Sul transetto BIO_C non è stata al momento prevista alcuna misura perché dal censimento messo a disposizione dalla Regione risulta essere presente solo *Matte morta di Posidonia Oceanica*. Successivamente alla verifica della presenza dell'habitat svolta sui transetti in AO, sarà accertato l'effettivo numero dei punti. Saranno previsti massimo 6 punti di indagine.

I transetti e l'ubicazione preliminare dei punti di ispezione sono raffigurati nella seguente figura.

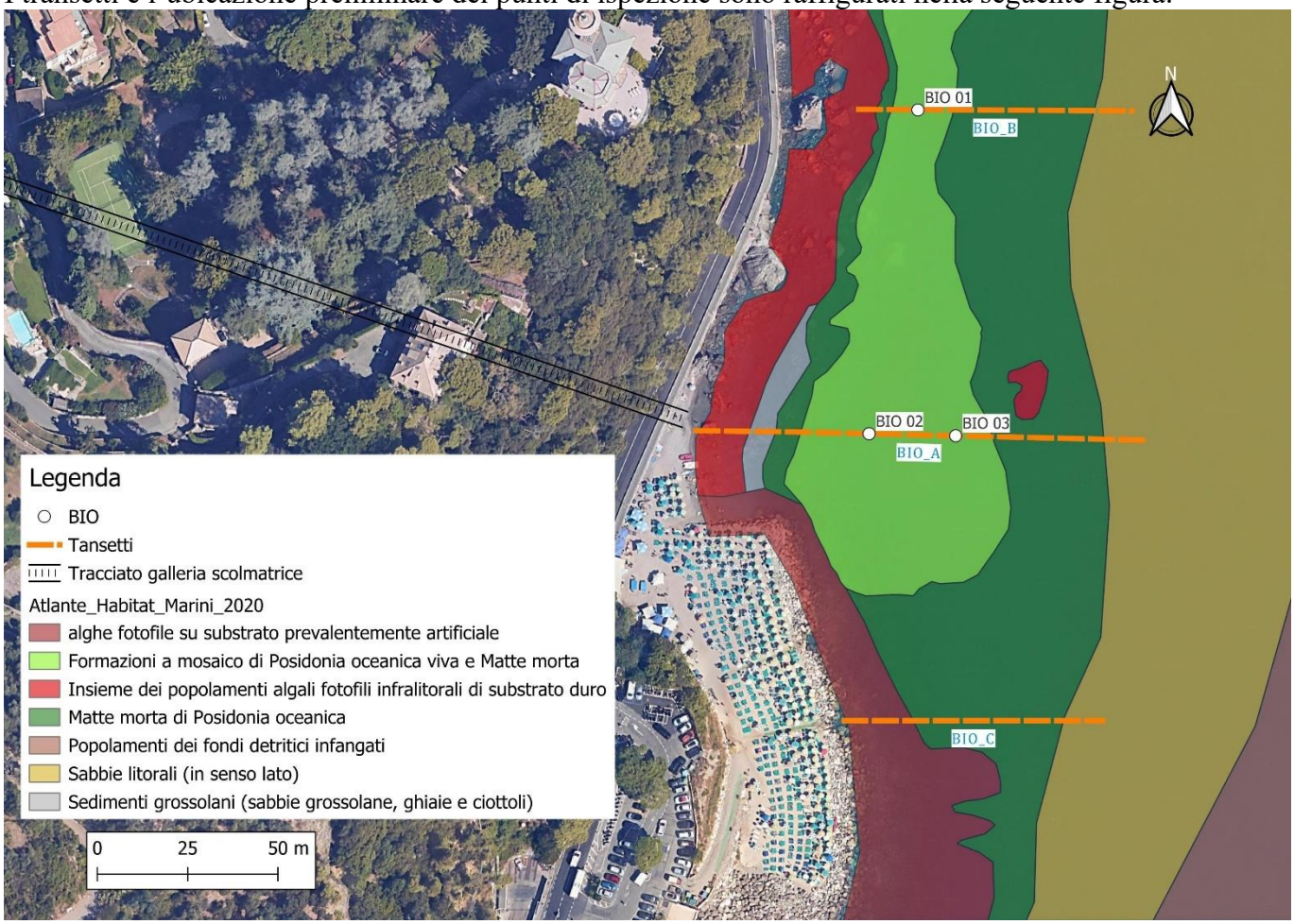



**Figura 10-2 Ubicazione dei transetti di caratterizzazione e indicazione dei punti di indagine per il biota.**

## 10.3. Parametri da monitorare

Acque marine

Per quanto riguarda i parametri fisici delle acque verranno compiute le seguenti misurazione in situ mediante sonda multiparametrica

- PH
- ossigeno disciolto
- temperatura
- torbidità

- conducibilità
- potenziale redox

Nella fase iniziale si procederà a determinare il contenuto di solidi sospesi su campioni d'acqua presi in parallelo, al fine di poter convertire i valori di torbidità in concentrazioni di solidi sospesi, mediante retta di calibrazione.

Fanerogame marine
Saranno determinati diversi indicatori dello stato di qualità delle praterie, in linea con quanto viene correntemente eseguito per il rilevamento delle praterie di *Posidonia oceanica* (indice PREI) da parte di ARPA Liguria

In ogni punto di indagine saranno rilevati:
- profondità della stazione di monitoraggio
- densità delle praterie, con calcolo dell'indice di copertura
- superficie fogliare dei fasci
- rapporto biomassa epifiti /biomassa fogliare
- misura (approssimativa) del tasso di erosione /sedimentazione

saranno altresì rilevati la profondità del limite inferiore della prateria e la tipologia dello stesso adottando la terminologia utilizzata da ARPAL per la descrizione delle praterie (in regressione, stabile ecc.)

### 10.4. Modalità esecutive e strumentazione impiegata per il monitoraggio

Acque marine
Per la misurazione in campo della torbidità, conducibilità ecc. potranno essere utilizzate sonde del tipo HYDROLAB in grado di registrare i dati misurati in una memoria interna o, in alternativa, trasmettere in superficie i dati mediante collegamento per mezzo di un cavo ad un notebook. Nell'utilizzo in modalità "autoregistrante" l'operatività è garantita da una memoria in grado di registrare fino a 120.000 dati e di batterie alcaline che provvedono all'alimentazione.
Le misure saranno condotte da natante, utilizzando la strumentazione sopraindicata dotata di sensore di profondità, la quale, collegata ad un computer portatile, permette di visualizzare e registrare in tempo reale le misure di torbidità e degli altri parametri lungo la colonna, alle corrispondenti profondità. I dati saranno registrati a partire da circa un metro dalla superficie, fino quasi in prossimità del fondo marino.
Le misure dovranno essere condotte in condizioni meteo tali da consentire la navigazione in sicurezza; quindi, non sarà possibile avere una misura diretta della torbidità sotto mareggiata.
In corso d'opera le misure saranno effettuate nell'arco delle ore di lavoro (8 ore /giorno), nelle altre fasi saranno effettuate solo rilevamenti istantanei.
Per quanto riguarda la misura della torbidità, si ricorda che la strumentazione impiegata consiste in un sensore che registra l'assorbimento della luminosità ed esprime la torbidità in NTU (unità nefelometriche di torbidità) oppure FTU (unità torbidimetriche di formazina).
In entrambi i casi le unità di misura sono basate su calibrazioni con gli stessi standard primari di formazina. Le unità torbidimetriche di formazina (FTU) sono con buona approssimazione equivalenti alle unità torbidimetriche nefelometriche (NTU), ma la relazione andrà definita sperimentalmente facendo indagini sito specifiche.

Allo stesso modo si procederà per la conversione di torbidità in mg/l di solidi sospesi, mediante prelievo di campioni d’acqua in contemporanea alla misura di torbidità e costruendo curve di taratura.

Fanerogame marine

Le indagini saranno condotte da operatori subacquei OSS (Operatori scientifici subacquei) dotati di lavagnette in pvc per annotare le informazioni raccolte, bindelle metrate, quadrati metallici 40x40 e fotocamere digitali scafandrate e bussole subacquee per l'orientamento.

Gli operatori subacquei percorreranno il transetto segnalando la presenza di eventuali fenomeni di danneggiamento delle praterie con scalzamento o perdita dei rizomi e fornendo una stima qualitativa dello stato di salute e una individuazione delle aree a maggiore o minore crescita.

Saranno effettuate fotografie a corredo della descrizione di cui sopra.

In corrispondenza dei punti di indagine quantitativa si procederà a delimitare mediante quadrato metallico l'area ove saranno effettuati i conteggi, che sarà segnalata mediante marker (asta graduata) che consentirà di valutare eventuali variazioni della quota dei fondali rispetto alla condizione di ante operam, utilizzata come zero di riferimento.

I dati quantitativi rilevati nel quadrato 40 x 40 cm saranno espressi con riferimento all'unità di superficie ($m^2$)

### 10.5. Frequenza e durata del monitoraggio

Acque marine

Le indagini sulla qualità delle acque saranno condotte con cadenza semestrale in AO e PO, eseguendo una misura in periodo estivo ed una in periodo invernale.

Il periodo di PO si estenderà per un anno dopo il termine delle lavorazioni

In CO le misure saranno effettuate con cadenza mensile in base al programma delle lavorazioni in modo da cogliere gli effetti delle attività.

Fanerogame marine

Sarà effettuata una prima campagna di bianco in Ante Operam prima dell'avvio delle lavorazioni.

Successivamente, in Corso d'Opera, sarà svolta una campagna con frequenza annuale per tutta la durata del cantiere (4 anni) ed i rilievi saranno effettuati in periodo estivo.

Il periodo di post operam si estenderà per cinque anni dal termine dei lavori, periodo in cui, statisticamente la galleria dovrebbe entrare in funzione almeno una volta. L'accadimento dell'evento dovrà essere opportunamente riportato nel rapporto da produrre alla fine del monitoraggio, per correlarlo ad eventuali variazioni a carico delle praterie.

La relazione degli esiti di ciascuna campagna di rilevamento va tempestivamente inviata alla Regione, che può disporre sulla base dei risultati eventuali ulteriori azioni di mitigazione.

**Tabella 10-1 Programma di monitoraggio – componente Ambiente marino costiero**

| **Strumentazione** | **Parametri** | **Punti** | **n° campagne/anno** | **Durata singola campagna** | **Frequenza** |
|---|---|---|---|---|---|
| **ANTE OPERAM** | | | | | |
| Analisi in situ qualità acque | portata Parametri chimico fisici | ACQ 01-05 | 2 | -. | semestrale |
| Fanerogame marine | Rilievo qualitativo e quantitativo | BIO_A BIO_B BIO_C | 1 | - | annuale |
| **CORSO D'OPERA** | | | | | |
| Analisi in situ qualità acque | Vedi AO | ACQ 01-05 | Variabile, in base alle lavorazioni | 5 gg. | Mensile (nei periodi di lavorazioni che interessino la porzione marina antistante) |
| Fanerogame marine | Vedi AO | (*) BIO_01 BIO_02 BIO_03 | 1 | | annuale |
| **POST OPERAM (**)** | | | | | |
| Analisi in situ qualità acque | Vedi AO | ACQ 01-05 | 2 | - | semestrale |
| Fanerogame marine | Vedi AO | (*) BIO_01 BIO_02 BIO_03 | 1 | - | annuale |

(*) la quantità dei punti è da verificare confermare successivamente alla fase di AO
(**) per la Posidonia Oceanica, la durata del post operam è pari a 5 anni