

# autostrade // per l'italia

## NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA

### Adeguamento del sistema

### A7 – A10 – A12

## PROGETTO DEFINITIVO


### SOMME A DISPOSIZIONE

## PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

## RELAZIONE

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA</b><br>Ing. Ferruccio Bucalo<br>Ord. Ing. Genova N. 4940<br><b>RESPONSABILE UNITA' MAM</b> | <b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b><br>Ing. Orlando Mazza<br>Ord. Ingg. Pavia N. 1496<br><b>RESPONSABILE AREA DI PROGETTO GENOVA</b> | <b>IL DIRETTORE TECNICO</b><br>Ing. Maurizio Torresi<br>Ord. Ingg. Milano N. 16492<br><b>RESPONSABILE FUNZIONE STP</b> |
|---|---|--|

| WBS | RIFERIMENTO ELABORATO |          |         |        |         |                |      | DATA:<br>GIUGNO 2015 | REVISIONE    |             |
|-----|-----------------------|----------|---------|--------|---------|----------------|------|----------------------|--------------|-------------|
|     | DIRETTORIO            |          |         | FILE   |         |                |      |                      | n.           | data        |
| -   | codice                | commessa | N.Prog. | unita' | ufficio | n. progressivo | Rev. | 1                    | Ottobre 2015 |             |
| -   | 1                     | 1        | 0       | 7      | 1       | 2              | 0    | 5                    | 2            | Aprile 2016 |
|     |                       |          |         |        |         |                |      |                      | 3            | Maggio 2016 |
|     |                       |          |         |        |         |                |      |                      |              |             |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <br>gruppo Atlantia | <b>RESPONSABILE PROGETTO GENOVA</b><br>Ing. Orlando Mazza<br>Ord. Ingg. Pavia N. 1496 | ELABORAZIONE GRAFICA<br>A CURA DI :     |  |
|  | CONSULENZA<br>A CURA DI :   | ELABORAZIONE PROGETTUALE<br>A CURA DI : |  |
|  |   | IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'          | Ing. Ferruccio Bucalo ord. ing. Genova n. 4940 |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <b>VISTO DEL COMMITTENTE</b><br><br>R.U.P. – Arch. Rossella Degni | <b>VISTO DEL CONCEDENTE</b><br><br><b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b><br><small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE<br/>STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small> |
|--|--|--|

## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUZIONE.....</b>                                      | <b>4</b>  |
| <b>2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....</b>                      | <b>6</b>  |
| 2.1. DESCRIZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO.....                    | 6         |
| 2.2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO STRADALE .....            | 8         |
| <b>3. DEFINIZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO .....</b>            | <b>16</b> |
| 3.1. ASPETTI GENERALI E REQUISITI DEL PIANO DI MONITORAGGIO..... | 16        |
| 3.2. COMPONENTI AMBIENTALI .....                                 | 19        |
| 3.2.1. COMPONENTE ATMOSFERA .....                                | 19        |
| 3.2.2. COMPONENTE RUMORE.....                                    | 20        |
| 3.2.3. COMPONENTE VIBRAZIONI .....                               | 22        |
| 3.2.4. COMPONENTE ACQUE SUPERFICIALI.....                        | 23        |
| 3.2.5. COMPONENTE ACQUE SOTTERRANEE.....                         | 24        |
| 3.2.6. COMPONENTE AMBIENTE MARINO.....                           | 26        |
| 3.2.7. COMPONENTE VEGETAZIONE .....                              | 26        |
| 3.2.8. COMPONENTE FAUNA .....                                    | 27        |
| 3.2.9. COMPONENTE ASSETTO FISICO DEL TERRITORIO .....            | 28        |
| 3.3. METODICHE DI RILEVAMENTO .....                              | 29        |
| 3.3.1. ATMOSFERA.....  | 29        |
| 3.3.2. RUMORE.....   | 39        |
| 3.3.3. VIBRAZIONI.....   | 45        |
| 3.3.4. COMPONENTE ACQUE SUPERFICIALI.....                        | 51        |
| 3.3.5. COMPONENTE ACQUE SOTTERRANEE.....                         | 56        |
| 3.3.6. COMPONENTE AMBIENTE MARINO.....                           | 64        |
| 3.3.7. COMPONENTE VEGETAZIONE .....                              | 67        |
| 3.3.8. COMPONENTE FAUNA .....                                    | 71        |
| 3.3.9. ASSETTO FISICO DEL TERRITORIO .....                       | 76        |
| <b>4. ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO .....</b>                         | <b>80</b> |
| 4.1. COMPONENTE ANTROPICA.....                                   | 80        |
| 4.1.1. ATMOSFERA.....  | 84        |
| 4.1.2. RUMORE.....   | 90        |
| 4.1.3. VIBRAZIONI.....   | 93        |
| 4.2. COMPONENTE IDRICA .....                                     | 96        |
| 4.2.1. ACQUE SUPERFICIALI ED ECOSISTEMI FLUVIALI .....           | 96        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 4.2.2.    | ACQUE SOTTERRANEE.....                          | 111        |
| 4.2.3.    | ACQUE MARINE.....                               | 125        |
| 4.3.      | SETTORE NATURALE.....                           | 128        |
| 4.3.1.    | VEGETAZIONE .....                               | 130        |
| 4.3.2.    | FAUNA   | 131        |
| 4.4.      | SETTORE ASSETTO FISICO DEL TERRITORIO.....      | 133        |
| <b>5.</b> | <b>ASPETTI ORGANIZZATIVI.....</b>               | <b>146</b> |
| 5.1.      | STRUTTURA OPERATIVA.....                        | 146        |
| 5.2.      | DEFINIZIONI SOGLIE MONITORAGGIO AMBIENTALE..... | 147        |
| 5.3.      | PROCEDURE DI PREVENZIONE DELLE CRITICITÀ .....  | 148        |
| <b>6.</b> | <b>SISTEMA INFORMATIVO .....</b>                | <b>150</b> |

## TAVOLE

- **MAM0002**: Corografia generale (scala 1:25.000)
- **MAM0003**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore antropico , Tavola 1 (scala 1:5.000)
- **MAM0004**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore antropico , Tavola 2 (scala 1:5.000)
- **MAM0005**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore antropico , Tavola 3 (scala 1:5.000)
- **MAM0006**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore antropico , Tavola 4 (scala 1:5.000)
- **MAM0007**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore antropico , Tavola 5 (scala 1:5.000)
- **MAM0008**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore antropico , Tavola 6 (scala 1:5.000)
- **MAM0009**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore idrico, Tavola 1 (scala 1:5.000)
- **MAM0010**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore idrico, Tavola 2 (scala 1:5.000)
- **MAM0011**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore idrico, Tavola 3 (scala 1:5.000)
- **MAM0012**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore idrico, Tavola 4 (scala 1:5.000)
- **MAM0013**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore idrico, Tavola 5 (scala 1:5.000)
- **MAM0014**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore idrico, Tavola 6 (scala 1:5.000)
- **MAM0015**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore naturale e assetto del territorio, Tavola 1 (scala 1:5.000)
- **MAM0016**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore naturale e assetto del territorio, Tavola 2 (scala 1:5.000)
- **MAM0017**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore naturale e assetto del territorio, Tavola 3 (scala 1:5.000)
- **MAM0018**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore naturale e assetto del territorio, Tavola 4 (scala 1:5.000)
- **MAM0019**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore naturale e assetto del territorio, Tavola 5 (scala 1:5.000)
- **MAM0020**: Ubicazione dei siti di monitoraggio, settore naturale e assetto del territorio, Tavola 6 (scala 1:5.000)

## 1. INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione generale del **Piano Integrato di Monitoraggio Ambientale** relativo al progetto di realizzazione del **Nodo stradale ed autostradale di Genova - Adeguamento del sistema A7-A10-A12+**.

Le infrastrutture autostradali della **area genovese (A10, A7, A12, A26)**, pur essendo nate per favorire gli spostamenti extraurbani, svolgono di fatto anche la funzione di tangenziale per il traffico urbano e di scambio, nonché quella di redistribuzione del traffico di attraversamento. È chiaro che **l'attuale configurazione della rete autostradale** - sia per le caratteristiche plano-altimetriche spesso inferiori agli standard minimi, sia per il carico di traffico peraltro a forte componente commerciale - è ormai inadeguata ad espletare entrambi i compiti.

Il Progetto della Gronda di Genova (o Gronda di Ponente) si è quindi posto **l'obiettivo di sgravare il tratto di A10 più interconnesso con la città di Genova** - cioè quello dal casello di Genova Ovest (Porto di Genova) sino all'abitato di Voltri - trasferendo il traffico passante su una nuova infrastruttura che si affianca all'esistente, costituendone di fatto un raddoppio.

In questo modo il traffico delle seguenti direttrici:

- Milano - Ventimiglia (per le O/D non attratte dalla A26)
- Livorno - Porto di Voltri - Ventimiglia
- Genova Ovest (Porto) - Porto di Voltri - Ventimiglia

che non ha necessità di connettersi con le aree cittadine, si sposterebbe sulla nuova infrastruttura, scaricando **l'A10** che rimarrebbe principalmente a servizio della città di Genova e delle sue funzioni.

Completano **l'intervento**:

- il potenziamento ed allacciamento delle autostrade A7 e A12;
- le interconnessioni della Gronda con **l'A10** in corrispondenza del Viadotto Morandi e a Voltri;
- il Nodo di S. Benigno che facilita le connessioni tra lo svincolo di Genova Ovest e il porto.

Il presente Piano di Monitoraggio è stato predisposto, contestualmente al Progetto Definitivo, come prescritto dal Decreto di pronuncia di compatibilità ambientale espresso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (DM n. **0000028** del 23.01.2014) che ha dichiarato la compatibilità ambientale del progetto e ha definito alcune prescrizioni per le attività di monitoraggio.

Il Piano viene definito integrato in quanto, come indicato nel Decreto VIA, deve essere concordato con **l'ARPA Liguria** e perché nella sua definizione è stato assunto il principio generale di perseguire **l'integrazione delle attività di monitoraggio ambientale** specifiche con le attività svolte dalla stessa ARPA Liguria a supporto degli Enti Pubblici competenti e sfruttando tutte le potenziali sinergie (localizzazione centraline fisse, programmi di indagine periodica, ecc.).

A tal scopo il presente PMA è stato revisionato a seguito degli incontri tecnici svolti con ARPAL in data 04.03.2016, 22.03.2016, 04.04.2016 e 27.05.2016, recependo le indicazioni pervenute per le diverse matrici ambientali.

Scopo fondamentale del Piano è quello di operare una azione di controllo sul territorio al fine di valutare gli effetti della costruzione delle opere autostradali fino alla loro 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 autostradali;
- 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 autostradali;
- 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 autostradali.

## 2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

### 2.1. Descrizione dell'area di intervento

L'area studiata si estende dalla località Vesima ad ovest, allo svincolo di Genova Est lungo la A12 e raggiunge verso sud la zona portuale di Sampierdarena.

Morfologicamente l'area è caratterizzata da una stretta fascia pianeggiante, parallela alla costa, che passa bruscamente ai rilievi montuosi retrostanti sempre molto acclivi, talora aspri, che raggiungono quote superiori ai 700 metri s.l.m.

Il reticolo idrografico è caratterizzato da torrenti montani, a prevalente andamento nord-sud, con versanti spesso a forte acclività, fondovalle incassati e strette fasce alluvionali. L'unico corso d'acqua con un fondovalle più sviluppato è il Torrente Polcevera, che nell'area di studio risulta regimato e scorre all'interno di argini artificiali.

I bacini idrografici principali ricadenti in tutto o in parte nell'area indagata sono, da ovest ad est, quelli dei torrenti Cerusa, Leiro, Branega, S. Pietro, Varenna, Chiaravagna, Polcevera e Bisagno. Vi sono, inoltre, una serie di aree scolanti e bacini di dimensioni minori con corsi d'acqua spesso tombinati nella parte terminale, si tratta di elementi caratterizzati da deflusso in ambiente quasi completamente urbanizzato.

Il tracciato in progetto si sviluppa attraversando, da ovest ad est, i bacini idrografici dei torrenti Cerusa, Leiro, Branega, San Pietro o Foce, Varenna, Chiaravagna, Polcevera e, marginalmente, Bisagno. Vi sono, inoltre, una serie di aree scolanti e bacini di dimensioni minori con corsi d'acqua spesso tombinati nella parte terminale, si tratta di elementi caratterizzati da deflusso in ambiente quasi completamente urbanizzato.

Il bacino del Torrente Cerusa occupa complessivamente circa 24 km<sup>2</sup>. I bacini secondari sono molto più sviluppati in sponda orografica destra che in sinistra. L'andamento della costa principale appare fortemente influenzato dall'assetto geologico strutturale dell'area. Il bacino è caratterizzato da versanti principali frequentemente interrotti da impluvi minori e da versanti secondari di forma stretta ed allungata.

Il bacino del Torrente Branega occupa circa 5 km<sup>2</sup> sviluppandosi da 881 m s.l.m. (Monte Cuccio) al livello del mare; il corso d'acqua principale ha lunghezza circa 5 km, ed è caratterizzato da una valle molto incisa.

Il bacino del Torrente San Pietro o Foce, esteso circa 3.6 km<sup>2</sup> da quota 617 m al livello del mare, è percorso da un reticolo idrografico composto principalmente dal Rio Fagaggia, ad ovest, e dal Rio San Pietro, ad est, entrambi a direzione NNE-SSO e che si uniscono a circa 300 m dalla foce in mare. Il bacino è caratterizzato dalla presenza di numerosi dissesti, per lo più impostati nei livelli superficiali.

Il bacino del Torrente Leiro è ubicato a monte dell'abitato di Voltri, a Ovest del capoluogo ligure e si caratterizza per la presenza di numerose ramificazioni. La costa principale ha uno sviluppo di circa 11 Km e si allunga secondo un orientamento circa Nord. Sud. La direzione di deflusso, praticamente perpendicolare alla costa ligure, raggiunge il mare nel punto più settentrionale del Golfo di Genova, nelle vicinanze dell'abitato di Voltri. I suoi affluenti principali sono il rio Gorsexio, il rio Acquasanta ed il rio Ceresolo, che drenano rispettivamente una superficie di 8.6 km<sup>2</sup>, 17.8 km<sup>2</sup> e 4.9 km<sup>2</sup>; un affluente minore è il rio Piccardo.

Le aste dei torrenti Gorsexio, Acquasanta e Ceresolo, hanno una lunghezza rispettivamente pari a 6.3 km, 8.7 km e 4.9 km. Lungo i versanti, in alcune zone, soprattutto in corrispondenza di tratti d'alveo in curva sono stati rilevati fenomeni di erosione. A questi si sono associati locali scalzamenti di materiale lungo le sponde e sul fondo dell'alveo.

Il Torrente Varenna si sviluppa in direzione nord. sud per circa 9 km sottendendo un bacino idrografico di circa 22 km<sup>2</sup>. Il suo affluente principale è rappresentato dal Rio Cantalupo, in destra idrografica. Nel tratto esaminato i versanti del bacino sono caratterizzati da movimenti franosi di medie dimensioni, mentre sono presenti fenomeni coinvolgenti spessori ed estensioni avvicinandosi ai corsi d'acqua.

Il bacino del Torrente Chiaravagna, esteso nell'entroterra di Sestri Ponente per circa 3.5 km e occupante una superficie di circa 11 km<sup>2</sup>, è caratterizzato da una morfologia fortemente influenzata dall'attività antropica: nella parte medio bassa del bacino sono presenti alcune attività di cava, si concentrano numerose strutture produttive ad alta qualificazione tecnologica ed in generale è presente un forte sviluppo urbano; nella parte alta è presente la più grande discarica di rifiuti solidi urbani autorizzata nella Regione; infine nel bacino è anche presente la spianata degli Erzelli, ottenuta attraverso la demolizione della vetta del M. S.Croce. In generale le criticità che si possono riscontrare lungo il tracciato sono fenomeni di instabilità di versante, attivi e potenziali, principalmente legati alle scarpate di cava, e potenziali fenomeni di allagamento e di erosione spondale in corrispondenza degli attraversamenti.

Il bacino del Torrente Polcevera è esteso per circa 140 km<sup>2</sup> da quota 1113 m (Monte Taccone) fino alla foce situata in mare presso Cornigliano; la sua principale è lunga circa 20 km. Il Torrente Polcevera trae origine dalla confluenza del torrente Verde con il torrente Riccò, nei pressi di Pontedecimo.

Gli affluenti in sinistra idrografica, che sono principalmente interessati dal progetto definitivo, sono il torrente Secca, che confluisce nel Polcevera in prossimità di Bolzaneto, il Geminiano ed il Torbella.

Gli affluenti in sponda destra sono i torrenti Burba, Trasta e Fegino.

Il reticolo idrografico del Polcevera e dei maggiori affluenti è fortemente condizionato dall'assetto strutturale, le cui direttrici principali sono disposte secondo direzioni N-S. La piana alluvionale di fondovalle si estende per una lunghezza di circa 7.5 Km, occupando una superficie di 5 km<sup>2</sup>. I sedimenti di cui è composta hanno spessori crescenti verso mare passando da pochi metri in corrispondenza di Pontedecimo, fino a circa 50 m nella zona della foce. Sulla prosecuzione a mare del Polcevera si trova un canyon sottomarino formatosi per fenomeni erosivi dovuti all'eccesso di sedimento trasportato. Gli effetti dell'antropizzazione nel bacino del Torrente Polcevera si osservano lungo i versanti, spesso oggetto in passato di attività agricole e pastorali, e soprattutto nei fondovalle, dove il crescente sviluppo degli insediamenti industriali e delle infrastrutture viarie è avvenuto lungo le aste dei corsi d'acqua a discapito degli alvei. A causa dell'elevato grado di antropizzazione raramente sono riconoscibili significative forme di evoluzione fluviale.

Dal punto di vista della stabilità dei versanti il tratto esaminato del bacino del Torrente Polcevera è caratterizzato dalla presenza di fenomeni franosi di dimensioni medio-piccole, impostatisi spesso ai danni della coltre di alterazione superficiale, ma in alcuni casi coinvolgenti spessori maggiori.



## 2.2. Descrizione generale del progetto stradale

La nuova infrastruttura è quasi completamente in sotterraneo (per oltre il 95% del suo sviluppo) e le caratteristiche sia tecnologiche che di tracciato sono nettamente distinte tra le opere poste a dx o a sx del torrente Polcevera.

Il Polcevera infatti - oltre a costituire la maggiore incisione del tracciato, caratterizzata quindi dalla realizzazione del viadotto Genova che risulta l'opera d'arte all'aperto di maggiore impatto sul territorio - rappresenta:

- lo spartiacque geologico tra i terreni potenzialmente amiantiferi della sua sponda dx e quelli non amiantiferi del lato sx, con forti implicazioni sulla scelta tecnologiche degli scavi in sotterraneo;
- l'elemento separatore tra il tracciato tortuoso ed articolato dei rami sul lato sx - che si occupano di assicurare l'interconnessione tra i vari tratti autostradali esistenti e la nuova infrastruttura - e quello più lineare della sponda dx, da dove parte la Gronda che si occupa essenzialmente di trasferire il traffico fino a Vesima, raddoppiando l'A10 esistente.

Questa netta divisione del tracciato ha influenzato vari elementi della cantierizzazione - ad es. l'uso di sistemi di scavo meccanizzato in dx Polcevera e di avanzamento tradizionale (con esplosivo o martelloni) in sponda sx - concentrando lungo il Polcevera varie infrastrutture di servizio alla costruzione.

### La riduzione delle viabilità di servizio

Le viabilità di servizio, che usualmente vengono inserite nei progetti delle opere infrastrutturali per facilitare l'accesso dei mezzi d'opera alle varie aree di lavoro, spesso costituiscono una delle componenti più invasive della costruzione:

- perché possono richiedere espropri e opere meno giustificabili, rispetto ai cittadini che li subiscono, di quelli relative all'opera principale;
- perché creano delle corsie preferenziali sulle quali si concentra per vari anni il traffico dei veicoli pesanti;
- perché a fine lavori costituiscono opere avulse dal contesto e non facilmente ripristinabili allo stato ante.

Per il Nodo di Genova si è quindi deciso di limitare la costruzione di nuove viabilità di servizio allo stretto indispensabile, agendo su due principi:

- l'utilizzo dell'autostrada esistente come principale vettore del traffico di cantiere: i principali cantieri di scavo delle gallerie confluiscono infatti in prossimità delle carreggiate esistenti ed è quindi possibile provvedere al trasporto dello smarino ed all'alimentazione degli imbocchi direttamente dall'autostrada;
- l'adeguamento di viabilità esistenti da utilizzare temporaneamente come viabilità di cantiere: le viabilità locali vengono utilizzate solo per le opere non eseguibili direttamente dalle autostrade esistenti (è il caso, ad esempio, delle pile dei nuovi viadotti della Gronda a Voltri, che devono essere costruite dalla vallata sottostante il tracciato) e un accurato studio dei percorsi già presenti sul territorio ha consentito di individuare alcuni tracciati da dedicare temporaneamente al passaggio dei mezzi d'opera, previo adeguamento delle geometrie della strada. In tal modo la viabilità beneficia a fine lavori delle opere di adeguamento eseguite.

### L'opera a mare

Dagli scavi in galleria è previsto che vengano movimentati oltre 12 milioni di mc di smarino, il cui deposito avrebbe costituito una difficoltà quasi insormontabile nel contesto genovese, caratterizzato da un territorio o fortemente urbanizzato o di alto pregio ambientale.

Il problema è stato risolto progettando il parziale riempimento del Canale di Calma, con la costruzione di un'opera di ampliamento verso mare dell'attuale banchina aeroportuale.

Il riempimento parziale del Canale di Calma . realizzando una cassa di colmata in continuità con l'attuale sedime aeroportuale e con superfici trattate in modo idoneo - si configura come un'opera in grado di risolvere anche la non conformità dell'Aeroporto e quindi rientra nel campo dell'utilizzo dello smarino come "sottoprodotto", ai sensi del D.Lgs 152/06.

Attualmente il Canale di Calma ha funzioni di dissipazioni dell'ondata non trattenuta dalla diga antemurale, mentre non è utilizzato abitualmente per la libera navigazione (salvo autorizzazioni speciali, tra cui quella del mezzo di navigazione per trasporto pubblico Celestino+e naturalmente dei mezzi di soccorso ed emergenza). Sia la funzione di regimazione idraulica che quella di corridoio di transito regolamentato sono compatibili con le configurazioni del fondale e la larghezza del canale modificate in base a quanto previsto dal progetto.

### Le aree di deposito a terra

L'inserimento nel progetto del riempimento dell'opera a mare ha consentito di ridurre ai minimi termini la necessità di depositi a terra, tanto che l'area individuata è esclusivamente l'adeguamento morfologico CI04 a Genova Est, costituito dal riempimento di una depressione per realizzare:

- un piazzale di caratterizzazione degli scavi che a fine cantiere rimarrà definitivamente a servizio della Soc. Autostrade;
- il riempimento della parte superiore della vallata, da utilizzarsi in fase di cantiere come stoccaggio dinamico (cioè soggetto a diversi svuotamenti e riempimenti durante la vita del cantiere) del materiale più pregiato proveniente dalle gallerie, da riutilizzare sull'opera a mare (imbasamento, riempimento cassoni, ..).

### Lo slurrydotto

Il trasporto del materiale potenzialmente amiantifero dall'imbocco delle TBM a Bolzaneto fino all'opera a mare . che pur rientrando nei limiti indicati nell'Allegato 5, Titolo V, Parte IV, Tabella 1, Colonna B del D.Lgs 152/2006, contiene fibre che non possono venire aerodisperse . ha richiesto la predisposizione di uno speciale vettore: lo slurrydotto.

Questo sistema - utilizzato da decenni nell'industria mineraria per il trasferimento a basso costo dei minerali . è costituito da un circuito idraulico (tipicamente una condotta metallica) all'interno del quale il materiale viene pompato dopo essere stato miscelato con acqua. Nel caso del Nodo di Genova, per fluidificare il materiale sarà utilizzata acqua marina, pompata fino al cantiere di imbocco delle frese (a Bolzaneto) dove verrà allestito l'impianto per diluire lo smarino fino a trasformarlo in una soluzione pompabile (lo slurry).

Le tubazioni di mandata saranno posizionate lungo il torrente Polcevera (sostenute da appositi monopali metallici) e garantiranno il trasporto dello smarino . anche amiantifero . senza richiedere circolazione di mezzi d'opera o emissioni inquinanti.

### Il campo base

L'unico sito destinato all'alloggio delle maestranze impegnate nei lavori di costruzione è ubicato in corrispondenza dell'area "Colisa", posta in prossimità della spalla Ovest del Viadotto Morandi. Il Campo è dimensionato per ospitare circa 700 persone, suddivise in 100 impiegati, 150 unità per ciascuna TBM e altri 300 operai per la prosecuzione dei rimanenti lavori in tradizionale.

Ultimata la fase di costruzione del sito, che richiederà lavori di movimento terra e di allestimento dei fabbricati, l'impatto del campo base sul territorio sarà minimo, visto che al suo interno non viene svolto alcun tipo di lavoro, ma solo servizi logistico-amministrativi.

### I cantieri industriali

Sono aree di dimensioni importanti (almeno 4-5.000 mq) destinate ad ospitare gli impianti maggiori (betonaggio, frantumazione) a servizio di più imbocchi o siti di lavoro. È quindi necessario prevederli in aree pianeggianti ben servite dalle viabilità e vicino a zone urbanizzate, anche se questo comporta il rischio di interferenze con l'ambiente circostante. Il loro impatto sarà mitigato con l'adozione degli opportuni apprestamenti (barriere antirumore, coibentazione totale degli impianti); inoltre le superfici dei piazzali sono impermeabilizzate e dotate di regimazione idraulica di tipo chiuso, che fa convergere le acque di piazzale ad un apposito impianto di chiarificazione/depurazione prima della restituzione nel reticolo idrografico.

La maggiore concentrazione di cantieri industriali è presente nella Valpolcevera nei pressi dello svincolo di Bolzaneto, dove si affacciano i cantieri ubicati in sponda dx e sx del torrente.

I cantieri di questo tipo previsti sono in totale 15 e possono essere così brevemente descritti:

- **CI01** . Viadotto Beo . Frana: è situato in fregio all'autostrada A10 . direzione Genova ed è costituito da due aree B poste altimetricamente in continuità con la quota della piattaforma stradale;
- **CI02** . Viadotti Vesima: è situato in corrispondenza dei viadotti Vesima esistenti ed è costituito da un ritombamento dell'impianto esistente finalizzato alla creazione di un piano di lavoro per le opere di ampliamento dei viadotti sopra citati;
- **CI03** . Viadotti e gallerie Voltri: è situato all'interno dell'area portuale di Voltri ed occupa una superficie pressoché pianeggiante. Dal punto di vista operativo si evidenzia una zona centrale opportunamente delimitata da recinzioni dedicata alla produzione di calcestruzzo. L'impianto di betonaggio è costituito da: un piazzale di scarico degli inerti e da un'area di stoccaggio degli stessi, un'area di miscelazione del calcestruzzo, insonorizzato, con silos per cementi e additivi e da un'area per il carico delle betoniere;
- **CI04** . Opera a mare: è situato all'interno dell'area portuale nei pressi della foce del torrente Polcevera in destra idrografica ed occupa una superficie pressoché pianeggiante. Dal punto di vista operativo si distinguono 4 zone: l'area di caratterizzazione, l'area di impianto betonaggio, l'area dell'impianto di

depurazione delle acque del canale di calma e impianto di frantumazione e produzione dello slurry;

- **CI05** . Demolizione rampa elicoidale: è situato in corrispondenza della rampa elicoidale esistente che, provenendo da Ovest lungo l'autostrada A10, subito dopo il viadotto Morandi, consente l'immissione sulla autostrada A7 in direzione Milano. In fase di progetto il raccordo A10 . A7 dir. MI avverrà mediante nuovi rami di svincolo, si prevede pertanto la dimissione e al demolizione di tale rampa;
- **CI06** . Campursone: è situato in corrispondenza dello svincolo di Genova Est e viene ricavato mediante ritombamento della valle esistente nel tratto a monte dell'imbocco lato Sud della galleria Campursone esistente. Si prevede di adibire tale cantiere ad area di caratterizzazione e stoccaggio dello smarino delle gallerie scavate con metodo tradizionale in materiali non amiantiferi;
- **CI07** . Torbella: è situato lungo l'autostrada A12 . direzione Livorno, immediatamente prima dell'imbocco lato Genova della galleria Monte Sperone esistente ed è dedicato alla produzione di calcestruzzo;
- **CI08** . Viadotto Genova Pila 2: è situato in fregio al Mercato ortofrutticolo ad Est ed è dedicato alla realizzazione della pila 2 del viadotto Genova;
- **CI09** . Viadotto Genova Pila 3: è situato in fregio al Mercato ortofrutticolo ad Ovest ed è dedicato alla realizzazione della pila 3 del viadotto Genova. Tra le sistemazioni per tale area si prevede la realizzazione di un'apposita opera di scavalco affiancata a quella ferroviaria;
- **CI10** - Logistica Viadotti e gallerie: situato in destra idrografica del torrente Secca ed immediatamente a Nord del Mercato ortofrutticolo; occupa una superficie che sarà ricavata previa demolizione del fabbricato esistente. Dal punto di vista operativo il cantiere sarà dedicato ad area logistica e di stoccaggio;
- **CI11** . Viadotto Mercantile: è situato in destra idrografica del torrente Secca ed immediatamente a Nord della rotatoria sulla Via Sardorella. Dal punto di vista operativo il cantiere sarà destinato alla produzione di calcestruzzo;
- **CI12** . Viadotti Secca: è situato in destra idrografica del torrente Secca ed immediatamente a Nord dei viadotti autostradali esistenti (A7). Dal punto di vista operativo il cantiere sarà destinato ad area di caratterizzazione dei materiali, necessaria per attestare l'idoneità degli stessi ad essere riutilizzati per la realizzazione di rilevati o ritombamenti e quindi non allontanati dal cantiere e portati a discarica speciale;
- **CI13** . Imbocco frese: tale area costituisce uno dei due punti nodali del sistema di cantierizzazione del Nodo stradale ed autostradale di Genova. È situato in destra idrografica del torrente Burla, immediatamente a monte della confluenza di tale torrente nel Polcevera. Dal punto di vista operativo il cantiere CI13 sarà dedicato alla realizzazione della spalla lato Savona del viadotto Genova e ad area di assemblaggio delle TBM che verranno impiegate per lo scavo della gronda;
- **CI14** . Impianti frese: tale area costituisce il secondo dei due punti nodali del sistema di cantierizzazione del Nodo stradale ed autostradale di Genova ed è situato in sinistra idrografica del torrente Burla anch'esso immediatamente a monte della confluenza del tale torrente nel Polcevera. Dal punto di vista operativo sarà invece dedicato alla realizzazione degli impianti di

caratterizzazione e trattamento dei materiali amiantiferi provenienti dalla gronda e dallo scavo delle gallerie dello svincolo di Voltri;

- **CI16** . Pista Polcevera per slurrydotto: è situato in sinistra idrografica del torrente Polcevera immediatamente a Nord dei viadotti ferroviari lungo Via Perlasca. Dal punto di vista operativo il cantiere sarà destinato ad area di stoccaggio dei materiali necessari (carpenterie metalliche) per la realizzazione dello slurrydotto+.

Di seguito si riporta, per ciascun cantiere industriale, l'elenco delle principali lavorazioni previste.

| Tipo di sorgente                               | CANTIERI INDUSTRIALI |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|--|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|  | CI 01                | CI 02 | CI 03 | CI 04 | CI 05 | CI 06 | CI 07 | CI 08 | CI 09 | CI 10 | CI 11 | CI 12 | CI 13 | CI 14 | CI 16 |  |
| Area di caratterizzazione                      |                      |       |       | X     |       | X     |       |       |       |       |       | X     |       | X     |       |  |
| Area stoccaggio componenti fresa da assemblare |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | X     |       |       |  |
| Area stoccaggio conci                          |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | X     |       |       |  |
| Area stoccaggio inerti                         |                      |       | X     | X     |       |       | X     |       |       |       | X     |       |       |       |       |  |
| Area stoccaggio materiali gallerie             |                      |       | X     |       |       |       |       |       |       | X     | X     |       |       | X     | X     |  |
| Area stoccaggio materiali viadotti             | X                    |       |       | X     |       |       |       | X     | X     |       |       | X     |       | X     |       |  |
| Area stoccaggio smarino                        |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| Gruppo elettrogeno in ambiente insonorizzato   |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | X     |       |       |  |
| Impianto di betonaggio                         |                      |       | X     | X     |       |       | X     |       |       |       | X     |       |       | X     |       |  |
| Impianto di frantumazione                      |                      |       |       |       | X     |       |       |       |       |       | X     |       |       | X     |       |  |
| Impianto di ventilazione gallerie              |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | X     |       |       |  |
| Lavaggio betoniere e automezzi                 |                      |       |       | X     |       |       | X     |       |       |       | X     |       | X     |       | X     |  |
| Produzione area sana in ambiente insonorizzato |                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | X     |       |  |

### I cantieri di imbocco

I cantieri di imbocco sono costituiti dalle aree esattamente antistanti all'imbocco delle gallerie, che saranno occupate dall'impresa durante l'esecuzione dei lavori di scavo; per la loro dimensione limitata vengono destinate ad ospitare esclusivamente gli impianti più strettamente necessari alla gestione dei lavori in sotterraneo (impianto di ventilazione, impianto acqua industriale, impianto aria compressa, impianto di depurazione delle acque), oltre ad un limitato deposito di materiali da costruzione (centine, bulloni) o di terre da scavo.

Anche in questo caso le superfici dei piazzali sono impermeabilizzate e dotate di regimazione idraulica di tipo chiuso, che fa convergere le acque di piazzale ad un apposito impianto di chiarificazione/depurazione prima della restituzione nel reticolo idrografico.

Il progetto prevede 16 cantieri di imbocco, generalmente ubicati in siti difficilmente raggiungibili e lontani dalle aree più urbanizzate, per cui il loro impatto sull'ambiente risulterà limitato:

- **CI17** . Imbocco galleria Borgonuovo lato SV: è situato in corrispondenza dell'interconnessione di Vesima e costituisce l'area finale di sbocco delle TBM impiegate per lo scavo delle gallerie Borgonuovo;
- **CI18** . Borgonuovo lato GE: è situato in corrispondenza dell'interconnessione di Voltri e costituisce l'area sulla quale si prevede il riassetto delle TBM precedentemente smontate e trasportate attraverso i viadotti Cerusa ed il loro impiego per lo scavo delle gallerie Borgonuovo;
- **CI19** . Bric del Carmo lato Sud: è situato in corrispondenza dell'interconnessione di Voltri immediatamente ad Ovest dell'imbocco esistente della galleria Nervallo e tale area verrà utilizzata principalmente a servizio della realizzazione dell'ampliamento del viadotto Cerusa esistente;
- **CI20** . Voltri lato SV: è situato in corrispondenza dell'interconnessione di Voltri immediatamente ad Est dei nuovi viadotti Cerusa. Tale area verrà utilizzata principalmente come area di transito dei componenti delle TBM verso l'imbocco delle gallerie Borgonuovo e successivamente per la realizzazione dei citati viadotti Cerusa;
- **CI21** . Voltri lato SV: è situato in corrispondenza dell'interconnessione di Voltri immediatamente ad Ovest dei nuovi viadotti Leiro. Dal punto di vista operativo tale cantiere costituisce il piazzale di imbocco delle gallerie Voltri che verranno scavate interamente con metodo tradizionale. Una volta ultimati gli scavi tali gallerie verranno utilizzate come varco di transito verso l'imbocco delle gallerie Borgonuovo dei componenti delle TBM precedentemente smantellate sul cantiere CI20;
- **CI22** . Ciocia lato AL: è situato in corrispondenza dell'interconnessione di Voltri in fregio all'autostrada A26 . direzione Alessandria. Dal punto di vista operativo tale cantiere costituisce il piazzale di imbocco della galleria Bric del Carmo che verrà scavata con metodo tradizionale;
- **CI23** . Delle Grazie lato Sud: è situato in corrispondenza dell'interconnessione di Voltri in fregio all'autostrada A10 . direzione Ventimiglia. Tale area verrà utilizzata principalmente per la realizzazione dell'ampliamento del viadotto Leiro esistente;
- **CI24** . Amandola lato SV: è situato in corrispondenza dell'interconnessione di Voltri all'uscita delle gallerie Amandola Est ed Ovest. Su tale piazzale si prevede

lo smontaggio delle frese ed il trasporto delle stesse attraverso i viadotti Leiro e le gallerie Voltri per il successivo assemblaggio in corrispondenza del cantiere CI18;

- **CI25** . Amandola lato GE + Monterosso lato SV: è situato in corrispondenza della Val Varenna ed è costituito da un ritombamento provvisorio a quote comprese tra +122 e +120m s.l.m. Dal punto di vista operativo si prevede che le TBM, una volta ultimato lo scavo delle gallerie Monterosso, transitino sul ritombamento per poi iniziare lo scavo delle gallerie Amandola. Una volta transitate le TBM si prevede di smantellare il ritombamento e di realizzare i viadotti Varenna Est ed Ovest come da progetto;
- **CI26** . Nodo Torbella: è situato in corrispondenza della Val Torbella immediatamente ad Ovest delle gallerie Montesperone, tale area verrà utilizzata come nodo a partire dal quale verranno scavate con metodo tradizionale le gallerie Torbella Est, Bric du Vento, F.te Diamante, Torbella Ovest, M.te Sperone esistente (alesaggio), Granarolo e M.te Sperone;
- **CI27** . F.te Diamante + S. Rocco + Polcevera: è situato in fregio all'autostrada A7 immediatamente a Nord dello svincolo di Bolzaneto a quote comprese tra +72 e +80m s.l.m.. Dal punto di vista operativo il piazzale è organizzato su più livelli collegati da rampe di cantiere ed è previsto a servizio dello scavo con metodo tradizionale delle gallerie Polcevera, S. Rocco e F.te Diamante. Sulla porzione settentrionale di piazzale a quota +77m s.l.m. saranno inoltre realizzate le spalle del viadotto Mercantile e la spalla del viadotto Orpea;
- **CI28** . Polcevera + Baccan + Bric du Vento: è situato in fregio all'autostrada A7 immediatamente a Sud dello svincolo di Bolzaneto a quota pari a circa +85m s.l.m.; il piazzale è previsto a servizio dello scavo con metodo tradizionale delle gallerie Baccan e Bric du Vento, mentre per lo smaltimento del materiale di scavo verrà sfruttato il passaggio attraverso la galleria Polcevera già realizzata dal cantiere CI27;
- **CI29** . Montesperone + Campursone: è situato in corrispondenza dello svincolo di Genova Est sulla piazzola esistente all'uscita della galleria Campursone. Dal punto di vista operativo si prevede inizialmente lo scavo con metodo tradizionale della galleria Campursone a partire dall'imbocco Sud; tale galleria, una volta ultimata, fungerà da passaggio di collegamento con il piazzale di imbocco principale, previsto a servizio dello scavo con metodo tradizionale della galleria M.te Sperone e con metodo meccanizzato del cunicolo di emergenza;
- **CI30** . Granarolo: è situato in corrispondenza della barriera di Genova Ovest e verrà ricavato previo parziale consolidamento e successivo sbancamento del versante orientale affacciato sul piazzale di esazione;
- **CI31** . Moro 1 + Moro 2: è situato in fregio alla autostrada A7 all'altezza della rampa elicoidale di raccordo tra tale autostrada e l'autostrada A10 (viadotto Morandi);
- **CI32** . Morego: è situato a Nord dei viadotti Orpea e Secca lungo l'autostrada A7 e la sua realizzazione consente il collegamento tra la carreggiata in direzione MI e la carreggiata in direzione GE della stessa autostrada.

Di seguito le principali tipologie di lavorazioni previste per ciascun cantiere.

| Tipo di sorgente                               | CANTIERI DI IMBOCCO |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | CI 17               | CI 18 | CI 19 | CI 20 | CI 21 | CI 22 | CI 23 | CI 24 | CI 25 | CI 26 | CI 27 | CI 28 | CI 29 | CI 30 | CI 31 | CI 32 |
| Area di caratterizzazione                      |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Area stoccaggio componenti fresa da assemblare | X                   | X     |       |       |       |       |       | X     | X     |       |       |       |       |       |       |       |
| Area stoccaggio conci                          |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | X     |       |       |       |
| Area stoccaggio inerti                         |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Area stoccaggio materiali gallerie             |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Area stoccaggio materiali viadotti             |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Area stoccaggio smarino                        |                     |       |       |       |       |       |       |       |       | X     |       |       |       |       |       |       |
| Gruppo elettrogeno in ambiente insonorizzato   |                     | X     |       |       | X     | X     |       |       | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     |
| Impianto di betonaggio                         |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Impianto di frantumazione                      |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Impianto di ventilazione gallerie              |                     | X     |       |       | X     | X     |       |       | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     |
| Lavaggio betoniere e automezzi                 | X                   | X     |       |       | X     | X     |       |       | X     | X     | X     | X     | X     | X     |       | X     |
| Produzione area sana in ambiente insonorizzato |                     | X     |       |       | X     | X     |       |       | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     |



### 3. DEFINIZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO

#### 3.1. Aspetti generali e requisiti del Piano di Monitoraggio

Il presente Piano Integrato di Monitoraggio Ambientale (PMA) è stato redatto e strutturato innanzitutto sulla base delle indicazioni presenti nel Decreto VIA di riferimento (DM n. 0000028 del 23/01/2014), oltre che delle Linee Guida emanate dal Ministero dell'Ambiente; tiene conto inoltre delle informazioni presenti nello Studio di Impatto Ambientale (SIA) del progetto in esame, nell'ambito del quale è stata condotta un'analisi dettagliata di tutte le componenti ambientali potenzialmente impattate dai lavori di realizzazione dell'intervento in oggetto.

La selezione delle componenti è stata operata anche in ottemperanza delle indicazioni e delle prescrizioni del sopra richiamato Decreto VIA, di seguito brevemente sintetizzate:

- **è richiesta la esecuzione di un Sistema di Monitoraggio Integrato dell'Opera per tutte le componenti ambientali** che dovrà essere concordato con l'ARPA Liguria e dovrà porre particolare attenzione al controllo dei flussi di traffico sulla viabilità interessata dalle attività di costruzione e dei flussi della rete in cui si inserisce la nuova infrastruttura autostradale per l'aggiornamento degli studi, delle verifiche e delle ottimizzazioni oggetto delle presenti prescrizioni; il programma del monitoraggio dovrà essere presentato al MATTM ai fini dell'ottemperanza (cfr. prescrizione 11);
- **è richiesto un programma di monitoraggio piezometrico per le concessioni idriche** con maggiore valore economico, ed in particolare per le terme Acquasanta e le sorgenti Madonna della Guardia, che consenta di valutare, già nelle fasi iniziali, eventuali interferenze e di attuare idonei interventi di mitigazione o eliminazione dell'impatto (cfr. prescrizione 23);
- **è richiesto un programma di monitoraggio della qualità dell'aria, secondo quanto indicato dal D. Lgs. 155 del 13.08.10**, da concordare con Arpa Liguria e da avviare almeno 12 mesi prima dell'inizio dei lavori da proseguire per l'intera durata dei lavori e per due anni dalla entrata in esercizio dell'infrastruttura (cfr. prescrizione 12);
- **è richiesto un programma di monitoraggio delle componenti rumore e vibrazioni** nelle fasi ante operam, corso d'opera e post operam, che preveda campagne di rilevamento del clima acustico con le modalità ed i criteri contenuti nel DM 16.03.1998, viene inoltre richiesta un'adonea banca dati per l'archiviazione e diffusione delle informazioni ed il monitoraggio post operam dovrà durare due anni (cfr. prescrizione 35);
- **è richiesto un monitoraggio geotecnico** per il rischio di innesco di fenomeni gravitativi in seguito all'esecuzione degli scavi provvisori e definitivi sia nei terreni instabili (a scadenti caratteristiche geotecniche), caratterizzati dalla presenza di corpi franosi per i quali esiste la possibilità di una riattivazione, sia in terreni con bassa propensione al dissesto, laddove però si attuano azioni di progetto tali da determinare mobilitazioni di versante (cfr. prescrizione 15);
- **è richiesto un piano di monitoraggio sulle interferenze dei corpi idrici superficiali** provocate dalle opere di progetto e dalle attività di cantiere, prima, durante e successivamente alla realizzazione delle opere (cfr. prescrizione 24);
- **è richiesto un programma di monitoraggio quali/quantitativo delle acque sotterranee** in fase ante operam, corso d'opera e post operam in corrispondenza di captazioni ubicate nella fascia di influenza delle gallerie; è inoltre richiesto un

controllo quali-quantitativo delle acque intercettate dalla galleria (cfr. prescrizione 20);

- **è richiesto un monitoraggio dell'ambiente marino** in fase ante operam e corso d'opera in corrispondenza del canale di calma; è inoltre richiesto un monitoraggio della zona di formazione del potenziale accumulo di sedimenti di fronte alla banchina di ILVA (cfr. prescrizione 27);
- **è richiesto un programma di monitoraggio della Fauna troglobia** in fase ante operam, corso d'opera e post operam per verificare gli eventuali impatti dell'opera sulla fauna delle grotte (cfr. prescrizione 30);
- **è richiesto un monitoraggio delle popolazioni di *Austropotamobius pallipes*** in fase ante operam in corrispondenza dell'attraversamento del torrente Varenna; è inoltre richiesto un monitoraggio delle specie ornitiche di interesse comunitario in fase post operam (cfr. prescrizione 33).

Per quanto riguarda alcune aree interessate da fenomeni franosi quiescenti, che in fase di esecuzione dei lavori potrebbero essere riattivati, è stato richiesto da parte dell'Autorità di Bacino un'attività di **monitoraggio geotecnico di superficie** in corrispondenza di tali aree, che vengono considerate particolarmente vulnerabili.

Il Piano di Monitoraggio, che recepisce quindi le indicazioni riportate nel Decreto Ministeriale, è articolato sui settori ambientali individuati e oggetto di monitoraggio nelle fasi **ante operam, corso d'opera e post operam**.

La stessa localizzazione dei punti di misura potrà subire variazioni durante la fase ante operam in base a richieste degli Enti di Controllo ed alla disponibilità dei proprietari delle aree in cui verranno eseguite le misure. Al termine della fase ante operam, al fine di definire i valori di tutela ambientale che esprimano effettivamente la compatibilità con le attività previste per la realizzazione del progetto autostradale, saranno stabilite le **soglie di azione** da attribuire ai principali indicatori ambientali individuati per le diverse componenti monitorate.

Di seguito si riportano alcune considerazioni sintetiche suddivise per settore ambientale e relative ai vari aspetti analizzati durante la stesura e la definizione del Piano di Monitoraggio Ambientale.

#### Settore Antropico

Dato il tipo di lavorazioni previste per la cantierizzazione e la realizzazione del progetto, quali la realizzazione di rilevati, il deposito temporaneo di materiale, lo scavo delle gallerie e l'infissione di pali, oltre al passaggio di mezzi pesanti lungo la viabilità di servizio e di cantiere, in corrispondenza dei ricettori interferiti dalle lavorazioni ora indicate si provvederà alla verifica della qualità dell'aria, del clima acustico e vibrazionale, quest'ultimo inteso sia come disturbo alle persone, sia come danno alle strutture.

È stata quindi definita e strutturata una rete di monitoraggio ambientale dedicata ai suddetti aspetti e suddivisa nelle seguenti componenti ambientali: Atmosfera, Rumore e Vibrazioni.

#### Settore Idrico

Gli interventi previsti in corrispondenza di ponti, viadotti e attraversamenti fluviali, con la realizzazione di opere in alveo, quali sistemazioni spondali, guadi provvisori e ampliamento di pile e spalle e la presenza di interventi di rimodellamento morfologico

di alcune zone con significativi movimenti di materiale, richiedono una particolare attenzione al controllo e al monitoraggio dei corsi d'acqua, con particolare riferimento agli aspetti di quali-quantitativi delle acque e degli ecosistemi fluviali. All'interno del Piano di Monitoraggio Ambientale è stata quindi prevista la componente ambientale legata a tali aspetti, denominata nel seguito Acque Superficiali ed Ecosistemi Fluviali.

L'inserimento nel progetto del riempimento dell'opera a mare ha portato ad analizzare nel Piano di monitoraggio anche la componente Acque Marine.

La presenza nel progetto di importanti opere in sottterraneo, in grado di alterare il regime di flusso idrico sottterraneo, unitamente ad una criticità idrogeologica dovuta all'interferenza di tali opere con l'acquifero presente ha reso inoltre necessario l'inserimento all'interno del PMA della componente Acque Sotterranee.

### Settore Naturale

Il territorio in cui si inserisce l'area di studio è fortemente condizionato dagli aspetti climatici, dalla sua posizione geografica ed in modo particolare dalla presenza di un mare profondo a poca distanza dalla costa. La vegetazione si dimostra l'espressione più evidente dei diversi tipi di ambiente e rivela in ogni momento i modi e i gradi d'influenza ai quali è sottoposta da parte dell'uomo. In relazione alla zonazione altitudinale, il territorio in oggetto è interamente compreso nel piano basale ed è possibile riconoscere vari orizzonti con differenti caratteristiche vegetazionali,

Relativamente alla fauna e agli ecosistemi, nell'area esaminata nel presente studio, sono presenti i seguenti ecosistemi: sistema dei boschi di latifoglie, sistema dei boschi di conifere, sistema dei prati e degli arbusteti, sistema delle zone umide, sistema antropico e sistema agricolo. Ciascuno di essi è contraddistinto da popolamenti faunistici, più o meno caratteristici. La morfologia del territorio e gli usi a cui, nel tempo, è stato sottoposto ha determinato una mosaicatura di unità ecosistemiche piuttosto articolata, che, unita alla propensione della fauna a spostarsi sul territorio in base alle esigenze trofiche, possono determinare localmente una distribuzione faunistica piuttosto flessibile.

Sono inoltre presenti numerose cavità carsiche, soprattutto nella zona della Val Chiaravagna, caratterizzata dalle formazioni geologiche dei calcari di Gallaneto e Lencisa e delle dolomie del Gazzo

Dato il tipo di opere previste (realizzazione di rilevati e dei viadotti, lo scavo delle gallerie e la realizzazione dei cantieri,) in corrispondenza delle aree a più alta naturalità e valenza ecologica, si provvederà alla verifica del disturbo che tali opere potranno indurre sulla vegetazione, su alcuni gruppi faunistici o sulle singole specie.

### Assetto fisico del territorio

Alcune opere in progetto (trincee, viadotti, rilevati, gallerie) interferiscono con aree interessate da fenomeni franosi, attivi e/o quiescenti. Il rischio di innescamento di movimenti gravitativi in seguito all'esecuzione di scavi, provvisori o definitivi, e l'intervento di rimodellamento morfologico, richiedono una specifica attenzione. In tale ottica, all'interno del Piano di Monitoraggio Ambientale, è stata prevista un'attività di monitoraggio geotecnico e definita una rete di rilevazione strumentale di superficie in corrispondenza di aree particolarmente vulnerabili e di ricettori considerati sensibili. Tale monitoraggio va a integrare il monitoraggio geotecnico previsto dal progetto per le opere in senso stretto, in particolare per le gallerie.

## 3.2. Componenti ambientali

### 3.2.1. Componente atmosfera

Le problematiche legate all'inquinamento atmosferico riguardano le situazioni di impatto che possono verificarsi sia durante la realizzazione dell'opera che nella fase di esercizio dell'infrastruttura stradale.

La diffusione di polveri che si verifica nell'ambiente esterno in conseguenza delle attività di cantiere, dell'apertura di cave e depositi, dei lavori di scavo, della movimentazione di materiali da costruzione e di risulta lungo la viabilità di cantiere e sulle sedi stradali ordinarie, rappresenta un problema molto sentito dalle comunità locali per due ordini di considerazioni:

- gli ambiti spaziali interessati dai fenomeni di dispersione e di sedimentazione del materiale particolato sono rappresentati da aree urbanizzate o coltivate, nelle quali è possibile l'insorgere di problemi sanitari o di danni materiali;
- la dispersione e sedimentazione di polveri ha effetti vistosi e immediatamente rilevabili dalla popolazione; si tratta infatti di fenomeni visibili anche a distanza (nubi di polveri), che hanno la possibilità di arrecare disturbi diretti agli abitanti (deposito di polvere sui balconi, sui prati, sulle piante da frutto, sulle aree coltivate, etc.).

Le campagne di monitoraggio ante operam e in fase di cantierizzazione hanno pertanto l'obiettivo primario di valutare gli incrementi dei livelli di concentrazione delle polveri aerodisperse in corrispondenza di particolari ricettori, al fine di individuare le possibili criticità e di indirizzare gli interventi di minimizzazione.

Il monitoraggio ante operam avrà lo scopo di fornire una base di riferimento aggiornata, per quanto riguarda le concentrazioni di fondo delle polveri nelle aree e nei punti in cui le attività di cantiere potranno determinare un significativo impatto.

Le fasi operative, che durante la realizzazione dell'intervento in progetto possono essere particolarmente critiche per la emissione di polveri, sono le seguenti:

- operazioni di scotico delle aree di cantiere;
- formazione dei piazzali e della viabilità di cantiere;
- scavo delle gallerie (emissioni di polveri dagli imbocchi);
- esercizio degli impianti di betonaggio;
- movimentazione dei materiali sulla viabilità ordinaria e di cantiere;
- attività dei mezzi d'opera nelle aree di deposito.

Le maggiori problematiche sono generalmente determinate dal risollevarimento di polveri dalle pavimentazioni stradali causato dal transito dei mezzi pesanti, dal risollevarimento di polveri dalle superfici sterrate dei piazzali ad opera del vento, da importanti emissioni localizzate nelle aree di deposito degli inerti, dello smarino e degli impianti di betonaggio.

La caratterizzazione della qualità dell'aria viene effettuata mediante una serie di rilievi in punti di monitoraggio fisicamente coincidenti con i ricettori interessati dalle attività di cantiere.

Al fine di comporre un quadro conoscitivo dettagliato dei livelli di inquinamento atmosferico e delle sue cause negli ambiti territoriali interessati dal progetto di monitoraggio è fondamentale definire preliminarmente i criteri utilizzati per la scelta dei punti di misura e individuare i fattori la cui variazione potrebbe causare la necessità di modificare il piano ipotizzato.

Questo problema è particolarmente sentito nelle fasi di corso d'opera, quando è più facile che l'organizzazione dei cantieri e della viabilità annessa sia soggetta a modifiche determinate da esigenze di ottimizzazione delle tipologie e delle fasi di lavorazione.

I punti di monitoraggio destinati a completare il quadro di riferimento ante operam sono stati selezionati considerando:

- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo ai tracciati autostradali;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo ai cantieri principali e secondari;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo alla viabilità di corso d'opera a servizio dei cantieri.

I punti di monitoraggio per il corso d'opera sono stati selezionati considerando:

- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo ai fronti di avanzamento delle lavorazioni in corrispondenza dei tracciati autostradali;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo ai cantieri principali e secondari;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo alla viabilità di corso d'opera a servizio dei cantieri.

Il monitoraggio in corso d'opera sarà effettuato sui medesimi punti selezionati in fase ante operam, per caratterizzare la qualità dell'aria nelle aree che saranno interessate dalle attività di cantiere, cave, depositi e viabilità di servizio.

I punti di monitoraggio per il post operam sono stati selezionati considerando le caratteristiche di sensibilità del sistema ricevente prossimo ai tracciati autostradali; il monitoraggio sarà ripetuto sui medesimi punti selezionati in fase ante operam, per caratterizzare la qualità dell'aria delle aree interessate dall'attuale esercizio.

Allo scopo poi di valutare il reale contributo dell'esercizio autostradale ai livelli di qualità dell'aria è prevista nella fase post operam anche l'acquisizione dei dati di traffico nel tratto interessato dall'intervento; inoltre si ricorda che i dati di qualità dell'aria potranno essere utilizzati anche per lo studio di carattere scientifico previsto dalle prescrizioni ministeriali a carico del Concessionario, e finalizzato ad individuare il punto di equilibrio tra i flussi veicolari e le emissioni degli inquinanti.

La localizzazione precisa dei punti di monitoraggio riportata nelle tavole allegate potrà essere oggetto di integrazioni e modifiche in base alle specifiche esigenze che eventualmente dovessero emergere nelle singole fasi di attività (ante, corso e post operam) ed a seguito di sopralluoghi da parte degli Enti competenti.

### 3.2.2. Componente rumore

Il controllo del rumore nelle aree interessate dal progetto si configura, nella fase di monitoraggio ante operam, come strumento di conoscenza dello stato attuale dell'ambiente finalizzato alla verifica degli attuali livelli di qualità, al rispetto dei limiti normativi e al controllo delle situazioni di degrado, per poi assumere in corso d'opera e in esercizio il ruolo di strumento di controllo della dinamica degli indicatori di riferimento e dell'efficacia delle opere di mitigazione sia in termini di azioni preventive che di azioni correttive.

Il monitoraggio ante operam ha lo scopo di fornire una esaustiva ed aggiornata base di riferimento dei livelli e delle dinamiche degli indicatori di rumore in un insieme di aree e punti relativi al tracciato autostradale attuale, alle aree e viabilità di cantiere e al tracciato autostradale di progetto.

I criteri generali per la scelta delle aree e delle sezioni di monitoraggio si basano sull'individuazione di:

- aree attraversate dall'infrastruttura attuale già ora %offerenti+(nuclei abitati);
- aree di massima interazione opera-ambiente, con particolare attenzione agli effetti sinergici determinati da sorgenti di rumore presenti sul territorio;
- principali centri abitati attraversati da mezzi di cantiere;
- presenza di ricettori particolarmente vulnerabili (scuole, ospedali, ecc.);
- aree attualmente silenziose per le quali può essere prevista una accentuata dinamica negativa degli indicatori.

Nelle fasi di realizzazione dell'opera si verificheranno le emissioni di rumore di tipo continuo (impianti fissi, lavorazioni continue), discontinuo (montaggi, traffico mezzi di trasporto, lavorazioni discontinue) e puntuale. Le principali emissioni dirette e indirette di rumore derivanti dalle attività del corso d'opera sono attribuibili alle fasi sotto indicate:

- costruzione del tracciato;
- scavo delle gallerie;
- esercizio dei cantieri industriali e dei campi base;
- costruzione o adeguamento della viabilità di cantiere;
- movimentazione dei materiali di approvvigionamento ai cantiere
- movimentazione dei materiali di risulta alle aree di deposito
- attività dei mezzi d'opera nelle aree di deposito
- esercizio delle aree di deposito.

La localizzazione precisa dei punti di monitoraggio riportata nelle tavole allegate potrà essere oggetto di integrazioni e modifiche in base alle specifiche esigenze che eventualmente dovessero emergere nelle singole fasi di attività (ante, corso e post operam) ed a seguito di eventuali sopralluoghi e/o di richieste di Enti amministrativamente competenti.

Al fine di garantire uno svolgimento qualitativamente omogeneo delle misure, la ripetibilità delle stesse e la possibilità di creare un catalogo informatizzato aggiornabile ed integrabile nel tempo, è necessario che le misure vengano svolte con appropriate metodiche.

L'unificazione delle metodiche di monitoraggio e della strumentazione utilizzata per le misure è necessaria per consentire la confrontabilità dei rilievi svolti in tempi diversi, in differenti aree geografiche e ambienti emissivi.

Le metodiche di monitoraggio e la strumentazione impiegata considerano i riferimenti normativi nazionali e gli standard indicati in sede di unificazione nazionale (norme UNI) ed internazionale (Direttive CEE, norme ISO) e, in assenza di prescrizioni vincolanti, i riferimenti generalmente in uso nella pratica applicativa.

Le metodiche di monitoraggio sono inoltre definite in relazione alla variabilità del rumore da caratterizzare e alla attendibilità della stima richiesta nella singola postazione di misura.

### 3.2.3. Componente vibrazioni

Il monitoraggio delle vibrazioni ha lo scopo di definire i livelli attuali di vibrazione determinati dalle sorgenti in essere, le condizioni di criticità e la compatibilità con gli standard di riferimento in corrispondenza di un campione rappresentativo di ricettori e di seguirne l'evoluzione durante la fase di costruzione in prossimità di ricettori particolarmente sensibili.

Queste verifiche riguardano in generale gli effetti di "annoyance" sulla popolazione, gli effetti su edifici e beni storico-monumentali di particolare rilevanza e gli effetti di interferenza con attività produttive ad alta sensibilità.

Nel caso specifico il monitoraggio è limitato alle sole strutture residenziali e produttive in quanto si ritiene che l'intensità delle vibrazioni prodotte sia dall'autostrada sia dai cantieri siano tali da non provocare danni ad eventuali infrastrutture (oleodotti, acquedotti, ecc.) che interferiscono con l'opera oggetto del monitoraggio.

Il monitoraggio ante operam delle vibrazioni ha lo scopo primario di fornire una base di conoscenza dei livelli di vibrazione in un insieme di aree che saranno interessate dalle attività di costruzione dell'infrastruttura stradale.

Il progetto di monitoraggio individua i seguenti ambiti di intervento:

- caratterizzazione dei livelli di fondo ambientale nelle aree più significative, attualmente non interessate o debolmente interessate da sorgenti di vibrazioni, al fine del confronto ante operam/corso d'opera
- caratterizzazione dei livelli ante operam in corrispondenza di punti particolarmente sensibili o prossimi a sorgenti di emissione già operanti (rilevanze architettoniche, storico-culturali, ricettori prossimi a viadotti dotati di giunti, prossimi alla linea FS, prossimi a scavi di gallerie, etc.), al fine del confronto ante operam/corso d'opera.

Il monitoraggio ante operam ha inoltre lo scopo di acquisire le informazioni di base sui ricettori potenzialmente esposti alle vibrazioni e di caratterizzare la vulnerabilità dei manufatti: gli edifici vengono tipizzati ai sensi della UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici" che richiede l'identificazione della categoria di struttura, della classe di fondazione e, infine, del tipo di terreno.

Il monitoraggio delle vibrazioni in corso d'opera ha tre finalità:

- documentare la variazione dei livelli di vibrazione rispetto all'ante operam
- verificare il rispetto dei limiti normativi
- svolgere una azione preventiva e di controllo nei casi di superamento degli standard.

Nelle fasi di realizzazione, i cantieri mobili lungo i tracciati dell'autostrada ospitano generalmente le sorgenti di vibrazioni più significative. Infatti in tale fase le lavorazioni che arrecheranno maggiori disagi saranno legate all'infissione dei micropali e alla compattazione dei rilevati con rulli vibranti.

Anche i cantieri fissi principali e di lavoro sono aree con presenza di sorgenti di vibrazioni significative.

La movimentazione dei materiali di approvvigionamento o di risulta lungo la viabilità di cantiere comporta una emissione di vibrazioni che può risultare significativa solo se localizzata in corrispondenza di edifici residenziali ad elevata densità abitativa. Le piste di cantiere sono in corrispondenza dell'As1 o parallele a quest'ultima, quindi l'impatto vibrazionale legato alle viabilità può essere ritenuto trascurabile.

Le principali emissioni di vibrazioni derivanti dalle attività di cantiere sono attribuibili alle seguenti fasi:

- scavi;
- formazione dei rilevati (vibrocompattatori);
- scavo dei pali di fondazione (sistemi a scalpello o a percussione): pali di grande diametro e micropali.

Il progetto di monitoraggio identifica le aree problematiche e i punti di massima esposizione potenziale, fermo restando che le indagini in merito alle specifiche fasi di attività che verranno monitorate dovranno essere svolte preventivamente ai momenti di massimo utilizzo di macchine ed attrezzature, al fine di poter fornire elementi utili alla prevenzione dell'annoyance o del danno.

#### 3.2.4. Componente acque superficiali

Morfologicamente l'area è caratterizzata da una stretta fascia pianeggiante, parallela alla costa, che passa bruscamente ai rilievi montuosi retrostanti sempre molto acclivi, talora aspri, che raggiungono quote superiori ai 700 metri s.l.m. Il reticolo idrografico è caratterizzato da torrenti montani, a prevalente andamento nord-sud, con versanti spesso a forte acclività, fondovalle incassati e strette fasce alluvionali. L'unico corso d'acqua con un fondovalle più sviluppato è il Torrente Polcevera, che nell'area di studio risulta regimato e scorre all'interno di argini artificiali.

Il tracciato in progetto si sviluppa attraversando, da ovest ad est, i bacini idrografici dei torrenti Cerusa, Leiro, Branega, San Pietro o Foce, Varenna, Chiaravagna, Polcevera e, marginalmente, Bisagno. Vi sono, inoltre, una serie di aree scolanti e bacini di dimensioni minori con corsi d'acqua spesso tombinati nella parte terminale, si tratta di elementi caratterizzati da deflusso in ambiente quasi completamente urbanizzato.

Il progetto prevede l'ampliamento e l'adeguamento di vari ponti e viadotti; sono inoltre previsti vari interventi di sistemazione e regimazione idraulica. Durante le lavorazioni inoltre i corsi d'acqua e le aree perifluviali possono essere interessate dalla realizzazione delle aree di cantiere necessarie all'esecuzione degli interventi di progetto.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale per il settore delle acque superficiali ha quindi lo scopo di definire un sistema di controllo quali-quantitativo del reticolo idrografico, al fine di valutare le potenziali alterazioni indotte dalle opere autostradali in fase di realizzazione e di esercizio.

La rete dei punti di controllo è stata definita sulla base del progetto autostradale, considerato nella sua globalità (tracciato e opere d'arte, aree di cantiere e campi base, viabilità di servizio, sistemazioni idrauliche e idrogeologiche, aree di deposito) e sulla base dell'inquadramento ambientale del progetto dal punto di vista del sistema idrografico, con particolare attenzione agli aspetti idrologico-idraulici e di qualità delle acque, tenendo conto degli effetti potenzialmente verificabili sul comparto idrico superficiale.



Le alterazioni potenzialmente attuabili sul sistema idrografico nel corso dei lavori sono riferibili a tre categorie di effetti:

- modificazione delle condizioni di deflusso (livelli, velocità, assetto dell'alveo), prodotte dall'insediamento di opere in alveo definitive o provvisorie;
- modificazione delle caratteristiche di qualità fisico-chimica dell'acqua provocate dalle attività costruttive, e/o dallo scarico di sostanze inquinanti derivanti dalle lavorazioni e dagli insediamenti civili di cantiere;
- modificazioni delle caratteristiche di qualità dell'ambiente fluviale complessivo, a seguito di alterazioni dell'habitat nei comparti idraulico, morfologico, chimico-fisico, biologico, vegetazionale (provocate da attività antropiche quali lavorazioni in alveo con mezzi meccanici, scarico di materiali in alveo ecc).

Inoltre le eventuali alterazioni e impatti possono avere rilevanza a scala locale, in prossimità di una lavorazione puntuale, o a scala più ampia, a causa della propagazione verso valle di eventuali contaminazioni, o semplicemente a causa della continuità territoriale del reticolo idrografico. I punti di controllo verranno quindi posizionati in modo da:

- monitorare i corpi idrici a monte e a valle dell'interferenza;
- monitorare gli effetti verso valle delle eventuali contaminazioni;

Il Piano di Monitoraggio riguarderà i corsi d'acqua della rete idrografica superficiale principale interagenti con il tracciato autostradale, secondo una impostazione di indagini per campagne.

### 3.2.5. Componente acque sotterranee

Nell'area in esame sono presenti per gran parte unità idrogeologiche formate da rocce metamorfiche fratturate con permeabilità secondaria medio-bassa.

In tale contesto la circolazione idrica sotterranea mostra un andamento parietale (localmente di versante), in cui vi è una sostanziale coincidenza tra spartiacque sotterranei e superficiali, ovvero la congruenza tra bacini imbriferi principali e bacini idrogeologici.

I dati acquisiti sui punti d'acqua e i risultati delle analisi idrochimiche e chimico-isotopiche eseguite sulle acque sotterranee hanno consentito la caratterizzazione dei circuiti di alimentazione dei pozzi e sorgenti censiti nell'area di studio. Sono state individuate in linea di massima tre circolazioni:

- “ una circolazione corticale epidermica (localmente);
- “ una circolazione più profonda (intermediate);
- “ una circolazione profonda (regionale).

La circolazione corticale epidermica (localmente) si trova nella fascia di decompressione delle fratture, di norma particolarmente attiva orientativamente nei primi 20-50 m dal piano campagna, con regime dei circuiti fortemente variabile in funzione della ricarica stagionale ma influenzata sostanzialmente anche delle precipitazioni brevi e intense. Le analisi isotopiche sull'ossigeno evidenziano come i tempi di residenza delle acque siano anche inferiori all'anno idrologico e come si riscontrino inoltre significativi rimescolamenti di acque di infiltrazione locale in prossimità della zona di risorgenza.

La composizione isotopica delle acque evidenzia una quota isotopica di ricarica prossima alla quota di risorgenza. Dal punto di vista idrochimico le acque di questa

circolazione so-no essenzialmente in facies carbonatica, ovvero con  $\text{HCO}_3$  come anione dominante e con uno scarso contenuto di TDS.

La circolazione più profonda (%intermediate+), generalmente più lenta e con maggiori tempi di residenza sotterranei, ma ancora variabile e poco influenzata dai cicli di ricarica stagionali; dal punto di vista idrochimico le acque di questa circolazione sono essenzialmente in facies solfatica, ovvero con  $\text{SO}_4$  come anione dominante.

La circolazione profonda (%regional+), lenta e con i tempi di residenza sotterranei più elevati, scarsamente variabile o influenzata solo dai cicli di ricarica stagionali; tale circolazione è più attiva nei settori tettonizzati, e prevalentemente nelle dislocazioni in regime trascorrente o distensivo, dove la fratturazione risulta maggiormente pervasiva in profondità. La composizione isotopica delle acque evidenzia una quota isotopica di ricarica molto più alta della quota di risorgenza. Dal punto di vista idrochimico le acque di questa circolazione mostrano un chimismo evoluto, con valori elevati di conducibilità elettrica e di TDS, e mostrano il cloro come anione dominante. Indicativo di questa circolazione è anche lo zolfo.

Ulteriori distinzioni sulle modalità di circolazione delle acque nel sottosuolo possono essere fatte tra le parti alte e basse dei versanti.

Nelle parti alte dei versanti le acque di infiltrazione vanno ad alimentare la circolazione nella coltre di alterazione superficiale e nel circuito epidermico che possono emergere in sorgenti poste a varie quote. Le aliquote di pioggia che si infiltrano possono contribuire anche, in particolari condizioni strutturali, all'alimentazione dei circuiti profondi.

Nelle parti basse dei versanti non si osservano generalmente sorgenti ma le acque dei vari circuiti più o meno profondi vanno ad alimentare la falda contenuta nei depositi alluvionali di fondovalle.

Gli acquiferi più importanti presenti nell'area in esame per la loro potenzialità e per lo sfruttamento cui sono soggette sono quelli, in ordine di importanza, presenti nei depositi alluvionali attuali e antichi della vallata del Torrente Polcevera, nelle Dolomie di Monte Gazzo e nei Metabasalti del Monte Vigogna.

Relativamente all'acquifero alluvionale la circolazione idrica sotterranea è strettamente legata a porosità, forma, estensione e dimensione dei depositi ed alla posizione e continuità di livelli coesivi, che possono compartimentare localmente la falda. Gli apporti idrici sono dovuti sia ad infiltrazione diretta che ad alimentazione di subalveo del Torrente Polcevera e la normale direzione del deflusso delle acque segue la direzione della classe vallivo.

Le alterazioni qualitative che possono determinarsi dal contatto tra acque sotterranee e materiali di rivestimento possono essere di diverso tipo, come riportato anche in letteratura; possono verificarsi in caso di interferenza diretta tra corpi idrici e gallerie e nel caso di circuiti idrogeologici brevi e superficiali.

Il Piano di Monitoraggio delle acque sotterranee, articolato in indagini su sorgenti, pozzi e misure in corrispondenza delle gallerie è orientato ai seguenti aspetti:

- certificazione dello stato quali-quantitativo dei corpi idrici nella situazione precedente l'avvio dei lavori;
- controllo dei corpi idrici nella fase di cantiere.

I criteri per la definizione degli elementi della rete di monitoraggio sono basati sulla considerazione del rischio di interferenza tra opere in progetto e corpi idrici sotterranei in relazione a quanto emerso dagli studi idrogeologici e in base alla rilevanza socio-economica di ogni captazione.

### 3.2.6. Componente Ambiente marino

Il progetto della Gronda di Genova prevede la realizzazione di un deposito a mare per il confinamento delle terre di risulta dalla escavazione delle gallerie autostradali; la conterminazione a mare sarà costituita da una serie di cassoni cellulari posizionati nel canale di calma in adiacenza all'area aeroportuale, in modo da creare una cassa di colmata di circa 65 ha di superficie.

Le modalità esecutive dell'opera sono state studiate allo scopo di ottenere un coefficiente di permeabilità tale da garantire la separazione idraulica tra l'interno e l'esterno dell'opera stessa.

In fase progettuale la verifica degli impatti dell'opera sull'ambiente marino circostante è stata condotta mediante l'utilizzo di modelli matematici e anche attraverso lo sviluppo di una apposita analisi di rischio; in fase esecutiva invece si ritiene opportuna, anche in relazione a quanto richiesto dal MATTM con Dec/VIA n. 028 del 23.01.2014, un'attività di controllo quali-quantitativo, soprattutto durante la fase di costruzione del deposito a mare, al fine di valutare le potenziali alterazioni indotte dalla costruzione dell'opera, e in fase di esercizio per la verifica delle condizioni ambientali nel canale di calma.

Il monitoraggio ambientale delle acque marine comprenderà quindi una serie di rilievi sui principali parametri chimico-fisici, chimici e biologici che potrebbero esser impattati dai lavori durante le seguenti lavorazioni:

- posa del geotessuto di separazione tra il fondale naturale e lo scanno di imbasamento dei cassoni;
- posa del materiale granulare di imbasamento dei cassoni;
- affondamento e zavorramento finale dei cassoni;
- riempimento dei cassoni.
- in particolare saranno verificati, sia prima dell'avvio dei lavori, che in corso d'opera, che in fase di esercizio, i seguenti elementi:
- la qualità delle acque e dei sedimenti marini, con riguardo anche agli aspetti biologici;
- l'idrodinamismo che si verificherà nel canale di calma a seguito della realizzazione delle casse di colmata;
- l'andamento del fondale marino dal punto di vista della batimetria.

### 3.2.7. Componente Vegetazione

La realizzazione dell'autostrada può provocare modifiche ed alterazioni delle caratteristiche della vegetazione dell'area.

Il monitoraggio della vegetazione, previsto nelle tre fasi ante operam, di corso d'opera e post operam, è mirato ad individuare l'eventuale presenza, e nel caso l'entità, dei seguenti potenziali fattori di impatto sulla vegetazione, individuati nella fase di Studio di Impatto Ambientale:

- sottrazione di vegetazione;
- alterazione della struttura della vegetazione e del patrimonio floristico;
- introduzione di specie alloctone e antropogene;

- impatto sulla vegetazione per inquinamento e/o depauperamento dell'ambiente idrico;
- impatto sulla vegetazione per emissioni gassose in atmosfera;
- impatto sulla vegetazione per sollevamento di polveri;
- impatto sulla vegetazione per alterazioni prodotte dai mutamenti morfologici (scavi, riporti, depositi di inerti) e dall'introduzione di infrastrutture (viadotti, rilevati, ecc.);
- impatto sulla vegetazione per modifica della struttura e tessitura del suolo (ad es. fenomeni di costipazione del suolo).

La scelta delle aree di monitoraggio è stata effettuata considerando la tipologia dell'opera (tracciato, viabilità di servizio, cantieri, aree di deposito, aree estrattive) alla luce di quanto è emerso dal SIA, in relazione alle caratteristiche vegetazionali e alla presunte criticità che si possono ripercuotere su di esse.

In particolare dal SIA emergono come punti a maggior impatto per la vegetazione i cantieri e gli imbocchi di galleria.

Inoltre sono previsti dei siti di controllo lontani dai cantieri e da possibili fonti di alterazione per affinare l'interpretazione delle dinamiche vegetazionali delle formazioni oggetto delle attività di cantiere. Il numero e la tipologia dei siti di controllo sono correlati alle tipologie vegetazionali individuate ed alla concreta reperibilità di formazioni non disturbate.

Nel caso in cui si dovessero verificare eventuali interazioni tra la componente in oggetto e la gestione delle acque, saranno effettuati degli approfondimenti specifici.

### 3.2.8. Componente Fauna

Il Piano di Monitoraggio si pone come obiettivo la verifica degli impatti attesi in seguito alle opere di progetto (nuovo tratto autostradale, cantieri e viabilità di servizio connesse).

La proposta di monitoraggio si basa sull'analisi di gruppi zoologici, in modo da permettere una più attenta valutazione del grado di funzionalità ecologica degli habitat monitorati, oltre che su particolari specie-guida.

In generale il monitoraggio della fauna tenderà a verificare la diversa presenza delle specie in relazione a:

- la sottrazione di habitat e/o di fonti alimentari per la fauna nelle diverse aree interessate dall'opera;
- il possibile disturbo alla fauna da inquinamento acustico;
- l'impatto sulla fauna per inquinamento dell'ambiente idrico;
- l'impatto sulla fauna per alterazioni prodotte dai mutamenti morfologici (scavi, riporti, depositi di inerti);
- l'impatto sulla fauna per alterazioni prodotte dai mutamenti delle condizioni idrologiche ed idrografiche (es. intercettazione di fossi e scoline; modificazione della velocità dell'acqua per difese trasversali, pile di viadotti, ecc.);
- l'introduzione di infrastrutture (rilevati, ecc.) che determinano un effetto barriera nei confronti degli spostamenti della fauna terrestre;

- impatto dell'opera sul sistema delle cavità carsiche e conseguente alterazione della fauna troglobia.

Come principio generale per tutti gli indicatori faunistici, nella fase di posizionamento dei rilievi verrà adottato uno schema spaziale lungo transetti a distanza crescente dalle opere (strade e/o cantieri). Questa disposizione permetterà di valutare l'entità dell'estensione dell'impatto attraverso il confronto con la situazione ante operam, senza ricorrere al monitoraggio in aree di controllo+ posizionate lontano dalle opere e difficilmente paragonabili con le aree sperimentali. Tali aree, infatti, non possono di fatto essere individuate in maniera da avere come unica variabile differente il passaggio o meno del tracciato autostradale, in quanto il territorio attraversato presenta continue variazioni geomorfologiche e microclimatiche, anche a breve distanza, le quali non rendono attendibile il confronto con le aree di impatto.

Nel caso in cui si dovessero verificare eventuali interazioni tra la componente in oggetto e la gestione delle acque, saranno effettuati degli approfondimenti specifici.

### 3.2.9. Componente assetto fisico del territorio

L'attività di monitoraggio, relativa alla componente Assetto Fisico del Territorio, ha lo scopo di individuare e monitorare potenziali condizioni di interferenza, delle opere autostradali, sulla stabilità del territorio e dei versanti. Si tenga conto che, per l'opera oggetto di tale Piano di Monitoraggio, il progetto prevede già un monitoraggio geotecnico per lo scavo delle gallerie naturali e per le opere in sotterraneo, sia durante la fase di corso d'opera che durante la fase di esercizio. Il monitoraggio descritto in tale PMA, pertanto, rappresenta un'integrazione a quanto già previsto dal progetto e riguarda soprattutto quelle aree in cui le interferenze possono interessare ricettori sensibili quali abitazioni, edifici in genere, movimenti franosi noti, viabilità ecc.

L'individuazione dei siti da sottoporre a monitoraggio passa attraverso due momenti salienti:

- individuazione delle aree sensibili+, definite sulla base della propensione al dissesto associabile alla litologia presente;
- individuazione delle tipologie di opere sensibili+, ossia potenzialmente soggette ad influenzare le condizioni di stabilità dei versanti.

Dalla sovrapposizione delle opere sensibili+ su aree sensibili+ si individuano le aree da monitorare a cui viene attribuito un diverso grado di dettaglio ed estensione.

Per analizzare la possibilità di interazioni tra progetto ed aspetti geologici del territorio interessato si è fatto riferimento all'assetto geomorfologico dei versanti, con particolare attenzione a tutte le forme di versante dovute alla gravità e all'assetto idrogeologico (acquiferi incontrati, falde presenti e loro opere di captazione, acque sorgive). Nel contesto geologico, sia l'aspetto geomorfologico che quello idrogeologico individuano le condizioni per definire la sensibilità di un territorio.

Gli aspetti idrogeologici e geomorfologici, inoltre, riassumono e sintetizzano gli altri elementi caratteristici della geologia dell'area, quali litologia, rapporti stratigrafici, assetto geostrutturale, acclività, circolazione idrica sotterranea, ecc. e le loro diverse combinazioni possono innescare fenomeni gravitativi od escludere che questi si verifichino.

Sono considerate opere sensibili e dunque potenzialmente interferenti con il territorio circostante, le seguenti categorie:

- Opere di imbocco delle gallerie;

- Gallerie parietali e/o a debole profondità;
- Spalle dei viadotti;
- Settori a mezzacosta;

Il progetto, come anticipato, prevede già un monitoraggio della stabilità delle opere in senso stretto (imbocchi di gallerie, spalle viadotti, trincee ecc.). L'attività di monitoraggio geotecnico di superficie, prevista per la componente assetto fisico del territorio, va ad integrare lo specifico piano di monitoraggio geotecnico-strutturale previsto per le opere in progetto. Esso ha lo scopo di verificare e controllare il comportamento areale dell'ammasso nell'ambito delle strutture individuate e definite potenzialmente critiche. Il monitoraggio geotecnico previsto da progetto, invece, ha tempistiche e definizioni molto più complesse che sono strettamente legate alle fasi esecutive dei lavori. All'interno di tale piano verranno prese in considerazione le situazioni di criticità riguardanti possibili interferenze tra opere e recettori. Si è fatto riferimento al rischio di innesco di fenomeni gravitativi a seguito all'esecuzione degli scavi provvisori e definitivi sia nei terreni instabili (dalle scadenti caratteristiche geotecniche) caratterizzati dalla presenza di corpi franosi per i quali esiste la possibilità di una riattivazione, sia in terreni con bassa propensione al dissesto, laddove sono previsti da progetto interventi tali da determinare mobilizzazioni di versante. Vengono considerati poi i tratti a basse coperture, delle gallerie naturali, dove sono previste attività di monitoraggio finalizzate a:

- valutare l'entità e l'ampiezza di fenomeni di subsidenza conseguenti dallo scavo in sotterraneo, mediante pilastrini con mire ottiche ed estensoinclinometri;
- valutare eventuali cedimenti indotti (e conseguenti danni) sui recettori sensibili ubicati all'interno o in prossimità delle fasce d'influenza, mediante miniprismi sugli edifici ed inclinometri installati in prossimità dei fabbricati.

L'attività di monitoraggio si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

- *ante operam*: identifica condizioni del territorio prima dell'inizio di quelle lavorazioni che in qualche modo possono incidere sulle condizioni di stabilità dei versanti;
- *corso d'opera*: identifica esclusivamente il periodo di esecuzione di una specifica opera che ricade in un'area instabile o potenzialmente instabile e non necessariamente all'intero periodo richiesto per il completamento dell'opera nella sua interezza, né tanto meno dei lavori di un intero Lotto. In altre parole, una volta terminate le fasi lavorative che influenzano la stabilità, la fase di *corso d'opera* cessa.
- *post operam*: identifica il periodo di tempo successivo alla fase di *corso d'opera* e si riferisce alla condizione del territorio al termine delle lavorazioni potenzialmente impattanti.

### 3.3. Metodiche di rilevamento

#### 3.3.1. Atmosfera

Il Piano di Monitoraggio utilizza una serie di metodiche standardizzate, in grado di garantire la rispondenza agli obiettivi specifici dell'indagine ed una adeguata ripetibilità; queste metodiche sono:

- Metodica A2: misura delle polveri totali sospese (PTS) e delle polveri sottili (PM10) per 15 giorni in prossimità di aree di cantiere;

- Metodica A2bis: rilievo delle fibre di amianto con campionatore sequenziale
- Metodica A3: misura in continuo con centralina fissa per il monitoraggio della qualità dell'aria.

### **Metodica A2 È Rilievo delle Polveri Totali Sospese (PTS) con campionatore sequenziale**

Tale metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione delle polveri totali sospese prodotte in prossimità delle aree di cantiere.

Le campagne di misura delle polveri totali PTS per 15 giorni (metodica A2) vengono definite attraverso delle procedure di misura standardizzate che, in prossimità di sorgenti di emissione quali le attività di cantiere e/o viabilità di cantiere, permettono di monitorare il particolato disperso nei bassi strati dell'atmosfera.

L'ambito di riferimento di tali procedure è quello della verifica delle concentrazioni delle polveri totali nell'aria al fine di valutare il rispetto degli standard di qualità indicati dal DPCM 28.3.1983 sui limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria in ambiente esterno e dal DPR 24.5.1988 n. 203 sull'attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'Art. 15 della legge 16 aprile 1987, n° 183. Per tali inquinanti è utile anche il confronto con i valori di attenzione e di allarme individuati dal DMA 15 Aprile 1994.

La metodica di seguito descritta prevede la sostituzione automatica ogni 24 ore dei supporti di filtrazione per 15 giorni consecutivi mediante l'impiego di pompe di captazione dotate di sistemi automatici di campionamento e sostituzione sequenziale dei supporti. La pompa dovrà inoltre essere dotata di sistema automatico di controllo della portata di campionamento, in modo da ripristinare automaticamente ogni variazione rispetto al valore impostato all'inizio della misurazione.

La strumentazione per la misura delle polveri aerodisperse è prescritta dalle leggi nazionali precedentemente citate e consiste in:

- Filtri a membrana: sono dei filtri in fibre di vetro o quarzo di diametro 47 mm circa.
- Supporto per filtrazione: il filtro a micropori è sostenuto durante tutto il periodo di tempo in cui è attraversato dall'aria aspirata da un apposito supporto costruito in materiale metallico resistente alla corrosione e con pareti interne levigate. Le dimensioni prescritte per il supporto sono indicate nel DPCM 28.3.1983. Le due parti del supporto una volta montato il filtro, devono combaciare in modo da evitare qualunque trafilamento d'aria: a tal scopo le due parti risultano premute l'una contro l'altra per mezzo di un dispositivo di blocco tale da non deformare e da non danneggiare il filtro. Il filtro è sostenuto da un disco di materiale sinterizzato o altro mezzo idoneo che impedisca ogni possibile deformazione del filtro e che sia perfettamente resistente alla corrosione. Il diametro della superficie effettiva di filtrazione non deve essere inferiore a 36 mm.
- Pompa aspirante: l'aspirazione dei campioni d'aria viene svolta per mezzo di pompe meccaniche a funzionamento elettrico dotate di regolatori di portata.
- Misuratore volumetrico: la misurazione del campione d'aria prelevato viene eseguita mediante contatori volumetrici, con possibilità di totalizzazione.
- Bilancia analitica con sensibilità di 0.001 mg.

- Generatore elettrico: nei casi in cui l'energia elettrica necessaria per il funzionamento della pompa aspirante non possa essere prelevata dalla rete elettrica.

I filtri a membrana vengono forniti etichettati, pesati e pronti per l'uso da un laboratorio accreditato SINAL (Sistema Nazionale per l'Accreditamento di Laboratori).

La taratura dei filtri viene svolta con le seguenti modalità:

- si contrassegna sul margine ogni filtro avendo cura di non oltrepassare di 5 mm il bordo esterno;
- i filtri contrassegnati vengono condizionati prima di effettuare le pesate (precampionamento) a temperatura di 20 °C per un tempo di condizionamento non inferiore alle 48 ore ed umidità relativa pari al  $50 \pm 5\%$ ;
- i filtri così condizionati vengono pesati con bilancia analitica di sensibilità 0.001 mg e conservati negli appositi contenitori etichettati.

La portata della pompa aspirante viene regolata per mezzo di flussimetro ai valori richiesti, compresi tra 15 e 20 l/min. Il misuratore volumetrico è tarato dalla casa costruttrice nell'ambito delle portate di prelievo in modo che l'errore di misura non superi il 2 %.

Le fasi successive al campionamento, consistenti nella determinazione gravimetrica del campione con l'impiego di bilancia analitica e condizionamento da laboratorio, vengono svolte dallo stesso laboratorio certificato che fornisce i filtri a membrana.

Prima dell'uscita in campagna l'operatore deve richiedere al laboratorio certificato la fornitura di un numero di filtri a membrana di circa il 20% eccedente rispetto al numero minimo richiesto di punti di misura (al fine di avere sufficienti margini di sicurezza in caso di danneggiamento accidentale) e controllare la strumentazione.

La sequenza delle operazioni svolte dagli operatori in corrispondenza del punto di misura sono:

- Sopralluogo all'area di monitoraggio, verifica delle sorgenti di emissione presenti all'interno dell'ambito spaziale di dispersione delle polveri, selezione della posizione di installazione più idonea, anche in relazione a possibili interferenze con le attività svolte dai residenti e all'obiettivo del monitoraggio (ante opera o corso d'opera).
- Installazione del cavalletto di supporto in corrispondenza del punto di misura georeferenziato in modo che lo stesso risulti in piano e, quando possibile, sufficientemente protetto in caso di pioggia.
- Installazione della linea di prelievo nel seguente ordine: supporto di filtrazione, tubo di mandata, cella di deumidificazione al gel di silice, tubo di mandata, pompa aspirante con regolatore di portata e regolatore volumetrico. Il supporto di filtrazione deve venire a trovarsi a circa 1.2÷2.0 m di altezza piano campagna e deve essere rivolto verso il basso.
- Si collocano i filtri tarati sugli appositi supporti di filtrazione utilizzando una pinzetta e si blocca quindi la ghiera di fissaggio.
- Allacciamento della pompa aspirante alla rete elettrica o, in caso di indisponibilità di utenze elettriche, al gruppo elettrogeno. In questo ultimo caso è necessario che il gruppo elettrogeno operi sopravento ad una distanza di non effetto rispetto alla pompa di prelievo (non inferiore a 25 m) e, quando possibile, deve essere disposto in posizione schermata.



- Accensione della pompa e regolazione della portata fino ad un valore pari a 15-20 l/min.
- Annotazione sulla scheda di campo dei dati di inizio esposizione della membrana (volume iniziale indicato dal contatore volumetrico, giorno, ora, minuti), della temperatura e pressione iniziale.
- Nel caso in cui in sede di verifica di funzionamento della pompa di captazione si verificasse la necessità di rigenerare il gel di silice è necessario procedere nel seguente modo: spegnere la pompa di captazione, staccare i tubi di mandata dell'aria provenienti dalla testa di captazione e dalla pompa, svitare il coperchio della unità di deumidificazione dell'aria, svuotare il gel di silice esausto (colore rosa) in apposito contenitore, riempire l'unità di deumidificazione con gel di silice rigenerato (colore blu), avvitare il coperchio, riposizionare i tubi di mandata e avviare la pompa di captazione. Il tempo complessivo di esecuzione di queste operazioni è di pochi minuti e non è pertanto necessario prolungare oltre le 24 ore il tempo di prelievo della pompa.
- Nel caso in cui in sede di verifica di funzionamento della pompa aspirante si verificasse una riduzione dei valori di portata al di sotto di 15 l/min, si deve procedere a regolare di nuovo la portata al valore iniziale o, qualora ciò non fosse tecnicamente possibile, a effettuare il prelievo in due o al massimo tre periodi consecutivi.
- Annotazione sulla scheda di campo dei dati di fine esposizione della membrana (volume finale indicato dal contatore volumetrico, giorno, ora, minuti), della temperatura e pressione finale e delle eventuali anomalie riscontrate.

Termine delle operazioni di misura e consegna della membrana al laboratorio chimico certificato per le determinazioni analitiche.

### **Metodica A2 - Rilievo delle Polveri Sottili (PM10) con campionatore sequenziale**

Tale metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione delle polveri sottili prodotte in prossimità delle aree di cantiere.

Le campagne di misura delle polveri sottili PM10 per 15 giorni (metodica A2) vengono definite attraverso delle procedure di misura standardizzate che, in prossimità di sorgenti di emissione quali le attività di cantiere e/o viabilità di cantiere, permettono di monitorare il particolato disperso nei bassi strati dell'atmosfera.

L'ambito di riferimento di tali procedure è quello della verifica delle concentrazioni delle polveri sottili nell'aria al fine di valutare il rispetto degli standard di qualità indicati dal DM n. 60 del 2/04/2002 e dalle altre normative di settore.

La metodica di seguito descritta prevede la sostituzione automatica ogni 24 ore dei supporti di filtrazione per 15 giorni consecutivi. È in genere auspicabile l'impiego di pompe di captazione dotate di sistemi automatici di campionamento e sostituzione sequenziale dei supporti senza l'ausilio dell'operatore. In questo caso, le operazioni di carico e scarico dei supporti, descritte nel seguito per il singolo supporto, saranno applicate ai 15 supporti necessari per l'intera campagna. La pompa dovrà inoltre essere dotata di sistema automatico di controllo della portata di campionamento, in modo da ripristinare automaticamente ogni variazione rispetto al valore impostato all'inizio della misurazione.

Inoltre i metalli Cd Ni, As, Pb andranno determinati su campioni aggregati ed a frequenza trimestrale Tale inquinante andrà analizzato su campioni aggregati che

permettano di valutare la variabilità tra i giorni festivi e feriali (secondo le indicazioni del DMA del 25/11/94, del D. Lgs. 152 del 3.08.07 e del D. Lgs. 155 del 13.08.10).

La strumentazione per la misura delle polveri aerodisperse è prescritta dalle leggi nazionali precedentemente citate e consiste in:

- Filtri a membrana: sono dei filtri in fibre di vetro o quarzo di diametro 47 mm circa:
- Supporto per filtrazione: il filtro è sostenuto durante tutto il periodo di tempo in cui è attraversato dall'aria aspirata da un apposito supporto costruito in materiale metallico resistente alla corrosione e con pareti interne levigate. Le dimensioni prescritte per il supporto sono indicate nel DM 60/02. Le due parti del supporto una volta montato il filtro, devono combaciare in modo da evitare qualunque trafileamento d'aria: a tal scopo le due parti risultano premute l'una contro l'altra per mezzo di un dispositivo di blocco tale da non deformare e da non danneggiare il filtro. Il filtro è sostenuto da un disco di materiale sinterizzato o altro mezzo idoneo che impedisca ogni possibile deformazione del filtro e che sia perfettamente resistente alla corrosione. Il diametro della superficie di filtrazione non deve essere inferiore a 36 mm.
- Pompa aspirante: l'aspirazione dei campioni d'aria viene svolta per mezzo di pompe meccaniche a funzionamento elettrico dotate di regolatori di portata.
- Misuratore volumetrico: la misurazione del campione d'aria prelevato viene eseguita mediante contatori volumetrici, con possibilità di totalizzazione.
- Bilancia analitica con sensibilità di 0.001 mg.
- Generatore elettrico: nei casi in cui l'energia elettrica necessaria per il funzionamento della pompa aspirante non possa essere prelevata dalla rete elettrica.
- Sistema di sostituzione dei filtri, indispensabile per rendere automatico il campionamento.

I filtri a membrana vengono forniti etichettati, pesati e pronti per l'uso da un laboratorio accreditato SINAL %Sistema Nazionale per l'Accreditamento di Laboratori+.

La taratura dei filtri viene svolta con le seguenti modalità:

- Si contrassegna sul margine ogni filtro avendo cura di non oltrepassare di 5 mm il bordo esterno.
- I filtri contrassegnati vengono condizionati prima di effettuare le pesate (precampionamento) a temperatura di 20 °C per un tempo di condizionamento non inferiore alle 48 ore ed umidità relativa pari al 50 ± 5%.
- I filtri così condizionati vengono pesati con bilancia analitica di sensibilità 0.001 mg e conservati negli appositi contenitori etichettati.

La portata della pompa aspirante viene regolata per mezzo di flussimetro ai valori pari a 38,3 l/min. Il misuratore volumetrico è tarato dalla casa costruttrice nell'ambito delle portate di prelievo in modo che l'errore di misura non superi il 2 %.

Le fasi successive al campionamento consistenti nella determinazione gravimetrica del campione con l'impiego di bilancia analitica condizionamento da laboratorio vengono svolte dallo stesso laboratorio certificato che fornisce i filtri a membrana.

Prima dell'uscita in campagna l'operatore deve richiedere al laboratorio certificato la fornitura di un numero di filtri a membrana di circa il 20% eccedente rispetto al numero

minimo richiesto di punti di misura (al fine di avere sufficienti margini di sicurezza in caso di danneggiamento accidentale) e controllare la strumentazione.

La sequenza delle operazioni svolte dagli operatori in corrispondenza del punto di misura sono:

- Sopralluogo all'area di monitoraggio, verifica delle sorgenti di emissione presenti all'interno dell'ambito spaziale di dispersione delle polveri, selezione della posizione di installazione più idonea, anche in relazione a possibili interferenze con le attività svolte dai residenti e all'obiettivo del monitoraggio (ante opera o corso d'opera).
- Installazione del cavalletto di supporto in corrispondenza del punto di misura georeferenziato in modo che lo stesso risulti in piano e, quando possibile, sufficientemente protetto in caso di pioggia.
- Installazione della linea di prelievo nel seguente ordine: supporto di filtrazione, tubo di mandata, cella di deumidificazione al gel di silice, tubo di mandata, pompa aspirante con regolatore di portata e regolatore volumetrico. Il supporto di filtrazione deve venire a trovarsi a circa 1.2÷2.0 m di altezza piano campagna.
- Si collocano i filtri tarati sugli appositi supporti di filtrazione utilizzando una pinzetta e si blocca quindi la ghiera di fissaggio.
- Allacciamento della pompa aspirante alla rete elettrica o, in caso di indisponibilità di utenze elettriche, al gruppo elettrogeno. In questo ultimo caso è necessario che il gruppo elettrogeno operi sopravento ad una distanza di non effetto rispetto alla pompa di prelievo (non inferiore a 25 m) e, quando possibile, deve essere disposto in posizione schermata.
- Accensione della pompa e regolazione della portata fino ad un valore pari a 38,3 l/min.
- Annotazione sulla scheda di campo dei dati di inizio esposizione della membrana (volume iniziale indicato dal contatore volumetrico, giorno, ora, minuti), della temperatura e pressione iniziale.
- Nel caso in cui in sede di verifica di funzionamento della pompa di captazione si verificasse la necessità di rigenerare il gel di silice è necessario procedere nel seguente modo: spegnere la pompa di captazione, staccare i tubi di mandata dell'aria provenienti dalla testa di captazione e dalla pompa, svitare il coperchio della unità di deumidificazione dell'aria, svuotare il gel di silice esausto (colore rosa) in apposito contenitore, riempire l'unità di deumidificazione con gel di silice rigenerato (colore blu), avvitare il coperchio, riposizionare i tubi di mandata e avviare la pompa di captazione. Il tempo complessivo di esecuzione di queste operazioni è di pochi minuti e non è pertanto necessario prolungare oltre le 24 ore il tempo di prelievo della pompa.
- Nel caso in cui in sede di verifica di funzionamento della pompa aspirante si verificasse una riduzione dei valori di portata al di sotto di 38,3 l/min, si deve procedere a regolare di nuovo la portata al valore iniziale o, qualora ciò non fosse tecnicamente possibile, a effettuare il prelievo in due o al massimo tre periodi consecutivi.
- Annotazione sulla scheda di campo dei dati di fine esposizione della membrana (volume finale indicato dal contatore volumetrico, giorno, ora, minuti), della temperatura e pressione finale e delle eventuali anomalie riscontrate.
- Correlazione dei dati rilevati e campo anemologico.

Termine delle operazioni di misura e consegna della membrana al laboratorio chimico certificato per le determinazioni analitiche.

### **Metodica A2bis - Rilievo delle fibre di amianto con campionatore sequenziale**

Tale metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione delle concentrazioni di fibre di amianto aerodisperse sitospecifica, finalizzata alla valutazione dello stato di qualità ambientale attuale delle aree di intervento.

Il prelievo verrà eseguito secondo quanto prescritto dall'allegato 2b del Decreto Ministeriale del 06 settembre 1994 con utilizzo di microscopia elettronica in SEM per identificare e contare con certezza solo le fibre di amianto e identificarne la tipologia secondo la definizione dei minerali asbestiformi indicati in normativa.

Il flusso di campionamento e il relativo volume (3.000 litri) devono determinare un tempo di campionamento effettivo di 24 ore, eseguito durante il periodo diurno e notturno per 15 giorni consecutivi. Infatti per la campagna di misura, in ciascun sito individuato, andranno effettuati 15 campionamenti consecutivi campionando ogni giorno per 3 turni di 8 ore consecutive ad un flusso di circa 10 l/min, mantenuto costante per il periodo di campionamento al fine di effettuare una valutazione più completa del possibile impatto ambientale.

Tutte le attività strumentali di campionamento e rilevamento di parametri in campo, di manipolazione e preparazione dei campioni in laboratorio, di analisi e di elaborazione statistica dei dati relativi alle misure eseguite saranno effettuate secondo la vigente normativa di Legge nazionale ed in accordo con le pertinenti norme tecniche nazionali ed internazionali recepite.

Per il monitoraggio delle fibre di amianto aerodisperse si dovrà fare riferimento in particolare alla seguente normativa:

- D. Lgs. n. 351 del 04/08/99 - Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente;
- DM 6 settembre 1994; Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12 comma 2 della legge 27/3/1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto (Allegato 2);
- Decreto Ambiente 20.05.1991: ~~C~~riteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria;
- D.Lgs. 277/91 del 15/08/91 - Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212.
- Metodo ISO 14966/02 - Ambient air -- Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles -- Scanning electron microscopy method;
- Legge 81- Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

La strumentazione impiegata per il campionamento dovrà essere composta da:

- Supporto di prelievo, membrana in Esteri misti di Cellulosa (MCE) di diametro 25 mm e porosità pari a 0,8  $\mu\text{m}$  conforme a quanto definito dal DM 06 settembre 2006.

- Supporto o per permettere il prelievo ad un'altezza compresa tra 1,5 e 1,8 m, installato in zona libera da ostacoli che possano disturbare il flusso d'aria nelle vicinanze del campionatore (di norma a distanza di alcuni metri rispetto ad edifici, balconi, alberi ed altri ostacoli) con orientamento della membrana verso il basso (superficie di prelievo esposta parallela al piano di calpestio) per tutta la durata del campionamento.
- Sistema di campionamento automatico con registrazione dei volumi di campionamento, temperatura e pressione rilevati al contatore volumetrico conforme a quanto definito dal DM 06 settembre 2006.
- Analisi di laboratorio delle fibre di amianto depositate su membrana filtrante (ESEM/EDS) secondo DM 06/09/94 All. 2 Met. B GU n. 220 20/09/94 con microscopio elettronico a scansione con microsonda elettronica.

### **Metodica A3- Rilievo qualità aria con centralina fissa**

Tale metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione dell'inquinamento prodotto da traffico veicolare in prossimità dell'autostrada e delle viabilità di cantiere.

Nel presente documento vengono definite le procedure in continuo per il monitoraggio della qualità dell'aria con centralina fissa (Metodica A3), al fine di valutare il rispetto dei limiti legislativi e eventuali variazioni di concentrazioni conseguenti alla realizzazione del progetto.

Le attività caratterizzanti tale metodica di monitoraggio comprendono:

- Calibrazione della strumentazione ogni 96 ore
- Taratura della strumentazione annuale
- Messa in opera e test dei sistemi di acquisizione, memorizzazione, elaborazione, stampa e trasmissione dei dati
- Esecuzione delle campagne di misura dei parametri chimici e meteorologici
- Elaborazione dei dati

I risultati delle misure saranno riportati nella relazione di riferimento.

Dopo aver effettuato i sopralluoghi sui siti di misura si procederà all'allestimento ed installazione della centralina che dovrà disporre di:

- sistema di acquisizione e validazione dei dati
- sistema di gestione e stampa/trasmissione dei dati raccolti.

I parametri chimici di cui verrà effettuata la misura sono: monossido di Carbonio (CO), ozono (O<sub>3</sub>), ossidi di azoto (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), frazione respirabile delle particelle sospese (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>), benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), BaP (secondo le indicazioni del DMA del 25/11/94, del D. Lgs. 152 del 3.08.07 e del D. Lgs. 155 del 13.08.10).

Il BaP verrà determinato per 15 gg. solo nel periodo invernale dove tale inquinante raggiunge le concentrazioni massime. Tale inquinante andrà analizzato su campioni aggregati che permettano di valutare la variabilità tra i giorni festivi e feriali. Anche i metalli Cd e Ni, As, Hg, Pb andranno determinati su campioni aggregati ed a frequenza trimestrale (secondo le indicazioni del DMA del 25/11/94, del D. Lgs. 152 del 3.08.07 e del D. Lgs. 155 del 13.08.10).

La strumentazione utilizzata sarà certificata in conformità a quanto previsto dal D.M. 60/2002, dal D. Lgs. 152/2007 e dal D. Lgs. 155 del 13.08.10.

Inoltre saranno rilevati anche i parametri meteorologici (velocità e direzione del vento, temperatura dell'aria, precipitazioni, radiazione solare globale, pressione atmosferica, umidità relativa).

I parametri monitorati sono riportati nella Tabella 1, nella quale per ogni inquinante viene indicato il tempo di campionamento, l'unità di misura e le eventuali elaborazioni statistiche particolari da effettuare sui dati. Su tutti i parametri dovranno essere comunque svolte le elaborazioni statistiche classiche ossia, massimo, minimo e deviazione standard effettuate sui valori rilevati secondo il tempo di campionamento indicato in tabella.

| Parametro                     | Campionamento | Unità di misura   | Elaborazioni statistiche             |
|-------------------------------|---------------|-------------------|--------------------------------------|
| CO                            | 1h            | mg/m <sup>3</sup> | Media su 8 ore / Media oraria        |
| NO, NO <sub>2</sub>           | 1h            | µg/m <sup>3</sup> | media su 1 h                         |
| NO <sub>x</sub>               | 1h            | µg/m <sup>3</sup> | media su 1 h                         |
| PM10                          | 24 h          | µg/m <sup>3</sup> | media annuale su 24 h <sup>(1)</sup> |
| PM2.5                         | 24 h          | µg/m <sup>3</sup> | media annuale su 24 h <sup>(1)</sup> |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> | 1 h           | µg/m <sup>3</sup> | media annuale su 24 h <sup>(1)</sup> |
| O <sub>3</sub>                | 1 h           | µg/m <sup>3</sup> | media annuale su 1 h                 |
| IPA . BaP                     | 24 h          | µg/m <sup>3</sup> | media annuale su 24 h <sup>(1)</sup> |

<sup>(1)</sup> Verrà eseguita sulle misure acquisite

**Tabella 1** Inquinanti da monitorare

Le elaborazioni statistiche verranno effettuate sui dati acquisiti.

Per quanto concerne i percentili k-esimi si procederà nel seguente modo:

dato un numero N di campionamenti, ordinati i valori della concentrazione in modo crescente, si definisce k-esimo percentile C<sub>k</sub> il valore di concentrazione che occupa il (k\*N/100)esimo posto nella sequenza. C<sub>k</sub> coincide con la concentrazione C<sub>i</sub> che soddisfa le seguenti due condizioni:

- la sommatoria delle frequenze associate ai valori di concentrazione minori o uguali a C<sub>i-1</sub> risulta minore di (k\*N/100);
- la sommatoria delle frequenze associate ai valori di concentrazione minori o uguali a C<sub>i</sub> risulta maggiore o uguale a (k\*N/100).

Per quanto riguarda il monitoraggio dei parametri chimici un giorno di rilevamento si intende completo se:

- ogni ora di rilevamento comprende almeno il 75% di dati primari validi;
- nella giornata sono presenti almeno 20 ore di rilevamento valide (nel senso del punto precedente );
- le eventuali 4 ore di rilevamento mancanti non sono consecutive.

Contemporaneamente al rilevamento dei parametri di qualità dell'aria dovranno essere rilevati su base oraria i parametri meteorologici riportati nella Tabella 2, nella quale per ogni parametro viene indicata l'unità di misura.

| Parametro                 | Unità di misura     |
|---------------------------|---------------------|
| Direzione del vento       | gradi sessagesimali |
| Velocità del vento        | m/s                 |
| Temperatura               | °C                  |
| Pressione atmosferica     | mBar                |
| Umidità relativa          | %                   |
| Radiazione solare globale | W/m <sup>2</sup>    |
| Precipitazioni            | mm                  |

Tabella 2 È Parametri metereologici da monitorare

I parametri dovranno essere rilevati con punto di prelievo a 10 m dal piano campagna per direzione e velocità del vento e a 2 m per gli altri parametri.

Per quanto riguarda il monitoraggio dei parametri meteorologici un giorno di rilevamento si intende completo se:

- ogni ora di rilevamento comprende almeno il 75% di dati primari validi;
- nella giornata sono presenti almeno 20 ore di rilevamento valide (nel senso del punto precedente );
- le eventuali 4 ore di rilevamento mancanti non sono consecutive.

Per ciascuna centralina dovranno essere forniti:

- tutti i risultati della fase di analisi sia in termini numerici che grafici;
- la serie completa dei dati in formato digitale;
- una sintesi dei risultati.

Inoltre i dati rilevati saranno correlati ai flussi di traffico sul tratto dell'A1 interessato dall'intervento (tra i caselli di Firenze Sud e Incisa Val d'Arno), individuando le classi dei veicoli in transito e la velocità dei mezzi su entrambe le carreggiate.

### **Rilievi traffico**

I dati di traffico (numero medio orario di transiti e velocità medie orarie) - rilevati direttamente o acquisiti attraverso le banche dati di Autostrade per l'Italia S.p.A. - andranno correlati agli inquinanti atmosferici rilevati dalla centralina localizzate in prossimità del tracciato autostradale.

I dati sui volumi di traffico saranno suddivisi per carreggiata e per classe di veicoli, secondo il seguente criterio:

- veicoli leggeri, cioè di peso inferiore a 3.5 t;
- veicoli pesanti, di peso superiore a 3.5 t.

Oltre ai dati relativi al traffico autostradale, verranno rilevati i flussi veicolari anche sulle principali viabilità pubbliche interessate dal transito di mezzi di cantiere. I rilievi

andranno eseguiti nella fase di corso d'opera ed in corrispondenza delle lavorazioni che determinano un incremento significativo dei transiti sulle viabilità ordinarie.

### 3.3.2. Rumore

Il progetto di monitoraggio utilizza una serie di metodiche di misura standardizzate in grado di garantire la rispondenza agli obiettivi specifici di conoscenza dell'ambiente sonoro ed una elevata ripetibilità delle misure.

Le metodiche di monitoraggio utilizzate sono le seguenti:

- Metodica R2 Misure di 24 ore, postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore, per rilievi attività di cantiere.
- Metodica R3 Misure di 7 giorni, postazioni fisse non assistite da operatore, per rilievi di traffico veicolare.
- Metodica R4 Misure di breve periodo in ambiente abitativo per la verifica del limite differenziale
- Metodica R4bis Misure di breve periodo in ambiente abitativo per la verifica degli interventi di mitigazione diretti sui ricettori.

In linea di massima per la scelta delle tecniche di monitoraggio sono stati utilizzati i criteri illustrati nel seguito.

Per le postazioni ante operam, riferite alla caratterizzazione delle aree interessate dal futuro esercizio, sono state ipotizzate misure con metodica tipo R3

Per le postazioni ante operam, riferite alla caratterizzazione delle aree dei cantieri principali e secondari, dei fronti di avanzamento cantierizzati per la realizzazione dei nuovi tracciati o per l'ampliamento di quelli attuali, degli imbocchi di gallerie, delle cave e depositi, sono state ipotizzate misure con metodiche tipo R2, R4 presso i ricettori più significativi, per consentire la verifica del livello assoluto e differenziale.

Per le postazioni corso d'opera è stata ipotizzata la ripetizione delle misure negli stessi punti e con le stesse metodiche previste per le postazioni ante operam delle aree dei cantieri principali e secondari, degli imbocchi di gallerie, delle cave e depositi.

Per le postazioni post operam è stata ipotizzata l'esecuzione di misure settimanali (metodica R3) per le postazioni interessate dal futuro esercizio. Inoltre in tale fase sono previste delle misure con metodica R4bis per la verifica degli interventi di mitigazione diretti sui ricettori (finestre silenti, etc.) come prescritto dall'art. 6 del DPR n. 142 del 2004.

Per la scelta del periodo di monitoraggio valgono le prescrizioni della buona pratica ingegneristica, unitamente alle raccomandazioni contenute nelle norme UNI ed ISO di settore e nel Decreto sulle modalità di misura del rumore.

La caratterizzazione acustica di un ambiente o di una sorgente richiede la definizione di una serie di indicatori fisici (Leq, SEL, Lmax, Ln, composizione spettrale) per mezzo dei quali etichettare il fenomeno osservato.

Tale caratterizzazione, ottenuta con strumentazione conforme alle prescrizioni contenute nelle direttive comunitarie/leggi nazionali o fornite in sede di regolamentazione tecnica delle misure del rumore, deve riguardare le condizioni di esercizio o di funzionamento in cui può normalmente operare la sorgente o il mix di sorgenti di emissione presenti nell'opera.

Considerando la necessità di confrontarsi con il DPCM 14.11.1997 deve essere assunto come indicatore primario il livello equivalente continuo diurno e notturno e,



come indicatori secondari, una serie di descrittori del clima acustico in grado di permettere una migliore interpretazione dei fenomeni osservati.

Le stazioni di monitoraggio devono permettere l'acquisizione del decorso storico dei parametri generali di interesse acustico necessari per l'interpretazione e la validazione dei dati: livello massimo, livello equivalente, distribuzione dei livelli statistici, livello minimo. Inoltre, se esistono elementi indiziali sulla presenza di componenti tonali o impulsive, come nel caso di rumori emessi da macchine o attività di cantiere, è necessario acquisire in tempo reale il decorso storico degli indicatori e la distribuzione spettrale in terzi di ottava.

### **R2 È misure di 24 ore con postazione semi-fissa**

La metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione dei livelli di rumorosità prodotti dalle attività di cantiere.

La tecnica di monitoraggio consiste nella misura in continuo del rumore per 24 ore consecutive. Il rilievo è effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A e documentazione grafica del livello di pressione sonora ogni minuto. I parametri acustici rilevati sono i seguenti:

- livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A  $L_{Aeq,1min}$
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow ( $L_{AImax}$ ,  $L_{AFmax}$ ,  $L_{ASmax}$ )
- i livelli statistici L1, L5, L10, L50, L90, L99.

Il livello sonoro continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nei periodi di riferimento diurno (6÷22h) e notturno (22÷6h) è ricavato in laboratorio per mascheramento del dominio temporale esterno al periodo considerato.

Si provvederà inoltre ad ogni rilievo al riconoscimento della presenza delle seguenti componenti:

#### **Riconoscimento di componenti impulsive**

Il rumore presenta Componenti Impulsive (CI) quando sono verificate le condizioni seguenti:

- ripetitività di n eventi impulsivi ( $n \geq 10$ /ora di giorno e  $n \geq 2$ /ora di notte);
- differenza tra  $L_{AImax}$  e  $L_{ASmax}$  superiore a 6 dB;
- durata dell'evento a -10 dB dal valore  $L_{AFmax}$  inferiore a 1 s.

La ripetitività deve essere dimostrata mediante registrazione grafica del livello di pressione sonora ponderato A fast effettuata durante il tempo di misura TM.

#### **Riconoscimento di componenti tonali**

Al fine di individuare la presenza di Componenti Tonali (CT) nel rumore, si effettua un'analisi spettrale per bande normalizzate di 1/3 di ottava. Si considerano esclusivamente le CT aventi carattere stazionario nel tempo ed in frequenza. Utilizzando filtri paralleli, il livello dello spettro stazionario è evidenziato dal livello minimo in ciascuna banda. Per individuare componenti tonali alla frequenza di incrocio di due filtri di 1/3 di ottava devono essere utilizzati filtri a maggior potere selettivo, quali quelli FFT o di 1/n di ottava ( $n \geq 6$ ).

L'analisi deve essere svolta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 20 KHz. Si è in presenza di una CT se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti per almeno 5 dB.

Qualora le componenti tonali si manifestino alle basse frequenze (CB), ovvero nel dominio di frequenza 20÷200 Hz, se ne deve dare indicazione nel rapporto di misura.

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classe di zonizzazione acustica), la descrizione del ricettore stesso, la tipologia di sorgente in esame, la strumentazione adottata, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, di eventuali note. Contestualmente all'esecuzione delle misure sono da rilevarsi gli eventuali flussi di traffico sulla viabilità stradale ed i parametri meteorologici.

Ciascuna scheda deve riportare il nominativo e la firma leggibile del tecnico competente responsabile delle misure.

#### Operazioni di analisi

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Il segnale, filtrato ed integrato, è registrato all'interno del fonometro come record di un file di misura. Attraverso l'utilizzazione di apposito software, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è trasferito da fonometro a computer per essere ulteriormente analizzato (eventuali mascheramenti, documentazione di componenti tonali e/o impulsive) ed essere rappresentato in forma grafica.

Vengono redatte apposite schede di sintesi. Queste, similmente alle schede compilate in campo, oltre a riportare la descrizione del ricettore e delle operazioni di misura, contengono anche i risultati delle analisi dei rilievi. Esse sono corredate dagli output grafici di documentazione delle misure.

Qualora si registri la presenza di componenti tonali è necessario integrare le schede con la documentazione dello spettro minimo del livello di pressione sonora in bande di 1/3 di ottava o in bande a maggior potere selettivo nel dominio di frequenza 20Hz ÷ 20KHz (in forma grafica e/o tabellare).

In presenza di componenti impulsive è necessario integrare le schede con la documentazione del livello di pressione sonora ponderato A fast effettuata durante il tempo di misura TM.

#### **R3 È misure di 7 giorni con postazione fissa**

Questa metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione dei livelli di rumorosità prodotti dal traffico veicolare.

La tecnica di monitoraggio consiste nella misura in continuo del rumore per 7 giorni consecutivi. Il rilievo è effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A e documentazione grafica del livello di pressione sonora ogni minuto. I parametri acustici rilevati sono i seguenti:

- livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A  $L_{Aeq,1min}$
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow ( $L_{AImax}$ ,  $L_{AFmax}$ ,  $L_{ASmax}$ )
- i livelli statistici L1, L10, L50, L90, L99.

- Il livello sonoro continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nei periodi di riferimento diurno (6÷22h) e notturno (22÷6h) relativamente a ciascun giorno della settimana ed alla settimana stessa è calcolato in fase di analisi.

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classe di zonizzazione acustica), la descrizione del ricettore stesso, la tipologia di sorgente in esame, la strumentazione adottata, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, di eventuali note. Contestualmente all'esecuzione delle misure sono da rilevarsi gli eventuali flussi di traffico sulla viabilità stradale ed i parametri meteorologici.

Ciascuna scheda deve riportare il nominativo e la firma leggibile del tecnico competente responsabile delle misure.

Si precisa che le misure saranno eseguite in conformità a quanto previsto dal DM 16-3-98, e che pertanto, qualora nell'intervallo settimanale alcune misurazioni non risultassero utilizzabili (causa fattori meteorologici ecc.), le stesse saranno prolungate fino all'acquisizione di dati relativi a 7 giornate valide;

#### Operazioni di analisi

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Attraverso l'utilizzazione di apposito software, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è trasferito da fonometro a computer per essere ulteriormente analizzato (eventuali mascheramenti) ed essere rappresentato in forma grafica.

#### **R4 È verifica del limite differenziale in ambiente abitativo**

La metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione del livello differenziale di rumore (LD), ottenuto come differenza aritmetica tra il livello di rumore ambientale LA (livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A prodotto da tutte le sorgenti di rumore) ed il livello di rumore residuo LR (livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A rilevato escludendo la sorgente sonora disturbante). La verifica è da compiersi in ambiente abitativo all'interno nel periodo di riferimento diurno (6÷22h) e notturno (22÷6h). I rilievi in periodo notturno verranno eseguiti solo in presenza di lavorazioni presso le aree di cantiere. I rilevamenti devono essere compiuti sia a finestre aperte che chiuse. La verifica deve essere eseguita in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve; la velocità del vento deve essere non superiore a 5 m/s.

#### Misurazione del rumore ambientale a finestre aperte

La misura deve essere effettuata a finestre completamente aperte. Il parametro acustico da determinarsi è livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A LA,FA in presenza della sorgente sonora disturbante. Il tempo di misura TM deve essere non inferiore a 5 minuti. Il rilievo deve essere effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A. La verifica deve essere compiuta all'interno del periodo di riferimento diurno e notturno. Se il livello misurato è inferiore a 50 dB(A) il disturbo è da ritenersi accettabile.

#### Misurazione del rumore ambientale a finestre chiuse

La misura deve essere effettuata a finestre completamente chiuse. Il parametro acustico da determinarsi è livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata

A LA,FC in presenza della sorgente sonora disturbante. Il tempo di misura TM deve essere non inferiore a 5 minuti. Il rilievo deve essere effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A. La verifica deve essere compiuta all'interno del periodo di riferimento diurno e notturno. Se il livello misurato è inferiore a 35 dB(A) il disturbo è da ritenersi accettabile.

#### Misurazione del rumore residuo a finestre aperte

La misura deve essere effettuata a finestre completamente aperte. Il parametro acustico da determinarsi è livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A LR,FA in assenza della sorgente sonora disturbante. Il tempo di misura TM deve essere non inferiore a 5 minuti. Il rilievo deve essere effettuato con costante di tempo fast e ponderazione A.

#### Misurazione del rumore residuo a finestre chiuse

La misura deve essere effettuata a finestre completamente chiuse. Il parametro acustico da determinarsi è livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A LR,FC in assenza della sorgente sonora disturbante. Il tempo di misura TM deve essere non inferiore a 5 minuti. Il rilievo deve essere effettuato con costante di tempo fast e ponderazione A.

Si provvederà inoltre ad ogni rilievo al riconoscimento della presenza delle seguenti componenti:

#### Riconoscimento di componenti impulsive

Il rumore presenta Componenti Impulsive (CI) quando sono verificate le condizioni seguenti:

- ripetitività di n eventi impulsivi ( $n \geq 10$ /ora di giorno e  $n \geq 2$ /ora di notte);
- differenza tra LA<sub>max</sub> e LAS<sub>max</sub> superiore a 6 dB;
- durata dell'evento a -10 dB dal valore LAF<sub>max</sub> inferiore a 1 s.

La ripetitività deve essere dimostrata mediante registrazione grafica del livello di pressione sonora ponderato A fast effettuata durante il tempo di misura TM.

#### Riconoscimento di componenti tonali

Al fine di individuare la presenza di Componenti Tonalì (CT) nel rumore, si effettua un'analisi spettrale per bande normalizzate di 1/3 di ottava. Si considerano esclusivamente le CT aventi carattere stazionario nel tempo ed in frequenza. Utilizzando filtri paralleli, il livello dello spettro stazionario è evidenziato dal livello minimo in ciascuna banda. Per individuare componenti tonali alla frequenza di incrocio di due filtri di 1/3 di ottava devono essere utilizzati filtri a maggior potere selettivo, quali quelli FFT o di 1/n di ottava ( $n \geq 6$ ).

L'analisi deve essere svolta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 20 KHz. Si è in presenza di una CT se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti per almeno 5 dB.

Qualora le componenti tonali si manifestino alle basse frequenze (CB), ovvero nel dominio di frequenza 20÷200 Hz, se ne deve dare indicazione nel rapporto di misura.

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classe di zonizzazione acustica), la descrizione del ricettore stesso, la tipologia di sorgente in esame, la strumentazione adottata, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, di eventuali note. Contestualmente all'esecuzione delle misure

sono da rilevarsi gli eventuali flussi di traffico sulla viabilità stradale ed i parametri meteorologici.

Ciascuna scheda deve riportare il nominativo e la firma leggibile del tecnico competente responsabile delle misure.

#### Operazioni di analisi

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Il segnale, filtrato ed integrato, è registrato all'interno del fonometro come record di un file di misura. Attraverso l'utilizzazione di apposito software, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è trasferito da fonometro a computer per essere ulteriormente analizzato (eventuali mascheramenti, documentazione di componenti tonali e/o impulsive) ed essere rappresentato in forma grafica.

Vengono redatte apposite schede di sintesi. Queste, similmente alle schede compilate in campo, oltre a riportare la descrizione del ricettore e delle operazioni di misura, contengono anche i risultati delle analisi dei rilievi. Esse sono corredate dagli output grafici di documentazione delle misure.

Qualora si registri la presenza di componenti tonali è necessario integrare le schede con la documentazione dello spettro minimo del livello di pressione sonora in bande di 1/3 di ottava o in bande a maggior potere selettivo nel dominio di frequenza 20Hz ÷ 20KHz (in forma grafica e/o tabellare).

In presenza di componenti impulsive è necessario integrare le schede con la documentazione del livello di pressione sonora ponderato A fast effettuata durante il tempo di misura TM.

#### **R4 bis È verifica degli interventi diretti sul ricettore in ambiente abitativo**

La metodica di monitoraggio ha come finalità la verifica degli interventi di mitigazione diretti sui ricettori. La misura è da compiersi in ambiente abitativo all'interno del periodo di riferimento diurno (6÷22h) e/o notturno (22÷6h). I rilevamenti devono essere compiuti solo a finestre a chiuse. La verifica deve essere eseguita in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve; la velocità del vento deve essere non superiore a 5 m/s.

#### Misurazione del rumore ambientale a finestre chiuse

La misura deve essere effettuata a finestre completamente chiuse. Il parametro acustico da determinarsi è livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A LA,FC in presenza della sorgente sonora disturbante. Il tempo di misura TM deve essere non inferiore a 20 minuti. Il rilievo deve essere effettuato con costante di tempo fast, rete di ponderazione A.

I parametri acustici rilevati sono i seguenti:

- livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A Laeq,1s
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (LAI<sub>max</sub>, LAF<sub>max</sub>, LAS<sub>max</sub>)
- i livelli statistici L1, L10, L50, L90, L99.

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classe di zonizzazione acustica), la descrizione del ricettore stesso, la tipologia di sorgente in esame, la

strumentazione adottata, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, di eventuali note. Contestualmente all'esecuzione delle misure sono da rilevarsi gli eventuali flussi di traffico sulla viabilità stradale ed i parametri meteorologici.

Ciascuna scheda deve riportare il nominativo e la firma leggibile del tecnico competente responsabile delle misure.

#### Operazioni di analisi

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Attraverso l'utilizzazione di apposito software, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è trasferito da fonometro a computer per essere ulteriormente analizzato (eventuali mascheramenti) ed essere rappresentato in forma grafica.

### **3.3.3. Vibrazioni**

Il progetto di monitoraggio utilizza una serie di metodiche di misura standardizzate in grado di garantire la rispondenza agli obiettivi specifici dell'indagine ed una elevata ripetibilità.

Le metodiche di monitoraggio utilizzate sono le seguenti.

Metodica V1 Misure di breve periodo finalizzate al disturbo;

Metodica V2 Misure di breve periodo finalizzate al danno.

In linea di massima per la scelta delle tecniche di monitoraggio sono stati utilizzati i criteri illustrati nel seguito.

- Per le postazioni ante operam, riferite alla caratterizzazione delle aree interessate dalle attività di corso d'opera, sono state ipotizzate misure con metodica tipo V1.
- Per le postazioni di corso d'opera sono state ipotizzate misure sugli stessi punti dell'ante operam, con metodiche tipo V1,V2.
- Per le postazioni post operam relative ai ricettori più significativi sono state ipotizzate misure sugli stessi punti ante operam riferiti all'esercizio con metodica tipo V1.

#### **V1 È valutazione del disturbo negli edifici**

La metodica di monitoraggio ha come finalità la determinazione dell'accelerazione efficace complessiva ponderata secondo la norma UNI 9614 nel dominio di frequenza 1÷80 Hz.

La tecnica di monitoraggio consente di misurare le vibrazioni (continue od intermittenti) immesse negli edifici ad opera di sorgenti di eccitazione, al fine di valutare il disturbo per le persone residenti. La valutazione, ai sensi delle norme UNI 9614 ed ISO 2631-2, si effettua nel luogo, nel momento e nelle condizioni in cui solitamente si manifesta il disturbo. Le suddette procedure non si applicano per la valutazione delle vibrazioni considerate come possibile causa di danni strutturali o architettonici agli edifici.

Le operazioni di monitoraggio avvengono esclusivamente in edifici sedi di attività umana. I rilievi vibrometrici sono da effettuarsi nei locali abitati in corrispondenza dei quali il fenomeno vibratorio è presumibilmente maggiore. È prevista almeno una

verifica in un locale del primo e dell'ultimo solaio abitati dell'edificio prescelto. Essa deve essere effettuata sul pavimento in corrispondenza della posizione prevalente del soggetto esposto. Qualora questa non sia individuabile, i rilievi sono effettuati a centro ambiente. Gli assi di monitoraggio sono l'asse verticale Z, perpendicolare al pavimento, e l'asse orizzontale X-Y, perpendicolare alla parete del locale più vicina alla sorgente eccitante.

#### Misurazione delle vibrazioni residue

Prima della misurazione del fenomeno vibratorio oggetto dell'indagine è da eseguirsi la misura delle vibrazioni residue. Esse sono costituite dalla somma di tutti i segnali di qualunque origine con l'eccezione del segnale dovuto alla sorgente esaminata. I parametri di misura sono conformi a quelli riportati al punto successivo.

#### Misurazione delle vibrazioni oggetto dell'indagine

I rilievi sono effettuati nei locali in assenza degli occupanti al fine di minimizzare il disturbo dovuto alle vibrazioni non afferenti all'indagine in corso. L'operatore deve distare dal trasduttore ad una distanza tale da minimizzare il disturbo e dovrà essere in grado di seguire costantemente l'andamento del segnale sull'analizzatore.

Le operazioni di misura sono precedute da una verifica dell'intensità del segnale in corrispondenza del fenomeno vibratorio in esame ed una regolazione della dinamica dell'analizzatore o del preamplificatore in modo tale da evitare fenomeni di saturazione. Tale fase consente di individuare la tipologia di vibrazione (stazionarie, transitorie, impulsive) e di selezionare la metodologia di misura più idonea (diretta o indiretta).

Qualora si verifichi la presenza di fenomeni di tipo impulsivo è da adottarsi esclusivamente la metodologia di misura di tipo indiretto con registrazione del segnale con DAT e successiva analisi in laboratorio. Nei restanti casi sono ammesse sia la metodologia diretta sia quella indiretta. In tutti i casi le misure sono da eseguirsi in concomitanza con il fenomeno vibratorio e devono avere una durata tale da caratterizzarlo, comunque non inferiore a 60 secondi. Adottando la metodologia diretta i rilievi dovranno essere effettuati in LINEARE, filtri di 1/3 di ottava, costante di integrazione SLOW e scansione temporale di 1 secondo.

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classificazione UNI 9614), la descrizione delle due postazioni individuate al primo e all'ultimo solaio, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, delle classi di misura e di eventuali note. Tale scheda deve essere possibilmente simile a quella utilizzata per la presentazione finale delle analisi dei dati.

I riferimenti temporali annotati sulla scheda devono coincidere con quelli visualizzati sull'analizzatore o sul DAT. A tal fine si raccomanda sempre di controllare all'inizio di ogni ciclo di misure i parametri data e ora memorizzati sulla strumentazione ed eventualmente sincronizzarli con l'orologio dell'operatore.

#### Operazioni di analisi (vibrazioni stazionarie o transitorie)

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Qualora la misura sia stata effettuata in modo diretto, il segnale è presente all'interno dell'analizzatore come record di un file di misura. Nel caso in cui la misura sia stata effettuata in modo indiretto, il segnale, registrato in campo analogicamente su cassetta DAT, deve essere trasferito all'analizzatore per essere filtrato. L'operazione avviene in laboratorio tramite l'ausilio di due appositi cavi mini-jack/BNC collegati ai due canali di uscita del registratore DAT ai due canali di ingresso dell'analizzatore.

Al termine dell'acquisizione il segnale è registrato all'interno dell'analizzatore come record di un file di misura.

Nel caso di monitoraggio indiretto, le operazioni di analisi sono precedute dalla verifica della calibrazione della strumentazione.

Attraverso l'utilizzazione del software NOISEWORK, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è trasferito da analizzatore a computer e salvato come file NOISEWORK, con estensione \*.NW, per essere analizzato in un secondo tempo.

L'analisi consiste nelle seguenti fasi:

#### Mascheramento

Visualizzazione del parametro %accelerazione vs time+, identificazione dell'evento (solo nel caso di vibrazioni transitorie) e mascheramento degli istanti esterni al dominio temporale in cui si verifica la vibrazione.

#### Ponderazione in frequenza e calcolo dell'accelerazione complessiva

Filtraggio del segnale mediante filtri di ponderazione conformi alla norma UNI 9614, tali da circoscrivere l'analisi all'interno del dominio di frequenza 1÷80 Hz. A riguardo, a titolo cautelativo, è preferibile optare per i filtri di ponderazione previsti per la postura non nota o variabile (assi combinati). Determinazione del livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza (livello equivalente per le vibrazioni transitorie).

#### Verifica delle vibrazioni residue

Confronto tra il livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza ed il livello di accelerazione residua. Eventuale calcolo del livello di accelerazione complessiva corretta ai sensi della norma UNI 9614 e verifica della significatività della misura. La misura non è da ritenersi significativa se la differenza tra il livello complessivo ponderato delle vibrazioni misurate e quelle residue è inferiore a 6 dB.

#### Valutazione del disturbo

Confronto tra il livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza (eventualmente corretta) ed i livelli di accelerazione limite riportati nei Prospetti II e III in Appendice alla norma UNI 9614. Formulazione di un giudizio sulla tollerabilità del disturbo sulla base della differenza tra tali livelli nonché sulla durata e la frequenza del fenomeno.

#### Operazioni di analisi (vibrazioni impulsive)

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Il segnale, registrato in campo analogicamente su cassetta DAT, è trasferito all'analizzatore per essere filtrato. Questo avviene in laboratorio tramite l'ausilio di due appositi cavi mini-jack/BNC collegati ai due canali di uscita del registratore DAT ai due canali di ingresso dell'analizzatore. Le operazioni di analisi sono precedute dalla verifica della calibrazione della strumentazione.

La sequenza delle operazioni di analisi da seguire è la seguente:

#### Filtraggio FFT

Il segnale viene analizzato in lineare con filtri FFT (Fast Fourier Transform) nel dominio delle frequenze 1÷10.000 Hz. La risoluzione in frequenza  $\Delta f$  è funzione della frequenza massima di analisi ( $B = 2.5 \div 10$  KHz), del numero di righe selezionato ( $N =$



100÷800) e del fattore di zoom ( $ZF = 1÷512$ ). Essa è ricavabile dalla seguente espressione:

$$RF = B / (ZF \cdot N) \quad [Hz]$$

La scelta del tempo di integrazione (averaging time) è condizionata dalla variabilità temporale del fenomeno osservato e dal dominio di frequenza esaminato. Tale parametro deve comunque essere inferiore all'intervallo temporale che rappresenta un significativo cambiamento delle caratteristiche spettrali.

Al fine di restringere l'analisi in un dominio di frequenza e di tempo congruo ai sensi della norma UNI 9614, è consigliabile adottare i seguenti parametri di analisi:

- Frequenza massima (Base-band):  $B = 2.5 \text{ KHz}$
- Numero di righe:  $N = 400$
- Fattori di ingrandimento (Zoom Factor):  $ZF = 2÷16$
- Finestra temporale: Hanning

L'analizzatore deve consentire di visualizzare e registrare lo spettro massimo di accelerazione occorso durante la misura (modalità MX SPEC) come record di un file di misura. Attraverso l'utilizzazione del software NOISEWORK, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è quindi trasferito da analizzatore a PC e salvato come file NOISEWORK, con estensione \*.NW, per essere analizzato in un secondo tempo.

#### Ponderazione in frequenza e calcolo dell'accelerazione complessiva

Filtraggio del segnale mediante i filtri di ponderazione indicati dalla norma UNI 9614 tali da circoscrivere l'analisi all'interno del dominio di frequenza 1÷80 Hz. A riguardo, a titolo cautelativo, è preferibile optare per i filtri di ponderazione previsti per la postura non nota o variabile (assi combinati). Determinazione del livello di accelerazione di picco ponderata in frequenza.

#### Valutazione del disturbo

Determinazione del valore efficace di accelerazione (corrispondente al valore di accelerazione di picco FFT, essendo l'analizzatore calibrato in r.m.s.). Quantificazione del numero N di impulsi giornalieri e determinazione del valore limite ai sensi della norma UNI 9614 (Punto A.3 e Prospetto V dell'appendice della norma). Confronto tra il valore di accelerazione efficace complessiva ponderata in frequenza ed il valore di accelerazione limite. Formulazione di un giudizio sulla tollerabilità del disturbo sulla base della differenza tra tali livelli nonché sulla durata e la frequenza del fenomeno.

### **V2 È valutazione del danno agli edifici**

La metodica di monitoraggio ha come finalità dell'indagine la determinazione della velocità di picco secondo la norma UNI 9916 nel dominio di frequenza 1÷100 Hz; tale parametro è ricavato per integrazione semplice dell'accelerazione di picco lineare nel dominio suddetto. Solo per sorgenti vibrazionali come le esplosioni il dominio di frequenze viene esteso fino a 300 Hz

La tecnica di monitoraggio consente di misurare le vibrazioni indotte negli edifici da sorgenti di eccitazione allo scopo di permetterne la valutazione degli effetti con riferimento alla risposta strutturale ed integrità architettonica degli edifici stessi. La valutazione, effettuata ai sensi della norma UNI 9916, è necessaria ogniqualvolta si è in presenza di livelli di vibrazione superiori alla soglia di disturbo umano (vedere

procedure V1). Le suddette procedure non si applicano per la valutazione degli effetti di disturbo sull'uomo.

Le operazioni di monitoraggio avvengono in corrispondenza di edifici. I rilievi vibrometrici sono da effettuarsi presso le zone degli edifici nelle quali il fenomeno vibratorio è presumibilmente maggiore. È prevista almeno una verifica alla base ed all'ultimo solaio delle costruzioni. Nel caso di assenza di fondazioni la verifica deve essere effettuata alla base del muro di sostegno esterno. Gli assi di monitoraggio sono l'asse verticale Z, perpendicolare al terreno, e l'asse orizzontale X-Y, perpendicolare alla parete dell'edificio prossima alla sorgente di vibrazione.

#### Misurazione delle vibrazioni residue

Prima della misurazione del fenomeno vibratorio oggetto dell'indagine è da eseguirsi la misura delle vibrazioni residue. Esse sono costituite dalla somma di tutti i segnali di qualunque origine con l'eccezione del segnale dovuto alla sorgente esaminata. I parametri di misura sono conformi a quelli riportati al punto successivo.

#### Misurazione delle vibrazioni oggetto dell'indagine

I rilievi sono effettuati in modo tale da minimizzare il disturbo dovuto alle vibrazioni non afferenti all'indagine in corso. L'operatore deve distare dal trasduttore ad una distanza tale da minimizzare il disturbo e dovrà essere in grado di seguire costantemente l'andamento del segnale sull'analizzatore o sul DAT.

Le operazioni di misura sono precedute da una verifica dell'intensità del segnale in corrispondenza del fenomeno vibratorio in esame ed una regolazione della dinamica dell'analizzatore o del preamplificatore in modo tale da evitare fenomeni di saturazione. Tale fase consente di individuare la tipologia di vibrazione, la variazione temporale del fenomeno e di selezionare la metodologia di misura più idonea.

Qualora si verifichi la presenza di fenomeni di tipo impulsivo è da adottarsi esclusivamente la metodologia di misura di tipo indiretto con registrazione del segnale con DAT e successiva analisi in laboratorio. Nei restanti casi sono ammesse sia la metodologia diretta sia quella indiretta. In tutti i casi le misure sono da eseguirsi in concomitanza con il fenomeno vibratorio e devono avere una durata tale da caratterizzarlo. Adottando la metodologia diretta il segnale viene filtrato linearmente con filtri FFT (Fast Fourier Transform) nel dominio delle frequenze 1÷10.000 Hz. La risoluzione in frequenza RF è funzione della frequenza massima di analisi (B = 2.5÷10 KHz), del numero di righe selezionato (N = 100÷800) e del fattore di zoom (ZF = 1÷512). Essa è ricavabile dalla seguente espressione:

$$RF = B / (ZF \cdot N) \quad [Hz]$$

La scelta del tempo di integrazione (averaging time) è condizionata dalla variabilità temporale del fenomeno osservato nonché del dominio di frequenza considerato. Tale parametro deve comunque essere inferiore all'intervallo temporale che rappresenta un significativo cambiamento delle caratteristiche spettrali.

Al fine di restringere l'analisi in un dominio di frequenza e di tempo congruo ai sensi della norma UNI 9916, è consigliabile adottare i seguenti parametri di analisi:

- Frequenza massima (Base-band): B = 2.5 KHz
- Numero di righe: N = 400
- Fattori di ingrandimento (Zoom Factor): ZF = 2÷16
- Finestra temporale: Hanning

L'analizzatore deve consentire di visualizzare e registrare lo spettro massimo di accelerazione occorso durante la misura (modalità MX SPEC) come record di un file di misura. Attraverso l'utilizzazione del software NOISEWORK, installato su computer.

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classificazione UNI 9916), la descrizione delle due postazioni individuate al primo e all'ultimo solaio, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, della classe di misura e di eventuali note. Tale scheda deve essere possibilmente simile a quella utilizzata per la presentazione finale delle analisi dei dati.

I riferimenti temporali annotati sulla scheda devono coincidere con quelli visualizzati sull'analizzatore. A tal fine si raccomanda sempre di controllare all'inizio di ogni ciclo di misure i parametri data e ora memorizzati sulla strumentazione ed eventualmente sincronizzarli con l'orologio dell'operatore.

### Operazioni di analisi

Terminate le operazioni di monitoraggio si procede all'analisi delle misure ed alla valutazione dei risultati. Entrambe le attività sono effettuate in laboratorio.

Qualora la misura sia stata effettuata in modo diretto, il segnale è presente all'interno dell'analizzatore come record di un file di misura. Nel caso in cui la misura sia stata effettuata in modo indiretto, il segnale, registrato in campo analogicamente su cassetta DAT, deve essere trasferito all'analizzatore per essere filtrato. L'operazione avviene in laboratorio tramite l'ausilio di due appositi cavi mini-jack/BNC collegati ai due canali di uscita del registratore DAT ai due canali di ingresso dell'analizzatore.

Al termine dell'acquisizione il segnale è registrato all'interno dell'analizzatore come record di un file di misura.

Nel caso di monitoraggio indiretto, le operazioni di analisi sono precedute dalla verifica della calibrazione della strumentazione. La calibrazione è da ritenersi accettabile se il livello di accelerazione misurato è pari a  $143 \pm 0,3$  dB (errore di  $\pm 3\%$ ). In caso contrario, agendo sull'analizzatore, si procede ad una taratura reiterata sino al raggiungimento della condizione suddetta.

Attraverso l'utilizzazione del software NOISEWORK, installato su computer, tramite cavo seriale RS-232, il record di misura è trasferito da analizzatore a computer e salvato come file NOISEWORK, con estensione \*.NW, per essere analizzato in un secondo tempo.

L'analisi consiste nelle seguenti fasi:

### Filtraggio

Filtraggio del segnale mediante filtri passa alto e passa basso conformi alla norma UNI 9916 tali da circoscrivere l'analisi all'interno del dominio di frequenza  $1 \div 100$  Hz. Integrazione semplice del valore di accelerazione di picco al fine di ricavarne la relativa velocità.

### Verifica delle vibrazioni residue

Confronto tra il valore di velocità dovuto alla sorgente in esame ed il valore di velocità residua. Eventuale correzione del valore di velocità e verifica della significatività della misura. La misura non è da ritenersi significativa se la differenza tra il valore delle vibrazioni misurate è inferiore al doppio del valore delle vibrazioni residue.

### Valutazione del rischio

In base alla categoria del ricettore (Norma DIN 4150/3, categorie 1,2,3) ed alla postazione di misura (fondazioni, pavimento), confronto tra il valore della velocità di picco ed i limiti riportati nel Prospetto IV dell'Appendice B della norma UNI 9916. Formulazione di un giudizio sull'entità di rischio in base alla differenza tra tali livelli e sulla frequenza del fenomeno.

### **3.3.4. Componente acque superficiali**

La valutazione dei potenziali effetti indotti sul comparto idrico superficiale dalla costruzione dell'ampliamento autostradale, avverrà attraverso l'analisi e il confronto dei dati di monitoraggio raccolti prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera, con riferimento al quadro evolutivo dei fenomeni naturali aggiornato nel corso delle indagini. Verrà fatto riferimento agli indicatori specifici descritti nel seguito, la cui interpretazione sarà comunque sempre riferita al quadro di qualità ambientale complessivo.

Nella fase di monitoraggio ante operam verrà effettuato un numero di campagne di misura tali da fornire una caratterizzazione significativa dello stato quali-quantitativo dei corsi d'acqua potenzialmente interessati dalle lavorazioni, con le relative fluttuazioni stagionali. Nella fase di corso d'opera le campagne di misura verranno eseguite con la stessa frequenza prevista per la fase precedente, in modo da poter evidenziare eventuali modifiche ed alterazioni. Le specifiche relative all'evoluzione delle indagini, con il dettaglio delle frequenze e della distribuzione di metodiche e analisi, verranno descritte in modo dettagliato ed esaustivo nei paragrafi seguenti.

Le attività di monitoraggio prevedono controlli mirati all'accertamento dello stato quali-quantitativo delle risorse idriche superficiali. Tali controlli consistono in indagini del seguente tipo:

- Indagini quantitative: misure di portata, livelli idrometrici e misure di solidi in sospensione;
- Indagini qualitative: specifici parametri chimico-fisici, chimici e batteriologici;

### Indagini quantitative

Il monitoraggio quantitativo è mirato alla contestualizzazione dei valori provenienti dalle analisi qualitative chimiche, fisiche e batteriologiche.

Verrà rilevato il parametro portata, che è il parametro che quantifica l'entità dei deflussi, fornendo un dato che può essere messo in relazione sia al quadro di riferimento del regime idrologico del corso d'acqua, sia ai parametri chimico-fisici di qualità dell'acqua per valutare l'entità dei carichi di inquinanti che defluiscono nella sezione di controllo (dato essenziale per la stima di bilanci di inquinanti nella rete idrografica).

Nelle campagne di misura la rilevazione della portata verrà eseguita effettuando misure correntometriche. Tali misure potranno essere eseguite sia utilizzando mulinelli, provvisti di un set di eliche, idonee per misure in qualsiasi condizione di velocità, sia con strumentazione doppler (correntometro doppler). Secondo il principio di Doppler quando una sorgente sonora si muove rispetto ad un ricevente fermo, avviene uno spostamento della frequenza sonora fra trasmittente e ricevente. Il correntometro usa il principio Doppler, misurando lo spostamento di frequenza del suono riflesso dalle particelle della sostanza in sospensione. Quando necessario le sezioni di misura verranno predisposte al rilievo eseguendo la pulizia del fondo e delle sponde,

regolarizzando il più possibile le condizioni di flusso, attrezzando le sponde o i manufatti esistenti per applicare i dispositivi di supporto e di calata. Sulla stessa sezione fluviale, nel caso di misure ripetute in periodi diversi, verranno per quanto possibile mantenute metodiche e condizioni di misura analoghe, per favorire la confrontabilità dei dati.

Il calcolo della portata e dell'errore relativo viene eseguito applicando il principio "velocità x area" con il metodo della doppia integrazione conforme alle indicazioni della Norma ISO sotto riportata.

\* ISO 748-1997 Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts - Méthodes d'exploration du champ des vitesses.

Si elencano di seguito i passi seguiti per la elaborazione.

- Calcolo dei valori puntuali di velocità a partire dai dati di misura, in base alle curve di taratura dei mulinelli.
  - Calcolo delle coordinate batimetriche della sezione e della posizione dei punti di misura delle velocità.
  - Integrazione dei profili di velocità e calcolo delle velocità medie sulle verticali di misura.
  - Definizione della curva delle portate specifiche (velocità medie x altezze).
  - Integrazione della curva precedente e calcolo delle portate parziali relative alle singole verticali e della portata complessiva.
  - Calcolo dei parametri caratteristici della misura (dati geometrici, velocità media e max., ecc.).
  - Confronto dei dati della misura con i valori di riferimento indicati dalla Normativa ISO ed esecuzione di test di controllo della qualità della misura.
- Livello idrometrico

La misura del livello idrometrico viene eseguita mediante lettura diretta di aste idrometriche o mediante rilievo della distanza del pelo libero da un riferimento altimetrico fisso predefinito sulla sezione di misura. Questo parametro viene rilevato con la finalità di caratterizzare lo stato idrologico-idraulico del corso d'acqua o di eseguire la taratura di rilevatori strumentali.

Il livello idrometrico fornisce l'informazione più diretta dello stato di deflusso in una sezione di controllo del corso d'acqua. Nel corso delle campagne di misura viene rilevato rispetto a riferimenti fissi. Il dato di livello viene associato alla portata e agli altri parametri idraulici per rappresentare le variazioni nelle caratteristiche fondamentali del deflusso rilevabili nel corso di campagne di misura successive.

Nelle sezioni finalizzate al controllo delle potenziali interferenze tra lo scavo delle gallerie e i corsi d'acqua superficiali, la corrispondenza tra livello idrometrico e portata viene espressa mediante le scale di deflusso (curve livello/portata), che rappresentano le funzioni di taratura idraulica dei siti di monitoraggio. Utilizzando le scale di deflusso, opportunamente aggiornate ed estese ai campi di portata di interesse, è possibile eseguire una valutazione indiretta della portata defluente attraverso la lettura del livello idrometrico.

### Indagini qualitative

Le procedure di campionamento ed analisi da applicare per il monitoraggio dei parametri chimico-fisici e batteriologici faranno integralmente riferimento alla normativa tecnica sotto indicata.

Norme IRSA-CNR

Norme UNICHIM-UNI

Norme ISO

ISO 5667-1/1980 (Guidance on the design of sampling programmes);

ISO 5667-2/1991 (Guidance on sampling techniques);

ISO 5667-3/1985 (Guidance on the preservation and handling of samples);

ISO 5667-10/1992 (Guidance on sampling of waste waters);

ISO/TC 147 (Water quality);

ISO STANDARDS COMPENDIUM-ENVIRONMENT/WATER QUALITY.

### Parametri chimico-fisici

I parametri chimico-fisici potranno fornire un'indicazione generale sullo stato di qualità delle acque dei corsi d'acqua preesistente l'inizio dei lavori ed in relazione alle problematiche di interferenza con le opere autostradali in costruzione.

Verranno rilevati i seguenti parametri:

- Temperatura (acqua e aria)
- pH
- Conducibilità elettrica
- Ossigeno disciolto e ossigeno disciolto %

Nelle acque superficiali il pH è caratterizzato da variazioni giornaliere e stagionali, ma anche dal rilascio di scarichi di sostanze acide e/o basiche; la conducibilità elettrica specifica esprime il contenuto di sali disciolti ed è strettamente correlata al grado di mineralizzazione e quindi della solubilità delle rocce a contatto con le acque; brusche variazioni di conducibilità possono evidenziare la presenza di inquinamenti.

La concentrazione dell'ossigeno disciolto dipende da diversi fattori naturali, tra i quali la pressione parziale in atmosfera, la temperatura, la salinità, l'azione fotosintetica, le condizioni cinetiche di deflusso. Brusche variazioni di ossigeno disciolto possono essere correlate a scarichi civili, industriali e agricoli. Una carenza di ossigeno indica la presenza di quantità di sostanza organica o di sostanze inorganiche riducenti. La solubilità dell'ossigeno è in funzione della temperatura e della pressione barometrica; pertanto, i risultati analitici devono essere riferiti al valore di saturazione caratteristico delle condizioni effettive registrate al momento del prelievo. La presenza di organismi fotosintetici: (alghe, periphyton e macrofite acquatiche) influenza il valore di saturazione di ossigeno, comportando potenziali condizioni di ipersaturazione nelle ore diurne e di debito di ossigeno in quelle notturne.

### Parametri chimici e microbiologici acque

Le analisi chimiche e microbiologiche daranno indicazione delle eventuali interferenze tra le lavorazioni in atto ed il chimismo e la carica batteriologica di  $\%_{bianco}$  dei corsi d'acqua. Verranno analizzati parametri tipicamente legati ai fenomeni di inquinamento

da traffico veicolare, fra cui i metalli pesanti e parametri maggiormente legati ad eventuali impatti con le lavorazioni, come attività di macchine operatrici di cantiere, sversamenti e scarichi accidentali, lavaggio di cisterne e automezzi, getti e opere in calcestruzzo, dilavamento di piazzali, presenza di campi e cantieri. Verranno rilevati i seguenti parametri:

- C.O.D.
- Idrocarburi totali
- Cromo totale
- Nichel
- Zinco
- Cadmio
- Cloruri
- Piombo
- Solfati
- Calcio
- Alluminio
- Escherichia coli
- Tensioattivi
- IPA
- Solidi Sospesi Totali

Il C.O.D. esprime la quantità di ossigeno consumata per l'ossidazione chimica delle sostanze organiche e inorganiche presenti nell'acqua; elevati valori di COD possono essere indice della presenza di scarichi domestici, zootecnici e industriali. I cloruri sono sempre presenti nelle acque in quanto possono avere origine minerale. Valori elevati possono essere collegati a scarichi civili, industriali e allo spandimento di fertilizzanti clorurati e all'impiego di sali antigelo sulle piattaforme stradali. Possono inoltre derivare da processi di depurazione anche nei cantieri, dove viene utilizzato l'acido cloridrico (HCl) come correttore di pH, oppure derivano dal processo di potabilizzazione per aggiunta di ipoclorito di sodio NaClO, utilizzato per ossidare le sostanze presenti nell'acqua, liberando ossigeno. Cromo, Nichel, Zinco, sono metalli potenzialmente riferibili al traffico veicolare; cadmio e mercurio sono indicativi della classe di qualità dei corsi d'acqua correlabile alle possibilità di vita dei pesci. La presenza di alcuni metalli può essere inoltre correlata alle lavorazioni, in quanto presenti nel calcestruzzo (cromo) o tramite vernici, zincature e cromature. La presenza di oli e idrocarburi e IPA è riconducibile all'attività di macchine operatrici di cantiere, a sversamenti accidentali, al lavaggio di cisterne e automezzi e al traffico veicolare. I tensioattivi possono risultare dall'impiego di eventuali schiumogeni per l'utilizzo della fresa.

I solidi in sospensione totali sono indicativi, eventualmente in associazione con la torbidità rilevata strumentalmente e con la misura del trasporto solido in sospensione, di potenziali alterazioni riconducibili ad attività dirette di cantiere o a interventi in grado di alterare il regime delle velocità di flusso in alveo o la produttività del suolo (sistemazioni idrauliche, aree di cantiere, di cava o discarica; sistemazioni idrogeologiche, dissesti ecc.). L'entità e la durata di concentrazioni acute di solidi in sospensione ha ripercussioni sulla qualità degli habitat per macroinvertebrati e fauna ittica.

#### Parametri biologici e fisiografici . ambientali

Per quanto riguarda i parametri biologici, le popolazioni ittiche e di macroinvertebrati bentonici sono condizionate dagli ambienti fisici che le ospitano, le cui variazioni in termini morfologico-idraulici e fisico-chimici producono alterazioni nelle caratteristiche della distribuzione tipologica e quantitativa delle specie e, conseguentemente,

modificazioni degli indicatori biologici. Le lavorazioni autostradali possono inoltre provocare modifiche ed alterazioni alla vegetazione perifluviale e alle caratteristiche morfologiche e conseguente perdita o diminuzione della salute ecologica dei corsi d'acqua. Tramite la determinazione di questi parametri si avrà quindi la possibilità di valutare lo stato ecologico dei corsi d'acqua e l'effetto di alterazioni ed inquinamenti delle acque sulle popolazioni di microrganismi. Vengono determinati i seguenti indici:

- Multi-habitat proporzionale (M.H.P.)
- Indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F.)

Il Metodo MHP (Multi-habitat proporzionale), o MacrOper, si basa su un approccio multihabitat, che prevede una raccolta dei macroinvertebrati in corsi d'acqua in linea con le richieste della legge europea 2000/60/EC. Tale raccolta, che deve essere effettuata con un retino Surber (un particolare tipo di retino che consente di raccogliere gli organismi presenti in un'area delimitata da una cornice metallica rettangolare e quindi di dimensioni note) per habitat con profondità inferiori a 0.5m oppure con un retino immanicato nel caso di habitat caratterizzati da profondità maggiori di 0,5m, deve essere proporzionale all'estensione relativa dei diversi habitat osservati in un sito fluviale. La presenza degli habitat nel sito di campionamento oggetto d'indagine deve essere stimata prima di procedere al campionamento stesso. I macroinvertebrati bentonici sono caratterizzati da una limitata mobilità, da un lungo ciclo vitale, dalla presenza di gruppi con differente sensibilità alle cause di alterazione e da molteplici ruoli nella catena trofica. Inoltre la relativa facilità di campionamento e di identificazione di questi organismi, e la loro ampia diffusione nei corsi d'acqua, rendono i macroinvertebrati bentonici particolarmente adatti all'impiego nel biomonitoraggio e nella valutazione della qualità dei fiumi. La maggior parte delle popolazioni di invertebrati bentonici è soggetta a cicli vitali stagionali; pertanto, per poter correttamente definire la composizione tassonomica di un sito, le abbondanze degli individui e la diversità, le stagioni di campionamento devono essere chiaramente stabilite (si ricorda tuttavia che la stagione di campionamento più adatta è soprattutto legata al tipo fluviale in esame). Va evitato il campionamento in una o più delle seguenti situazioni: durante o subito dopo eventi di piena; - durante o subito dopo periodi di secca estrema; per impedimenti a causa di fattori ambientali nella stima dell'estensione relativa degli habitat (ad esempio in caso di elevata torbidità). In quest'ultimo caso, se il campionamento viene effettuato egualmente, è possibile segnalare sulla Scheda che il campionamento è avvenuto in condizioni non ottimali per la corretta quantificazione della presenza dei diversi microhabitat. Il sito campionato deve essere rappresentativo di un tratto più ampio del fiume in esame cioè, se possibile, dell'intero corpo idrico come previsto dalla Direttiva 2000/60. La procedura di campionamento richiede un'analisi della struttura in habitat del sito e pertanto, dopo aver selezionato la sezione migliore procedendo con il riconoscimento e la descrizione dei microhabitat, si procede al campionamento. Questo deve essere iniziato dal punto più a valle dell'area oggetto d'indagine proseguendo verso monte, in modo da non disturbare gli habitat prima del campionamento. Il protocollo di campionamento dei macroinvertebrati bentonici dei corsi d'acqua guadabili+ (predisposto dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici in stretta collaborazione con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) definisce le tecniche di campionamento da adottare anche in base al tipo di habitat e di substrato. Una volta raccolto il campione si procede in campo all'identificazione dei taxa. In genere il campione può essere smistato in toto sul campo. Gli individui raccolti tramite rete vengono trasferiti in vaschette e quindi si procede allo smistamento e alla stima delle abbondanze dei diversi taxa. In generale si richiede il conteggio preciso degli organismi fino alla soglia dei dieci individui. Per i taxa il cui numero di individui superi tale soglia si ritiene praticabile fornire direttamente un'indicazione della stima mediante conteggio approssimativo, anziché limitarsi a



valutare solo la classe di abbondanza. Per gli organismi che richiedono controlli o approfondimenti tassonomici, sarà necessaria una verifica in laboratorio.

L'Indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F. - APAT 2007) è un metodo di valutazione dello stato di salute ecologica degli ambienti fluviali, basato sull'analisi speditiva dei parametri morfologici, strutturali e biotici dell'ecosistema preso in considerazione. È un metodo di indagine ambientale per il controllo e il monitoraggio ecologico degli ambienti fluviali a scopo di tutela degli stessi. Il periodo di rilevamento più idoneo per un'applicazione corretta è quello compreso tra il regime idraulico di morbida e quello di magra, e comunque in un periodo di attività vegetativa. L'indice consiste in una scheda di 14 domande suddivise nei seguenti gruppi funzionali: condizioni vegetazionali delle rive e del territorio circostante, ampiezza relativa dell'alveo bagnato e struttura fisica e morfologica delle rive, individuazione delle tipologie che favoriscono la diversità ambientale e la capacità di autodepurazione di un corso d'acqua, caratteristiche biologiche attraverso analisi della comunità macrobentica e macrofita e della conformazione del detrito). Il valore di IFF finale permette di valutare lo stato complessivo dell'ambiente fluviale e la funzionalità del corso d'acqua (9 classi da ottimo a pessimo). Il tratto fluviale analizzato sarà sufficientemente esteso per individuare eventuali alterazioni e modifiche indotte dalle lavorazioni autostradali ed interesserà, per ogni corso d'acqua, sia il tratto a monte che a valle dell'interferenza autostradale.

Entrambi i parametri (M.H.P. e I.F.F.) forniscono risposte sugli effetti di condizionamento ambientale a medio-lungo termine e consentono di eseguire estrapolazioni per ricercare le caratteristiche ottimali di riferimento per l'ambiente fluviale nel suo complesso.

### 3.3.5. Componente acque sotterranee

La valutazione dei potenziali effetti indotti sul comparto idrico sotterraneo dalla costruzione e dall'esercizio dell'autostrada avverrà attraverso l'analisi e il confronto dei dati di monitoraggio raccolti prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera, con riferimento al quadro evolutivo dei fenomeni naturali aggiornato nel corso delle indagini. Nella fase di monitoraggio in ante operam verrà effettuato un numero di campagne di misura tali da fornire una caratterizzazione significativa dello stato quali-quantitativo degli acquiferi potenzialmente interessati dalle lavorazioni, con le relative fluttuazioni stagionali. Nella fase di corso d'opera le campagne di misura verranno eseguite con la stessa frequenza prevista per la fase precedente, in modo da poter evidenziare eventuali modifiche ed alterazioni. Le specifiche relative all'esecuzione delle indagini, con il dettaglio delle frequenze e della distribuzione di metodiche e analisi, verranno descritte in modo dettagliato ed esaustivo nei paragrafi seguenti.

Le attività di monitoraggio prevedranno controlli mirati all'accertamento dello stato quali-quantitativo delle risorse idriche sotterranee. I parametri che verranno monitorati saranno indicativi di quelle che, potenzialmente, potrebbero essere le tipologie più probabili di alterazione e di inquinamento derivanti dalla realizzazione delle opere autostradali.

Tali controlli consisteranno in indagini del seguente tipo:

- Indagini quantitative;
- Indagini qualitative: specifici parametri fisici e chimico-batteriologici.

### Indagini quantitative

Verranno rilevati i seguenti parametri:

- Livello piezometrico su pozzi e piezometri;
- Portata volumetrica su sorgenti;
- Portata delle venute d'acqua in galleria in corrispondenza degli imbocchi;
- Portate provenienti dalle canalette drenanti (per la riduzione del carico idraulico) delle gallerie con scavo meccanizzato

Il monitoraggio quantitativo è mirato alla valutazione di massima degli andamenti stagionali della falda e delle modalità di deflusso delle acque sotterranee, al fine di individuare eventuali interferenze che le opere in sottterraneo possono operare sul deflusso di falda. Il conseguimento di tali finalità richiede la disponibilità di dati sufficienti a definire le curve di ricarica e di esaurimento della falda.

Al momento dell'avvio del monitoraggio ante operam verranno aggiornati i dati relativi alle sorgenti e ai pozzi esistenti e/o ai nuovi piezometri realizzati ad hoc mediante nuovi sopralluoghi e la redazione di schede sintetiche descrittive dei dati caratteristici di tutti i punti monitorati.

Inoltre, quando possibile, alcune sorgenti potranno essere dotate di data logger per il rilievo in continuo delle oscillazioni della portata. Si prevede il monitoraggio in continuo nel periodo corso d'opera di circa 15 captazioni tra quelle a rischio di interferenza più elevato. Durante i sopralluoghi ante operam verranno individuate le captazioni più idonee a tale monitoraggio.

La misura di portata delle venute d'acqua in galleria verrà effettuata in corrispondenza degli imbocchi e fornirà un dato cumulativo del totale di acqua drenata. Infatti, per le difficoltà legate alle fasi di scavo e alle problematiche di accesso in sicurezza al cantiere, il Piano di Monitoraggio non prevede l'esecuzione di misure di portata d'acqua al fronte; eventuali venute concentrate al fronte saranno quindi registrate in termini di variazione di portata agli imbocchi. Per garantire comunque un controllo continuo e dettagliato delle venute idriche in galleria, la misurazione delle portate avverrà tramite strumentazione in continuo in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie dove sono previste le venute idriche maggiori.

Tale misura è prevista nelle gallerie che verranno realizzate con scavo tradizionale e che hanno una lunghezza superiore a 2000 metri e/o in acquiferi significativi. In seguito a venute continue consistenti, anche per le gallerie inferiori ai 2000 metri verrà valutata la possibilità di installare sistemi di misura in continuo delle portate cumulate agli imbocchi.

Per le gallerie realizzate con scavo meccanizzato, l'uso della fresa prevede la posa del rivestimento definitivo e l'impermeabilizzazione del cavo contestualmente all'avanzamento. Le gallerie risulteranno completamente impermeabili. Si precisa infatti che la tecnologia TBM prevede, in generale, la realizzazione di gallerie impermeabili tramite la posa di conci di rivestimento a tenuta idraulica in fase di esercizio e tramite contropressione nella camera di scavo in fase di avanzamento. In alcuni tratti tuttavia per particolari condizioni idrogeologiche (presenza di lineamenti strutturali, elevato grado di fratturazione, carichi idrostatici molto elevati, ecc.) potrebbe essere necessario drenare la falda per ridurre i carichi idraulici elevati e tali da non essere compatibili, a lungo termine, con il rivestimento (rif. elaborato IDR0400).

In questi eventuali tratti drenanti saranno previste due tipologie di captazione:

- tramite apposite nicchie di drenaggio, dotate di dreni profondi e vasca di raccolta, da realizzare nei tratti potenzialmente più produttivi dal punto di vista dell'emungimento e finalizzati all'utilizzo idropotabile;
- tramite drenaggio distribuito del cavo, ad utilizzo non pregiato.



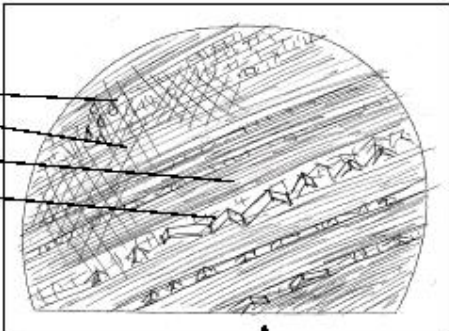




Nel primo caso, se le nicchie verranno attrezzate con abbinamento di cunicoli drenanti, dove gli apporti idrici potranno essere raccolti in una vasca di decantazione e poi addotti verso l'esterno, oppure fatti confluire direttamente nel collettore di mandata della galleria verso l'esterno, sarà possibile effettuare una misura di massima delle portate drenate. Secondo lo studio sugli interventi per il recupero delle acque potenzialmente drenate dalle gallerie (rif. elaborato IDR0400), la realizzazione di nicchie sarà eventualmente possibile nelle gallerie Amendola e Monterosso. Si prevede la possibilità di effettuare misure delle portate con strumentazione in continuo nello sbocco delle nicchie poste in corrispondenza delle progressive km 3+650 - 4+000 per la galleria Amendola e nello sbocco delle nicchie poste in corrispondenza delle progressive km 12+900- 13+000 e km 13+900-14+050 per la galleria Monterosso. In questo caso, in analogia con quanto previsto con lo scavo con metodo tradizionale, la misura di portata delle venute d'acqua in galleria verrà effettuata in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie e fornirà un dato cumulativo del totale di acqua drenata tramite strumentazione in continuo in corrispondenza del collettore di mandata delle acque drenate delle gallerie verso l'esterno.


Per le gallerie con metodo di scavo tradizionale e ove fattibile per quello meccanizzato, i dati di portata rilevati in continuo in corrispondenza degli imbocchi confluiranno all'interno di rapporti trimestrali, dove per ogni giorno verrà riportata la progressiva di avanzamento dei vari fronti e la relativa portata cumulata all'imbocco; la lettura contestuale di progressiva e portata cumulata giornaliera fornisce quindi un'indicazione abbastanza precisa delle evoluzioni del drenaggio in funzione dell'avanzamento dello scavo.


A titolo di esempio si riporta di seguito un modello di restituzione dei dati relativi alla misura delle venute in galleria, già utilizzato in altre esperienze di monitoraggio e che sarà presente all'interno dei report periodici di restituzione dei dati di monitoraggio.

| A1 VARIANTE DI VALICO - GALLERIA DI BASE<br>RAPPORTO MENSILE<br>PORTATA CUMULATA AGLI SBocchi IN RAPPORTO ALL'AVANZAMENTO DEI LAVORI DI SCAVO<br>VALORE MEDIO GIORNALIERO<br>PERIODO 1 - 30 GIUGNO 2008<br>RAPPORTO N. 4 del 09/07/08 |               |                  |                                     |                  |                                  |                                 |               |                  |                                     |                                     |                       |
|---|---------------|------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| GALLERIA DI BASE - LATO EMILIA  |               |                  |                                     |                  |                                  | GALLERIA DI BASE - LATO TOSCANA |               |                  |                                     |                                     |                       |
| Giorno  | Portata (l/s) | Canna Nord       |                                     | Canna Sud        |                                  | Giorno                          | Portata (l/s) | Canna Nord       |                                     | Canna Sud                           |                       |
|   |               | Progressiva (km) | Avanzamento da imbocco (km 1405.75) | Progressiva (km) | Avanzamento da imbocco (km 1403) |                                 |               | Progressiva (km) | Avanzamento da imbocco (km 9911.76) | Avanzamento da by-pass (km 9+761.5) | Progressiva (km)      |
| 1   | 60.1          | 3+181.60         | 1+775.85                            | 2+733.60         | 1+317.10                         | 1                               | nr            | 9+810.65         | 101.11                              |                                     |                       |
| 2   | 60.1          | 3+182.80         | 1+777.05                            | 2+735.00         | 1+318.50                         | 2                               | nr            | 9+807.95         | 103.81                              |                                     | 9+161.15 790.45       |
| 3   | 59.9          | 3+186.40         | 1+780.65                            | 2+736.40         | 1+319.90                         | 3                               | nr            | -                | -                                   | 9 + 313.80                          | 439.2 9+159.80 791.8  |
| 4   | 59.6          | 3+190.00         | 1+784.25                            | 2+737.80         | 1+321.30                         | 4                               | nr            | -                | -                                   | 9 + 311.00                          | 442 9+157.10 794.5    |
| 5   | 60.5          | 3+193.95         | 1+788.20                            | 2+740.60         | 1+324.10                         | 5                               | nr            | -                | -                                   | 9 + 308.30                          | 444.7 9+153.05 798.55 |
| 6   | 62.0          | 3+196.35         | 1+790.60                            | 2+743.40         | 1+326.90                         | 6                               | nr            | -                | -                                   | 9 + 304.20                          | 448.8 9+150.35 801.25 |
| 7   | 61.8          | 3+199.75         | 1+794.00                            | 2+746.20         | 1+329.70                         | 7                               | nr            | -                | -                                   | 9 + 301.50                          | 451.5 9+147.65 803.95 |
| 8   | 61.4          | 3+199.75         | 1+794.00                            | 2+747.60         | 1+331.10                         | 8                               | nr            | -                | -                                   | 9 + 298.80                          | 454.2 9+144.95 806.65 |
| 9   | 61.0          | 3+200.75         | 1+795.00                            | 2+749.00         | 1+332.50                         | 9                               | nr            | -                | -                                   | 9 + 297.50                          | 455.5 9+142.20 809.4  |
| 10  | 61.1          | 3+201.75         | 1+796.00                            | 2+751.80         | 1+335.30                         | 10                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 294.80                          | 458.2 9+139.50 812.1  |
| 11  | 60.7          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+754.80         | 1+338.30                         | 11                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 293.70                          | 459.3 9+138.20 813.4  |
| 12  | 59.4          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+757.20         | 1+340.70                         | 12                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 292.40                          | 460.6 9+135.80 815.8  |
| 13  | 59.6          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+759.60         | 1+343.10                         | 13                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 289.50                          | 463.5 9+132.20 819.4  |
| 14  | 59.3          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+761.00         | 1+344.50                         | 14                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 286.80                          | 466.2 9+128.60 823    |
| 15  | 58.1          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+765.20         | 1+348.70                         | 15                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 284.10                          | 468.9 9+126.20 825.4  |
| 16  | 58.9          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+768.00         | 1+351.50                         | 16                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 281.40                          | 471.6 9+124.00 827.6  |
| 17  | 58.8          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+770.80         | 1+354.30                         | 17                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 278.70                          | 474.3 9+124.00 827.6  |
| 18  | 60.9          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+773.60         | 1+357.10                         | 18                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 274.60                          | 478.4 9+124.00 827.6  |
| 19  | 60.1          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+776.60         | 1+360.10                         | 19                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 271.90                          | 481.1 9+124.00 827.6  |
| 20  | 60.6          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+778.10         | 1+361.60                         | 20                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 269.20                          | 483.8 9+124.00 827.6  |
| 21  | 60.9          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+780.90         | 1+364.40                         | 21                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 266.50                          | 486.5 9+124.00 827.6  |
| 22  | 60.5          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+783.90         | 1+367.40                         | 22                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 265.20                          | 487.8 9+124.00 827.6  |
| 23  | 60.9          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+786.70         | 1+370.20                         | 23                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 262.50                          | 490.5 9+124.00 827.6  |
| 24  | 60.4          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+789.50         | 1+373.00                         | 24                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 259.80                          | 493.2 9+124.00 827.6  |
| 25  | 60.3          | 3+203.75         | 1+798.00                            | 2+792.30         | 1+375.80                         | 25                              | nr            | -                | -                                   | 9 + 254.40                          | 498.6 9+124.00 827.6  |
| 26  | 60.1          | 3+204.75         | 1+799.00                            | 2+796.50         | 1+380.00                         | 26                              | 6.0           | -                | -                                   | 9 + 250.40                          | 502.6 9+124.00 827.6  |
| 27  | 59.2          | 3+206.75         | 1+801.00                            | 2+799.30         | 1+382.80                         | 27                              | 6.0           | -                | -                                   | 9 + 246.00                          | 507 9+124.00 827.6    |
| 28  | 59.1          | 3+208.75         | 1+803.00                            | 2+802.10         | 1+385.60                         | 28                              | 5.1           | 9+806.00         | 105.76                              | 9 + 242.50                          | 510.5 9+124.00 827.6  |
| 29  | 58.8          | 3+208.75         | 1+803.00                            | 2+804.90         | 1+388.40                         | 29                              | 5.3           | 9+804.00         | 107.76                              | 9 + 239.00                          | 514 9+124.00 827.6    |
| 30  | 60.0          | 3+208.75         | 1+803.00                            | 2+809.10         | 1+392.60                         | 30                              | 5.2           | 9+802.00         | 109.76                              | 9 + 236.00                          | 517 9+124.00 827.6    |

Infine il controllo delle venute idriche in galleria si completa tramite l'acquisizione dei rilievi al fronte effettuati dall'impresa Appaltatrice e trasmessi all'Ufficio di Monitoraggio dalla Direzione Lavori. In particolare, come si vede dall'esempio sotto riportato, le schede di rilievo al fronte contengono, per ogni campo di avanzamento, una descrizione qualitativa e quantitativa della presenza di acqua (umidità, stillo, venuta concentrata - pag. 2/3 del rilievo al fronte) e la sua ubicazione rispetto al fronte di scavo (descrizione geostrutturale del fronte - pag. 1/3 del rilievo al fronte).

|  |                         |  |                   |
|--|-------------------------|--|-------------------|
|     |                         | <b>SCHEDA DI RILIEVO DEL FRONTE DI SCAVO</b>                                       |                   |
| PIANO CONTROLLO QUALITÀ  |                         | N° PROG. SCHEDA / 31 /RFS  |                   |
|  |                         | Pagina 1 di 3  |                   |
| <b>ATTIVITA': RILIEVO GEOSTRUTTURALE DEL FRONTE DI SCAVO</b>                         |                         |  |                   |
| LOTTO N° : 7   |                         | OPERA: GALLERIA POZZOLATICO  |                   |
| APPALTATORE :  |                         | IMBOCCO LATO: Roma (Iniz.nat.2+777)  |                   |
| IMPRESA ESECUTRICE :   |                         | PROGRESSIVA PARZIALE/ASSOLUTA: +490/ 2+287 SEZ. DI APPL.: GA-P2i4                  |                   |
| MACROATTIVITA':  | WBS:                    | AMPIEZZA SEZIONE DI SCAVO mq: 170  |                   |
| LOCALITA': CERTOSA   |                         | COPERTURA m: 40.5  | DATA : 26/03/2008 |
| DESCRIZIONE GEOSTRUTTURALE DEL FRONTE  |                         |  |                   |
| LEGENDA  |                         |  |                   |
| Litotipi e discontinuità   |                         |  |                   |
|     | stillicidio             |  |                   |
|     | patine argillose        |  |                   |
|     | peliti                  |  |                   |
|     | strati marnoso-calcarei |  |                   |
|  |                         | Verso di avanzamento: N219°  |                   |
| <b>FOTOGRAFIA DEL FRONTE DI SCAVO</b>  |                         |  |                   |
|  |                         |  |                   |

|  |                  |   |                           |                                 |  |    |
|--|------------------|---|---------------------------|---------------------------------|--|----|
|  ingegneria europea   |                  | <b>SCHEDA DI RILIEVO DEL FRONTE DI SCAVO</b>  |                           |                                 |  |    |
| PIANO CONTROLLO QUALITA  |                  |   | N° PROG. SCHEDA / 31 /RFS |                                 |  |    |
| Pagina 2 di 3  |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Formazione geologica : Monte Morello facies B?   |                  | Litologia : argilliti e petiti finemente stratificate e laminate grigio scuro intercalate ad alternanze di calcari fratturati |                           |                                 |  |    |
| Presenza d'acqua : descrizione e valutazione quantitativa negli ultimi 10 m di scavo (l/s) : 0,2 - 0,3 |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Presenza di gas: NO  |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Presenza di strutture primarie alla scala dell'affioramento  |                  |   |                           |                                 |  |    |
| <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO                                     |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Strutture  |                  | 1   | 2                         | 3                               | 4  | 5  |
| Orientazione   | Immersione (°)   |   |                           |                                 |  |    |
|  | Inclinazione (°) |   |                           |                                 |  |    |
| Spessore (cm)  |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Superfici  | Andamento        | Piano   |                           |                                 |  |    |
|  |                  | Ondulato  |                           |                                 |  |    |
|  | Scabrezza        | Liscia  |                           |                                 |  |    |
|  |                  | Leggermente scabra  |                           |                                 |  |    |
| Eventuali riempimenti  |                  | NO  |                           |                                 |  |    |
| Principale elemento suddivisoriale sistematico   |                  |   |                           |                                 |  |    |
| <input type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Scistosità                                   |                  | Orientazione  |                           | Immersione (°)                  | 160  |    |
| <input checked="" type="checkbox"/> Stratificazione <input type="checkbox"/> Altro.....                |                  |   |                           | Inclinazione (°)                | 40   |    |
| Spessore (cm) mediamente inferiore a 4   |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Superfici  | Andamento        | Piano   | X                         | Apertura dei piani              | <input checked="" type="checkbox"/> < 0.1 mm   |    |
|  |                  | Ondulato  |                           |                                 | <input checked="" type="checkbox"/> 0.1 - 1 mm |    |
|  | Scabrezza        | Liscia  | X                         |                                 | <input type="checkbox"/> 1 - 5 mm              |    |
|  |                  | Leggermente scabra  | X                         |                                 | <input type="checkbox"/> > 5 mm                |    |
| Scabra   |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Persistenza rispetto al fronte (%): 90   |                  |   |                           | Eventuali riempimenti : Argilla |  |    |
| Sistemi disgiuntivi secondari: NO  |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Caratteristiche geostrutturali   |                  | K1  | K2                        | K3                              | K4   | K5 |
| Immersione (°)   |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Inclinazione (°)   |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Spaziatura (°)   |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Persistenza rispetto al fronte (%)   |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Superfici piane  |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Superfici ondulate   |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Superfici lisce  |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Superfici leggermente scabre   |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Superfici scabre   |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Giunti molto chiusi <0.1 mm  |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Giunti chiusi 0.1 - 1 mm   |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Giunti moderatamente aperti 1 - 5 mm   |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Giunti aperti >5 mm  |                  |   |                           |                                 |  |    |
| Eventuali riempimenti  |                  |   |                           |                                 |  |    |
| JCS (MPa)  |                  |   |                           |                                 |  |    |

|   |                             | <b>SCHEDA DI RILIEVO DEL FRONTE DI SCAVO</b>                                 |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
|--|-----------------------------|--|----------------------|-----------------------|----------|----|---|---------|-----|----|-----------------|-------|---|--------------------------|-----------------------------|----|-------|-------------|---|--------------|----------|----|----------------------|--|----|--------|--|-----|-----------------------|--|----------|--|--|----|---|--|
| PIANO CONTROLLO QUALITA'   |                             | N° PROG. SCHEDA / 31 IRFS  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
|  |                             | Pagina 3 di 3  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| Giunti " random"   |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| <input type="checkbox"/> Presenti in numero trascurabile<br><input type="checkbox"/> Presenti diffusamente ma non continui o poco continui alla scala del fronte<br><input checked="" type="checkbox"/> Presenti diffusamente e continui alla scala del fronte   |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| Stima VRU (Volume roccioso unitario)   |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| <input type="checkbox"/> > 1 mc <input type="checkbox"/> 1 mc - 0.5 mc <input checked="" type="checkbox"/> 0.5 mc - 1dmc <input checked="" type="checkbox"/> < dmc   |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| Resistenza alla compressione con " Martello di SCHMIDT"  |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| 30+60 (MPa)  |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| Orientazione delle principali discontinuità rispetto alla direzione di scavo   |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| <input type="checkbox"/> Molto favorevole <input type="checkbox"/> Favorevole <input checked="" type="checkbox"/> Discreta <input type="checkbox"/> Sfavorevole <input type="checkbox"/> Molto sfavorevole   |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| Eventuali fenomeni di convergenza riscontrati nell'ultima stazione di misura precedente al fronte (limitatamente agli ultimi 100 m di scavo) :   |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| Distanza dal fronte: 47.. (m)  |                             | Valore di convergenza media...0.6...(cm)                                     |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| Fenomeni di instabilità e di deformazione  |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
|  |                             | Assenti <input checked="" type="checkbox"/> Present <input type="checkbox"/> |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| ESECUTORI DEL RILIEVO  |                             | NOMI   |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
|  |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
|  |                             | FIRME  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
|  |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| <b>CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DI BIENIAWSKI (1989)</b>   |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>PARAMETRI</th> <th>INTERVALLO DI VALORI</th> <th>COEFFICIENTI NUMERICI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Co (MPa)</td> <td>60</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>RQD (%)</td> <td>-60</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Spaziatura (cm)</td> <td>20+30</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Condizioni discontinuità</td> <td>piana,iscia,giunti alterati</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Acqua</td> <td>stillicidio</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Orientamento</td> <td>discreto</td> <td>-4</td> </tr> <tr> <td>RMR Rock mass rating</td> <td></td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>CLASSE</td> <td></td> <td>III</td> </tr> <tr> <td>QUALITA' DELLA ROCCIA</td> <td></td> <td>Discreta</td> </tr> <tr> <td>INDICE "GSI" RICAIVATO DALL'INDICE RMR (*)</td> <td></td> <td>52</td> </tr> </tbody> </table> |                             | PARAMETRI  | INTERVALLO DI VALORI | COEFFICIENTI NUMERICI | Co (MPa) | 60 | 6 | RQD (%) | -60 | 12 | Spaziatura (cm) | 20+30 | 8 | Condizioni discontinuità | piana,iscia,giunti alterati | 16 | Acqua | stillicidio | 4 | Orientamento | discreto | -4 | RMR Rock mass rating |  | 42 | CLASSE |  | III | QUALITA' DELLA ROCCIA |  | Discreta | INDICE "GSI" RICAIVATO DALL'INDICE RMR (*) |  | 52 | (*) HDEK ET ALTRI, 1995 (RMR -5);    dove RMR è il valore di RMR corretto, ipotizzando condizioni anidre e non tenendo conto dell'orientazione delle discontinuità. |  |
| PARAMETRI  | INTERVALLO DI VALORI        | COEFFICIENTI NUMERICI  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| Co (MPa)   | 60                          | 6  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| RQD (%)  | -60                         | 12   |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| Spaziatura (cm)  | 20+30                       | 8  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| Condizioni discontinuità   | piana,iscia,giunti alterati | 16   |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| Acqua  | stillicidio                 | 4  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| Orientamento   | discreto                    | -4   |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| RMR Rock mass rating   |                             | 42   |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| CLASSE   |                             | III  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| QUALITA' DELLA ROCCIA  |                             | Discreta   |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| INDICE "GSI" RICAIVATO DALL'INDICE RMR (*)   |                             | 52   |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| NOTE: Per le condizione dell'ammasso sopra descritte si consiglia di eseguire l'eventuale tampone di fine scavo con 10 cm di betoncino spruzzato fibrorinforzato   |                             |  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| PER  |                             | PER SPEA   |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| NOMINATIVO   |                             | NOMINATIVO   |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |
| FIRMA  |                             | FIRMA  |                      |                       |          |    |   |         |     |    |                 |       |   |                          |                             |    |       |             |   |              |          |    |                      |  |    |        |  |     |                       |  |          |  |  |    |   |  |

L'analisi contestuale dei valori di portata cumulata agli imbocchi correlati con le progressive di avanzamento e i rilievi al fronte, garantirà quindi una completa caratterizzazione delle venute idriche in galleria, permettendo valutazioni quantitative tramite il monitoraggio in corrispondenza degli imbocchi e una valutazione puntuale relativa alla singola venuta tramite le schede di rilievo al fronte. I dati relativi alle venute in galleria, ottenuti come descritto sopra, integreranno quindi i dati di monitoraggio in superficie rilevati su sorgenti, pozzi, piezometri e corsi d'acqua, al fine di garantire il più possibile il controllo delle dinamiche evolutive delle risorse idriche sotterranee.

Indagini qualitative

Le procedure di campionamento ed analisi da applicare per il monitoraggio dei parametri chimico-fisici e batteriologici faranno integralmente riferimento alla normativa tecnica sotto indicata.

Norme IRSA-CNR

Norme UNICHIM-UNI

Norme ISO

ISO 5667-1/1980 (Guidance on the design of sampling programmes);

ISO 5667-2/1991 (Guidance on sampling techniques);

ISO 5667-3/1985 (Guidance on the preservation and handling of samples);

ISO 5667-10/1992 (Guidance on sampling of waste waters);

ISO/TC 147 (Water quality);

ISO STANDARDS COMPENDIUM-ENVIRONMENT/WATER QUALITY.

Indagini qualitative . parametri chimico-fisici

Verranno rilevati i seguenti parametri:

- Temperatura
- pH
- Conducibilità
- Ossigeno disciolto e ossigeno disciolto %
- Potenziale Redox

La determinazione dei parametri chimico . fisici fornirà una indicazione generale sullo stato di qualità delle acque di falda in relazione alle problematiche di interferenza con le opere autostradali in costruzione. Significative variazioni di pH possono essere collegate a fenomeni di dilavamento di conglomerati cementizi e contatto con materiale di rivestimento di opere in sotterraneo. Variazioni della conducibilità elettrica possono essere ricondotti a fenomeni di dilavamento di pasta di cemento con conseguente aumento del contenuto di ioni o sversamenti accidentali. Infine variazioni significative di temperatura possono indicare modifiche o alterazioni nei meccanismi di alimentazione della falda (sversamenti, apporti di acque superficiali).

Indagini qualitative . parametri chimici e microbiologici

Verranno rilevati i seguenti parametri:

- Bicarbonato
- Calcio
- Sodio
- Cloruri
- Solfati
- Magnesio
- Potassio
- Nitrati
- Silice
- Escherichia Coli



La determinazione di specifici parametri chimici, oltre a fornire una caratterizzazione di massima della circolazione idrica sotterranea, è finalizzata alla valutazione delle eventuali problematiche di interferenza qualitativa tra acquifero ed opere in sottterraneo (dilavamento di acque di cantiere, dissoluzione spritz-beton dal rivestimento delle gallerie, contatto con i materiali di rivestimento) o eventuali sversamenti accidentali collegati all'attività dei cantieri e dei campi cantiere (idrocarburi totali, escherichia coli). Le opere in sottterraneo sono potenzialmente in grado di determinare il drenaggio delle falde oppure l'alterazione dal punto di vista qualitativo per contatto tra acque sotterranee e materiali di rivestimento. Le alterazioni qualitative che possono determinarsi dal contatto tra acque sotterranee e materiali di rivestimento delle gallerie sono numerose e possono verificarsi in caso di interferenza diretta tra corpi idrici e gallerie, e nel caso di circuiti idrogeologici brevi e superficiali; effetti di questo tipo sono quindi prospettabili per le captazioni poste a valle delle opere in galleria o dove l'entità della copertura in calotta risulta limitata.

#### Indagini qualitative . parametri chimici e microbiologici su acque drenate dalle gallerie

Oltre al rilievo quantitativo delle acque drenate dalle gallerie, in corrispondenza degli imbocchi verranno rilevati i seguenti parametri:

- Metalli (alluminio, cromo tot, cromo VI, ferro, manganese, rame)
- Nitrati
- Bicarbonato
- Calcio
- Sodio
- Cloruri
- Solfati
- Magnesio
- Potassio
- Idrocarburi totali

La determinazione di specifici parametri chimici e microbiologici è finalizzata ad una caratterizzazione qualitativa delle acque drenate dalle gallerie, con particolare attenzione ad un loro eventuale riutilizzo.

Ad integrazione dei dati rilevati tramite stazioni in continuo e campagne, si farà riferimento ai dati meteo-climatici registrati mediante apposite centraline previste per il monitoraggio della componente atmosfera.

### **3.3.6. Componente Ambiente marino**

#### Qualità delle acque e dei sedimenti

Dal punto di vista chimico-fisico il fattore di maggior rilievo da tenere sotto controllo è costituito dalla torbidità, che per sua natura non è un processo negativo, ma che può diventarlo in funzione di tre diversi fattori:

- variabilità naturale del fenomeno;
- durata dell'eventuale aumento della torbidità;
- presenza di ecosistemi sensibili alla torbidità e alla sedimentazione di solidi in sospensione.

Al fine quindi di definire la metodologia ed il piano per il monitoraggio della torbidità (range di torbidità ammissibili, definizione dei target di riferimento da proteggere e

persistenza dell'incremento di torbidità) è necessario identificare i valori di fondo naturale e soprattutto la variabilità del parametro. In aree costiere come quella in esame, infatti, la torbidità può subire sensibili incrementi durante gli eventi piovosi, a seguito degli apporti fluviali.

Nell'ambito del presente Piano di Monitoraggio si prevede di rilevare la torbidità alle estremità del canale mediante sonde multi-parametriche, equipaggiate con un sensore ottico per la misura dei profili verticali di torbidità, utile per ricavare un'immagine tridimensionale del pennacchio di torbidità.

Prima dell'esecuzione dei lavori dovrà essere concordato con l'Ente di Controllo quale sia l'incremento accettabile e, in base a quello, definire le procedure di gestione delle operazioni di scarico al fine di mantenersi al di sotto del range previsto.

Inoltre, dovrà essere previsto il prelievo di campioni di acqua in corrispondenza delle verticali su cui si effettueranno le misure di torbidità, al fine di confrontare i dati di concentrazione dei solidi sospesi totali (e della relativa granulometria) con i dati rilevati dalle sonde (espressi in NTU).

In linea di massima si prevede l'esecuzione di misure prima dell'avvio delle operazioni e poi campagne di misura periodiche durante le operazioni di versamento; è possibile effettuare misure anche in prossimità del versamento stesso e delle panne antitorbidità onde verificarne sperimentalmente l'efficacia.

Per quanto riguarda altri parametri chimici, lo studio degli effetti della realizzazione del deposito a mare sulla qualità dell'acqua ha dimostrato che non sono attesi effetti sensibili per quanto riguarda la diffusione di analiti specifici, in particolar modo metalli pesanti, dovuti alla potenziale filtrazione sotto i cassoni di conterminazione.

In ogni caso si ritiene necessario verificare, specialmente in fase di realizzazione, che la situazione si mantenga nei limiti ipotizzati e che non si verificano fuoriuscite non prevedibili.

A tale scopo si prevede di svolgere il monitoraggio delle qualità dell'acqua verificando i seguenti parametri:

- parametri chimico . fisici;
- parametri organici e biologici;
- analisi ecotossicologiche con *Vibrio fischeri*.

Sui sedimenti, che saranno prelevati sul fondale in corrispondenza degli stessi siti in cui sono posizionate le boe, verranno eseguite - oltre alle determinazioni chimiche - anche analisi biologiche su fitoplancton e zoo benthos.

Relativamente al monitoraggio del fitoplancton lungo la colonna d'acqua, il campionamento viene effettuato direttamente tramite una bottiglia in polietilene, che consente di prelevare il campione a quote fisse. Le bottiglie per il campionamento a mare (bottiglie Niskin oppure del tipo Go-Flo) possono essere calate manualmente, fissate ad un cavo idrologico calato lungo la colonna d'acqua, oppure fissate ad un campionatore automatico (rosette o carousel). Il subcampione va raccolto in bottiglie di vetro scuro scadente che, rilasciando silice, rallentano la dissoluzione dei frustuli delle diatomee. Il volume del campione raccolto varia generalmente da 250 ml in acque meso-eutrofiche a 500 ml in acque oligotrofiche. Le bottiglie devono essere riempite fino ad un livello poco al di sotto dell'orlo, in modo da non lasciare un eccessivo volume di aria e nello stesso tempo consentire l'agitazione e l'omogeneizzazione del subcampione prima dell'analisi microscopica. In seguito al campionamento, le indagini prevedono il riconoscimento specifico delle cellule algali ed il loro conteggio allo scopo

di ricavare la densità. I dati vengono poi raggruppati in due principali taxa, le diatomee ed i dinoflagellati; inoltre verrà determinato un altro raggruppamento definito %altro fitoplancton+che riunisce i taxa meno rappresentativi.

Per quanto riguarda il monitoraggio dello zoobenthos in campioni di sedimento, il prelievo dei campioni per lo studio del benthos sarà effettuato mediante benna di tipo Van Veen (0,1mq), in grado di raccogliere volume minimo di sedimento di almeno 5 litri. Per ogni stazione di prelievo saranno considerate 3 repliche, più una quarta replica per le indagini relative alla granulometria. Gli organismi del benthos saranno separati dal sedimento, in un primo tempo, tramite risciacquo in acqua marina corrente su un setaccio con apertura regolare di maglia di 1 mm. In laboratorio sarà svolta l'effettiva separazione degli organismi dal sedimento trattenuto dal setaccio e l'identificazione specifica degli organismi campionati. Gli organismi saranno separati nei taxa prioritari (Policheti, Molluschi, Crostacei ed Echinodermi), che andranno poi identificati fino al livello specifico, laddove possibile. Per ogni campione analizzato sarà fornita la lista specie completa. In seguito all'identificazione degli organismi saranno rilevati i seguenti parametri:

- numero di specie
- numero di individui
- indice di diversità specifica (Shannon e Weaver, 1949)
- indice di ricchezza specifica (Margalef, 1958)
- indice di equiripartizione o %evenness+(Pielou, 1966)
- indice di dominanza (Simpson, 1949)

Si tratta di parametri indicatori del grado di complessità delle biocenosi studiate, che prescindono, però, dalle caratteristiche e dalle esigenze delle singole specie che le compongono.

Per quanto concerne le analisi ecotossicologiche sulle acque e sui sedimenti, sarà effettuato il Test di tossicità acuta con *Vibrio fischeri*. Il test, eseguito secondo lo standard Microtox, rileva la variazione di luminescenza del batterio che dipende dall'intensità dei processi metabolici. L'effetto tossico degli inquinanti provoca un rallentamento dei processi metabolici e la conseguente riduzione di emissione luminosa; il parametro di riferimento è costituito dalla concentrazione di inquinanti che provoca una riduzione del 50%. Il test è sensibile a diverse tipologie di inquinanti, in funzione dei tempi di risposta (più rapidi nel caso di sostanze organiche, più lunghi nel caso di metalli). Nel caso in cui il test con *Vibrio fischeri* risulti positivo lo studio degli effetti tossicologici sarà allargato anche ad altri organismi, appartenenti a specie diverse e con ruoli ecosistemici differenti (produttori primari e consumatori); tali organismi e gli endpoint da valutare saranno concordati preventivamente.

### Correntometria

Vista la consistente modifica dimensionale del canale di calma si è ritenuto utile sviluppare un sistema di misura delle correnti generate dal moto ondoso incidente sullo specchio acqueo aeroportuale a seguito dei fenomeni di rifrazione, diffrazione e run-up sulla diga.

A questo scopo sarà installato al centro del canale di calma un correntometro, dotato di rilevatore doppler in grado di misurare i parametri direzione e velocità della corrente sulla colonna d'acqua; lo strumento, applicato ad una boa di galleggiamento/segnalazione, trasmetterà in continuo mediante data logger i valori

rilevati al sistema di elaborazione e archiviazione collegato alla banca dati del monitoraggio.

### Rilievi batimetrici

Nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale è stato sviluppato uno specifico studio idrodinamico per valutare il rischio di un potenziale interrimento del bacino portuale, in particolare nell'area prospiciente la foce del torrente Polcevera.

Dallo studio si è potuta individuare l'entità del fenomeno che risulta peraltro piuttosto limitato, ciò nonostante, allo scopo di verificare la stabilità del fondale del Canale di Calma durante la fase di riempimento del volume prospiciente la pista aeroportuale, verrà eseguito con periodicità biennale (una volta ogni due anni), il rilievo batimetrico del Canale stesso, compresa l'area prospiciente i due imbocchi, coincidente quindi con lo specchio acqueo già rilevato in fase di progettazione, per una superficie totale di circa 180 ettari.

Il rilievo batimetrico sarà eseguito da un natante equipaggiato con ecoscandaglio di precisione, la cui posizione verrà fornita da un ricevitore GPS; il natante dovrà seguire le linee di profilo tracciate poste in genere ortogonalmente alla costa, integrate da ulteriori rotte perpendicolari alle precedenti che servono per controllo

Le indagini dovranno essere effettuate a mare completamente calmo ed in assenza di vento; sui dati rilevati verrà poi eseguita la correzione dovuta alla marea, che sarà misurata direttamente durante il rilievo, attraverso la lettura su una asta graduata, livellata da un caposaldo di quota nota, e posizionata in zona di mare calmo, o acquisita utilizzando i valori provenienti dai mareografi disponibili nello stesso tratto di mare.

### **3.3.7. Componente Vegetazione**

La scelta degli indicatori atti a monitorare le variazioni dello stato ambientale sulla componente vegetazione ha preso in considerazione i seguenti parametri:

- rappresentatività: l'indicatore deve essere correlabile con i fenomeni che si vogliono controllare (per quanto possibile con componenti biotiche soggette all'influenza di numerose variabili di tipo antropico ed ecologico);
- accessibilità: deve essere facilmente misurabile, campionabile facilmente ed avere una soglia di rilevabilità analitica accessibile con tecniche standard;
- affidabilità: deve avere valori minimi di errori sistematici;
- operatività: deve essere direttamente e facilmente utilizzabile per quantificare azioni di intervento;
- economicità: i costi di rilevamento e di elaborazione devono risultare il più possibile contenuti.

Il potenziale impatto determinato sulla vegetazione dalle fasi di costruzione ed esercizio dell'adeguamento autostradale e l'efficacia delle opere di recupero e ripristino ambientale rispetto agli obiettivi prefissati, verranno determinati tramite le seguenti metodologie di monitoraggio:

Rilievi fitosociologici (metodica E.1)

Un rilievo fitosociologico consiste essenzialmente nel descrivere la vegetazione in base alle specie vegetali che la compongono, precisando la composizione e la struttura del popolamento vegetale anche attraverso la definizione dei rapporti quantitativi tra le singole specie.

Il rilievo deve essere eseguito sul «popolamento elementare», cioè su tratti di vegetazione omogenea che costituiscono un campione rappresentativo di una determinata fascia vegetazionale.

La superficie da monitorare viene determinata per incremento successivo di area: partendo da una piccola superficie si annotano tutte le specie rinvenute, per poi raddoppiare varie volte l'area considerata fino a quando si hanno incrementi di nuove specie bassissimi o si ha un incremento molto elevato che indica un mutamento di condizioni ecologiche e quindi la presenza di un popolamento vegetale differente

Normalmente, mentre per la vegetazione erbacea sono sufficienti superfici di 50-100 m<sup>2</sup>, per la vegetazione arbustiva o arborea è opportuno effettuare rilevamenti su 200-400 m<sup>2</sup> di superficie minima.

I rilievi fitosociologici eseguiti con il metodo Braun-Blanquet prevedono la raccolta di dati riguardanti non solo la composizione floristica, ma anche la topografia ed il substrato della stazione, al fine di meglio definire i parametri ecologici che influenzano la composizione e la struttura del popolamento.

Completato l'elenco floristico ad ogni specie vengono assegnati alcuni indici, normalmente espressi mediante scale di valori convenzionali, quali l'abbondanza (numero di individui di ogni specie che entra nella costituzione del popolamento vegetale del territorio preso in esame), la dominanza (estensione, areale o volumetrica, occupata dagli individui della stessa specie in rapporto alla superficie o al volume occupato dall'insieme del popolamento analizzato) e l'associabilità tra gli individui.

La stima dell'abbondanza-dominanza viene eseguita usando la scala di Braun-Blanquet che prevede i seguenti valori:

|  |
|--|
| <b>5:</b> COPERTURA MAGGIORE DEL 75%             |
| <b>4:</b> COPERTURA DAL 50 AL 75%                |
| <b>3:</b> COPERTURA DAL 25 AL 50%                |
| <b>2:</b> COPERTURA DAL 5 AL 25%                 |
| <b>1:</b> COPERTURA DALL'1 AL 5%                 |
| <b>+</b> : SPORADICA, CON COPERTURA TRASCURABILE |
| <b>R:</b> RARA, UNO O POCHI INDIVIDUI ISOLATI    |

In seguito all'esecuzione del rilievo fitosociologico, verranno calcolati i seguenti indicatori:

- Ricchezza floristica;
- Flora antropogena;
- Indice di diversità di specie secondo Shannon;
- Indice di Equiripartizione o di Evenness;
- Indice di Coerenza corologica.

#### Sopralluogo di monitoraggio (metodica E.26)

In corrispondenza di ogni uscita relativa agli studi vegetazionali, per ogni sito di monitoraggio della componente vegetazione, viene condotto un sopralluogo nell'area limitrofa al cantiere (area più vasta rispetto a quella monitorata tramite il rilievo fitosociologico), allo scopo di controllare e annotare su apposite schede di controllo gli aspetti generali dell'area impattata, ed in particolare i seguenti aspetti:

- stato generale dell'habitat;
- alterazioni morfologiche dell'area;
- presenza di materiali estranei;
- presenza di specie invasive;
- stato fitosanitario;
- presenza di polvere depositata sulla superficie fogliare;

#### Rilevamento del Valore Vegetazionale d'Alveo (VVA) (metodica E.9)

Lo studio viene condotto individuando le tipologie vegetazionali costituite dalla vegetazione igrofila che si sviluppa lungo la fascia perifluviale e conduce al calcolo del Valore Vegetazionale d'Alveo.

Il rilevamento ha luogo sia mediante l'utilizzo di carte della vegetazione, sia tramite uscite sul campo, e porta alla suddivisione del corso d'acqua in tratti omogenei dal punto di vista vegetazionale. La composizione specifica non viene analizzata in dettaglio, ma il campo di indagine è circoscritto alle specie dominanti e più frequenti, in modo particolare ai taxa antropocori, che costituiscono dei buoni indicatori del grado di disturbo della vegetazione.

Ogni tipologia vegetazionale, come si può vedere nella tabella alla pagina seguente, è caratterizzata da un punteggio, detto *valore vegetazionale*, che le viene attribuito sulla base della sua *distanza* da una situazione ottimale, che è quella che potrebbe esistere in condizioni non disturbate

|  |                |
|--|----------------|
| 1) <u>AREE NUDE COPERTE DA VEGETAZIONE MOLTO DISPERSA</u>      | v.v.a.j = 1    |
| 1.1. Aree di alveo prive di acqua nei periodi di magra (greti) |                |
| 1.2. Roccia nuda ed erosioni a calanco                         |                |
| 2) <u>AMBIENTI ACQUATICI CON VEGETAZIONE SCARSA O NULLA</u>    | v.v.a.j = 3    |
| 2.1. Alveo fluviale con acque correnti (alveo di magra)        |                |
| 2.2. Ambienti con notevole sviluppo di vegetazione palustre    |                |
| 3) <u>VEGETAZIONE DISTURBATA DI POSTCOLTURA</u>                | v.v.a.j = 4    |
| 3.1. Vegetazione erbacea                                       |                |
| 3.2. Praterie cespugliate                                      |                |
| 3.3. Praterie alberate   |                |
| 4) <u>VEGETAZIONE RIPARIALE A BASSI ALBERI</u>                 | v.v.a.j = 9-15 |
| 4.1. Alneti     v.v.a.j = 15                                   |                |
| 4.2. Saliceti   v.v.a.j = 10                                   |                |
| 4.3. Arbusteti misti   v.v.a.j = 9                             |                |
| 5) <u>VEGETAZIONE RIPARIALE CON ALBERI ALTI PIÙ DI 5 M</u>     | v.v.a.j = 6-12 |
| 5.1. Pioppeti   v.v.a.j = 12                                   |                |
| 5.2. Salicopioppeti   v.v.a.j = 12                             |                |
| 5.3. Boschi delle pendici circostanti l'alveo   v.v.a.j = 6    |                |
| 6) <u>VEGETAZIONE DI ORIGINE ANTROPICA</u>                     | v.v.a.j = 1    |
| 6.1. Pioppeti colturali  |                |
| 6.2. Rimboschimenti latifoglie                                 |                |
| 6.3. Seminativi, pascoli e praterie da sfalcio                 |                |
| 6.4. Frutteti e orti   |                |
| 6.5. Parchi pubblici, zone sportive, parchi e giardini ville   |                |
| 6.6. Vegetazione ruderale                                      |                |
| 7) <u>AREE ANTROPIZZATE CON VEGETAZIONE SCARSA O NULLA</u>     | v.v.a.j = 0    |
| 7.1. Aree urbane   |                |
| 7.2. Zone soggette ad estrazione                               |                |
| 7.3. Terreni rimaneggiati                                      |                |
| 7.4. Laghi e laghetti artificiali                              |                |

*Tipi vegetazionali e valori vegetazionali di alveo (da FERRARI e DELL'AQUILA, 1995)*

La vegetazione di riferimento attesa od ottimale, cioè a maggior valore di naturalità, è quella degli alneti, in quanto in condizioni di naturalità la vegetazione ripariale tenderebbe naturalmente ad evolvere raggiungendo via via stadi più avanzati della serie dinamica della vegetazione, fino ad uno stadio di climax, rappresentato dagli alneti. I punteggi più bassi vengono conferiti alle situazioni di minore stabilità o minore naturalità.

In seguito al rilievo di campo viene calcolato il VVA (Valore Vegetazionale di Alveo) Indice di naturalità e stabilità della vegetazione riparia.

$$V.V.A. = \frac{v.v.a.t.}{v.v.a.t.max}$$

dove:

v.v.a.t.max = il massimo valore vegetazionale di alveo territoriale attribuibile al corso d'acqua in oggetto se questo fosse caratterizzato per l'intero sviluppo lineare dalla vegetazione a maggior valore;

v.v.a.t. = valore vegetazionale di alveo totale, ottenuto sommando i valori vegetazionali di alveo territoriali v.v.a.t.j dell'intero corso d'acqua. I v.v.a.t.j. si ottengono moltiplicando il valore vegetazionale di alveo v.v.a.j (attribuito ad ogni tipo vegetazionale rilevato sulla base delle sue caratteristiche di stratificazione e composizione specifica) per lo sviluppo lineare in Km lungo il corso d'acqua del tipo di vegetazione.

Si prevede una campagna all'anno nelle fasi di ante, corso e post operam.

Per ogni tipologia di indagine dovrà essere prevista la restituzione dei dati (una volta validati) secondo il formato utilizzato per il tracciato record finalizzato all'inserimento delle informazioni in LiBiOss.

### 3.3.8. Componente Fauna

Il piano di monitoraggio si pone come obiettivo la verifica degli impatti attesi in seguito alle opere di progetto (nuovo tratto autostradale, cantieri e viabilità di servizio connesse).

Si ritiene che tale verifica possa essere condotta in modo esauriente prendendo in considerazione sottoaree di dimensioni tali da poter essere monitorate per più indicatori faunistici nel corso della stagione fenologica delle diverse specie.

I criteri generali cui si è fatto riferimento per la scelta degli indicatori sono:

- rappresentatività: l'indicatore deve essere correlabile con i fenomeni che si vogliono controllare (per quanto possibile con componenti biotiche soggette all'influenza di numerose variabili di tipo antropico ed ecologico);
- accessibilità: deve essere facilmente misurabile, campionabile ed avere una soglia di rilevabilità analitica accessibile con tecniche standard;
- sensibilità: l'indicatore deve riprodurre fedelmente i mutamenti in atto.
- affidabilità: deve avere valori minimi di errori sistematici;
- operatività: deve essere direttamente e facilmente utilizzabile per quantificare azioni di intervento.

Come principio generale, per tutti gli indicatori faunistici, i rilievi verranno condotti adottando uno schema spaziale lungo transetti a distanza crescente dalle opere (strade e/o cantieri).



### Indicatori faunistici

Il monitoraggio si basa sulla analisi dei gruppi zoologici che nello Studio di Impatto Ambientale sono indicati come maggiormente esposti al disturbo causato dalle lavorazioni.

Di seguito si elencano i gruppi proposti per il monitoraggio:

Uccelli: i rilievi saranno finalizzati alla definizione qualitativa della comunità presente e all'osservazione dei cambiamenti del popolamento ornitico nel tempo. I metodi di raccolta dati prevedono l'osservazione diretta o indiretta (canti, richiami) senza uso di trappole lesive.

In particolare per rilevare eventuali variazioni nella struttura e densità delle popolazioni ornitiche, in relazione alle fasi di costruzione ed esercizio dell'infrastruttura, è stato scelto un metodo di censimento relativo e precisamente il metodo delle stazioni di ascolto (Blondel et al., 1970).

Tale metodo si basa sul rilevamento speditivo degli uccelli da un prefissato numero di punti di osservazione e di ascolto adeguatamente distribuiti all'interno della area di studio.

In ogni punto, per una durata di ascolto standardizzata definita in 10 minuti, dovrà essere effettuata la registrazione su una apposita scheda di ciascuna specie ornitica vista o sentita cantare, prendendo nota quando possibile del sesso, dell'età (giovani o adulti) e delle principali attività in corso. Segnali di nidificazione come nidi, canti di allarme, individui in lotta o che portano cibo o materiale per il nido sono particolarmente utili.

Prima di iniziare il conteggio sarà necessario aspettare qualche minuto per minimizzare il disturbo arrecato agli uccelli dall'arrivo dell'osservatore.

La metodologia prevede la annotazione della posizione approssimativa degli uccelli, registrando gli individui in differenti bande di distanza (ad es. prima banda fino a 50 m e seconda banda oltre i 50 m).

Ogni rilevamento andrà associato ad una descrizione delle caratteristiche dell'ambiente circostante il punto di ascolto quali la presenza di alberi, arbusti, costruzioni, siepi ecc.

I rilevamenti vanno iniziati poco dopo l'alba, momento in cui si ha la più intensa attività canora del maggior numero di specie e devono terminare per mezzogiorno, quando si inizia ad osservare un decremento nei canti. È consigliato effettuare alcuni rilevamenti serali o notturni (per i rapaci notturni).

I conteggi non devono essere effettuati in condizioni meteorologiche sfavorevoli: vento forte, pioggia, freddo intenso.

La distribuzione dei punti di ascolto deve essere effettuata in maniera sistematica all'interno delle aree omogenee, in modo da coprire con una griglia tutta l'area della stazione di monitoraggio, suddivisa in unità ambientali omogenee definite in base a rilievi sul campo.

Per evitare di conteggiare gli individui più di una volta, i punti di ascolto saranno posti ad una distanza minima tra loro di 200 m. Saranno necessari circa 20 punti per ciascuna stazione di studio, che potranno essere marcati con paletti o strisce per consentirne il ritrovamento alle visite successive.

Le indagini verranno condotte come indicato di seguito:

- durante la stagione riproduttiva (nei mesi aprile, maggio e giugno) dovranno essere effettuati monitoraggi in modo da assicurare il rilievo sia delle specie che

nidificano all'inizio della stagione riproduttiva sia di quelle che nidificano a stagione già inoltrata e in modo da tenere conto delle variazioni stagionali nella rilevabilità delle singole specie;

- durante l'inverno dovranno essere effettuate circa due uscite in modo da rilevare le specie svernanti.

Particolare attenzione dovrà essere prestata al censimento di eventuali rapaci nidificanti sulle pareti rocciose, segnalando per ciascuna specie il numero di individui, di coppie, di nidi e il successo riproduttivo.

I mesi in cui saranno eseguiti i rilievi potrà essere modulato ed ottimizzato sulla base di fattori variabili come ad esempio le condizioni climatiche o la fenologia delle specie.

In seguito ai rilievi saranno calcolati i seguenti indici:

- Ricchezza specifica;
- Valore di frequenza percentuale;
- Indice di somiglianza (Soerensen);
- Rapporto tra Non Passeriformi e Passeriformi;
- Valore ornitico;

Anfibi: i rilievi saranno finalizzati alla definizione qualitativa della comunità presente, con raccolta dati quantitativa sulle specie presenti e all'evoluzione dei popolamenti durante le interferenze dovute alle lavorazioni.

Il censimento avverrà attraverso ricerca nei siti riproduttivi in modo da rilevare le specie di Anfibi Anuri (rospi, rane) e Urodeli (salamandre, tritoni) presenti nel territorio senza ricorrere a metodi che possono risultare cruenti per gli animali (cattura con trappole ecc.). Le osservazioni dovranno essere eseguite lungo la riva fluviale, dalla foce del corso d'acqua fino ad una zona a monte dell'area impattata.

La metodologia prevederà la ricerca sistematica degli animali nei siti riproduttivi (stagni, corsi d'acqua, pozze temporanee, fossi ecc.). Le specie verranno rilevate tramite osservazioni e conteggi diretti degli individui adulti, delle larve e delle ovature.

L'indagine dovrà essere compiuta nel periodo riproduttivo, che si estende a seconda della specie nei mesi che vanno da febbraio a giugno sia durante il giorno sia durante la notte. Poiché l'attività riproduttiva viene interrotta se le condizioni meteorologiche sono sfavorevoli, è consigliabile quando possibile svolgere i rilievi conseguentemente a un evento di precipitazioni o durante periodi ad elevata umidità.

Nel momento in cui venissero rilevate specie di interesse conservazionistico, il monitoraggio potrà essere ottimizzato nelle tecniche e nella periodicità in funzione delle specie rilevate.

Il numero di animali fornisce una stima dell'abbondanza relativa, utile nel comparare nel tempo i cambiamenti che possono avvenire nelle popolazioni in conseguenza a fattori di impatto.

In seguito ai rilievi saranno calcolati i seguenti indici:

- Ricchezza specifica;
- Valore di frequenza percentuale;
- Indice di somiglianza (Soerensen);

- Sex ratio;
- N° ovature;

#### Gambero di fiume (*Austropotamobius pallipes*):

Da un punto di vista applicativo, il gambero di fiume riveste una notevole importanza in quanto specie chiave e buon indicatore biologico, assai sensibile alle variazioni ambientali ed agli effetti dell'inquinamento. Inoltre ricopre un'importante ruolo nell'ecosistema ponendosi alla base della catena del pascolo e del detrito. Potenzialmente capace di abitare un'ampia varietà di biotopi delle nostre acque interne, *A. pallipes* mostra caratteristiche tipiche delle specie k-selezionate, come una alta longevità, un basso tasso di sopravvivenza giovanile, crescita lenta, maturità tardiva, una bassa fecondità e una ristretta valenza ecologica.

Il monitoraggio si baserà su alcune osservazioni e particolare attenzione sarà data all'ispezione di potenziali rifugi quali massi e cavità naturali collocate presso le rive. Le osservazioni dovranno essere eseguite lungo la riva fluviale, dalla foce del corso d'acqua fino ad una zona a monte della riva impattata. La presenza della specie potrà essere accertata mediante osservazione diretta di individui e tramite il reperimento di esuvie o resti di animali. Per la raccolta ed il riconoscimento degli esemplari ci si potrà avvalere di diversi metodi di campionamento diretto. Questi potranno consistere nell'utilizzo di strumentazione molto semplice come ad esempio, per la raccolta di esemplari di medie dimensioni, sarà possibile ricorrere all'ausilio di un guadino o un retino tipo bilancia. Per gli individui di maggiori dimensioni che vivono al di sotto di grossi clasti, che trovano rifugio tra la vegetazione acquatica e le radici delle macrofite ripariali, che scavano gallerie negli argini di fossi e torrentelli e che escono dalle loro tane soprattutto di notte, la raccolta potrà essere più produttiva se effettuata con l'ausilio di una torcia elettrica per la raccolta a mano.

Una volta individuati o catturati, è possibile determinare il sesso degli animali. In *A. pallipes*, i maschi presentano numerosi caratteri dimorfici. Il carattere maggiormente usato per riconoscere il sesso in questa specie riguarda la modificazione dei primi due paia di arti addominali (pleopodi) a gonopodi, vale a dire strutture atte al passaggio della spermatofora dal maschio al ricettacolo seminale della femmina (questo ultimo situato nella porzione ventrale del torace).

Secondariamente, negli adulti del gambero di fiume si sviluppano maggiormente le chele nei maschi (che servono per afferrare meglio la femmina durante il corteggiamento e l'accoppiamento) e l'addome nelle femmine (che serve per portare ventralmente le uova fecondate). Successivamente al riconoscimento del sesso, è auspicabile annotare la presenza di femmine ovigere e di eventuali animali malformati, con menomazioni, escoriazioni, parassiti e/o un apparente stato di salute precario.

Prima del rilascio, il più vicino possibile alla zona di avvenuta cattura, dovranno essere effettuate alcune misurazioni corporee in modo da ottenere informazioni di base sulla popolazione indagata; le misurazioni sono quelle relative al carapace (lunghezza e larghezza). Tali misure permetteranno di descrivere meglio la struttura di popolazione in fasce, che riguardano una grossolana descrizione dei periodi di accrescimento che stanno attraversando gli animali. La divisione più semplice da eseguire sarà quella in giovani (dal totale riassorbimento del sacco vitellino alla comparsa dei caratteri di dimorfismo sessuale . lunghezza del carapace minore di 27mm) e adulti (riproduttori effettivi . lunghezza del carapace maggiore di 28mm).

Per quanto riguarda il gambero di fiume indigeno *A. pallipes*, la periodicità con cui svolgere il monitoraggio è strettamente legata alla temperatura dell'acqua. Periodi di

schiusa, accrescimento, reclutamento e accoppiamento possono cambiare molto a seconda di altitudine e latitudine, per via della conformazione del territorio della penisola italiana. Le osservazioni dirette in campo possono comunque essere svolte con cadenza mensile da giugno a settembre.

In seguito ai rilievi saranno calcolati i seguenti indici:

- Ricchezza specifica;
- Valore di frequenza percentuale;
- Indice di somiglianza (Soerensen);
- Sex ratio;
- Indice di abbondanza

#### Monitoraggio della fauna troglobia:

troglobio in ecologia, si dice di organismo strettamente legato all'ambiente cavernicolo, capace di riprodursi soltanto in esso e generalmente dotato di modificazioni morfologiche e fisiologiche (micro o anoftalmia, depigmentazione, atterismo, metabolismo rallentato) che lo rendono particolarmente adatto a vivere in condizioni di oscurità, di atmosfera non ventilata, di umidità ambientale elevata, di temperatura relativamente costante.

Il monitoraggio della fauna troglobia riguarderà in particolare il Phylum degli artropodi, la classe degli anfibi e degli invertebrati troglobi acquatici.

Relativamente al primo gruppo il monitoraggio si focalizzerà sul riconoscimento della fauna a coleotteri, miriapodi e aracnidi ed in particolar modo al censimento di alcune specie endemiche a diffusione ristretta, ovvero: *Chthonius genuensis*, *Duvalius annae*, *Parabathyscia genuensis*, *Duvalius ramorinii*, *Eupolybothrus excellens* e *Lithobius tylopus*. Le metodiche di monitoraggio che dovranno essere adottate sono l'osservazione diretta con conteggio visivo della presenza delle specie di maggiori dimensioni e raccolta di piccoli campioni per una accurata identificazione delle specie dubbie (monitoraggio da eseguirsi due volte all'anno); inoltre la ricerca avverrà tramite il posizionamento di pitfall traps, cioè trappole a caduta innescate con esche idonee e aventi come conservante acqua e sale, sostanze pertanto innocue. Il numero delle trappole potrà variare da 2 a 4 per grotta (proporzionalmente all'estensione ed eterogeneità spaziale della cavità) per un limitato periodo di tempo in modo da non arrecare danno alla consistenza numerica delle popolazioni; il monitoraggio degli artropodi troglobi mediante trappole richiederà ovviamente due visite, la prima per una ricognizione e per il posizionamento delle trappole, la seconda per il ritiro delle stesse.

Il monitoraggio degli anfibi (ed in particolare del geotritone *Speleomantes strinatii*) avverrà solamente tramite osservazioni dirette ovvero tramite ricerca visiva negli ambienti più idonei. Il monitoraggio degli anfibi si svolgerà da marzo ad ottobre.

Per quanto riguarda il monitoraggio degli invertebrati troglobi acquatici esso avverrà tramite riconoscimento visivo per gli animali di maggiori dimensioni, oppure tramite filtraggio delle acque di stillicidio, campionamento in pozze di stillicidio (gours) e campionamento nei corsi d'acqua, mediante svuotamento o filtraggio in retini da plancton (con vuoto di maglia di 100  $\mu$ ) per le specie di piccole dimensioni. Seguirà il riconoscimento al microscopio del materiale raccolto con il retino; il riconoscimento avverrà fino al livello di specie (ove possibile, altrimenti fino al livello di genere o famiglia). Il monitoraggio si svolgerà in due periodi idrologici diversi, uno invernale ed uno tardo-primaverile o estivo.

In seguito ai rilievi, per ogni gruppo indagato (artropodi, anfibi ed invertebrati troglobi acquatici) saranno calcolati indici idonei al controllo della comunità nel tempo.

Per ogni tipologia di indagine dovrà essere prevista la restituzione dei dati (una volta validati) secondo il formato utilizzato per il tracciato record finalizzato all'inserimento delle informazioni in LiBiOss.

### 3.3.9. Assetto fisico del territorio

Le tipologie e le metodiche utilizzate per il monitoraggio prendono in considerazione la situazione geomorfologica e geologica presente nei territori interessati dalle opere da realizzare, nonché le caratteristiche meccaniche delle litologie attraversate e i meccanismi che governano i movimenti franosi riconosciuti e studiati nella progettazione dei vari lotti.

Le metodiche utilizzate sono in grado di recepire le indicazioni necessarie a monitorare e studiare i fenomeni in atto e fornire dati utili sia alla progettazione di interventi di mitigazione, sia alla verifica dell'efficacia di interventi di consolidazione e di stabilizzazione previsti da progetto o in itinere.

Le metodiche sono ovviamente quelle più diffuse e valide nel campo del monitoraggio geotecnico e sono finalizzate sia al controllo dei possibili movimenti franosi, con l'individuazione delle superfici di scorrimento, sia al monitoraggio delle variazioni delle pressioni neutre all'interno del terreno, con la valutazione delle oscillazioni dei livelli di falda. Va da sé che le due diverse attività possono considerarsi complementari per cui, nella maggior parte dei siti che sono stati presi in considerazione, all'attività di monitoraggio mediante misure inclinometriche, è associato il controllo dei livelli di falda. La strumentazione utilizzata pertanto si compone principalmente di inclinometri e piezometri. In alcuni casi specifici si preferisce, al tubo inclinometrico, l'installazione di estensoinclinometri. Il controllo della stabilità di un'area in genere viene completato e integrato con reti topografiche e, in caso di edifici interessati da lesioni, si aggiunge anche un monitoraggio fessurimetrico.

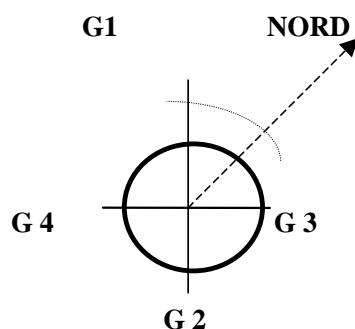
#### Tubo inclinometrico

L'installazione di un tubo inclinometrico in un foro di sondaggio consente, attraverso letture ripetute nel tempo, la misura dello spostamento orizzontale del terreno lungo tutta la verticale. Tali misure vengono effettuate introducendo nel tubo una apposita sonda che, dotata di sensori servoaccelerometrici di elevata precisione, consente di misurare l'inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata sezione.

I tubi inclinometrici sono di alluminio e hanno una sezione circolare provvista di quattro scanalature con funzione di guida per la sonda inclinometrica. I tubi, disponibili in spezzoni, dovranno essere assemblati mediante manicotti di giunzione. In caso di installazione di tubi inclinometrici in ambiente aggressivo (ambienti alcalini, presenza di correnti vaganti, ecc.) in luogo dei tubi in alluminio si utilizzeranno tubi in ABS di spessore minimo non inferiore a 4 mm. La cementazione del tubo inclinometrico all'interno del foro deve avvenire mediante iniezione di una miscela cementizia che assicura la perfetta aderenza ai terreni circostanti lo strumento.

Al termine delle operazioni di installazione e cementazione, non prima di 10 ÷ 14 giorni dalla messa in opera, si verifica la funzionalità della tubazione inclinometrica attraverso il controllo della continuità e dell'allineamento degli spezzoni di tubo e si procede alla verifica della rispondenza dell'inclinazione e della spiratura della tubazione alle specifiche di accettazione.

A tali operazioni, che costituiscono il collaudo dello strumento, segue la lettura di zero di riferimento. La strumentazione necessaria per il collaudo della tubazione inclinometrica è costituita da una sonda testimone per il controllo dell'integrità della tubazione, una sonda inclinometrica per il controllo della verticalità e da una sonda spiralometrica a controllo meccanico o elettronico, che consente la misura dell'azimut del tubo in ogni sezione. Il primo controllo viene eseguito facendo scorrere nel tubo una sonda testimone (di caratteristiche analoghe a quella da utilizzarsi per le successive misure), lungo le guide del tubo fino a fondo foro. In questa fase inoltre verrà scelta la guida di riferimento (guida 1), quella più prossima alla direzione di massima pendenza del versante e/o più prossima al Nord geografico, e si numereranno tutte le guide secondo il seguente schema:



Successivamente vengono verificate anche la verticalità e la spiralatura del tubo. L'intera strumentazione di campo pertanto si compone di una sonda testimone, una centralina per l'acquisizione automatica dei dati, una sonda di lettura collegata alla centralina mediante un cavo elettrico. Le letture vengono eseguite introducendo la sonda all'interno del foro e rilevando ed acquisendo, dal basso verso l'alto ad intervalli prestabiliti, i diversi valori in digit. I valori, opportunamente elaborati da software dedicati, vengono tradotti in millimetri e permettono di verificare eventuali spostamenti del terreno nel tempo lungo la verticale inclinometrica.

#### Misura estensimetrica incrementale tipo increx

La misura estensimetrica incrementale viene effettuata introducendo in un tubo guida, installato in un foro di sondaggio, una sonda estensimetrica a posizionamento elettronico che consente di misurare, attraverso misure ripetute nel tempo, le variazioni di distanza relativa tra anelli di riferimento, precedentemente installati all'esterno del tubo a distanza di un metro l'uno dall'altro e resi solidali al terreno circostante a mezzo di cementazione.

Prima dell'esecuzione della lettura la sonda estensimetrica incrementale è introdotta in apposito tubo di calibrazione e viene controllato, ed eventualmente regolato, il valore letto al display della centralina, a stabilizzazione termica avvenuta, tenendo conto della dilatazione termica del tubo di calibrazione. Le letture sulla tubazione estensimetrica sono eseguite partendo da fondo foro, a stabilizzazione termica avvenuta.

#### Piezometro a tubo aperto

Il piezometro a tubo aperto, particolarmente adatto per terreni di elevata permeabilità ( $k > 10^{-6}$  m/s) viene installato in un foro di sondaggio verticale, consente di rilevare la quota della superficie piezometrica. Tale rilevazione avviene mediante l'introduzione

nel tubo piezometrico di un'apposita sonda elettrica (freatimetro) collegata ad un cavo metrato. Per quanto di facile lettura, il piezometro a tubo aperto deve essere installato con molta cura al fine di garantirne l'efficacia.

La strumentazione da installare in un foro di perforazione, è costituita da un tubo piezometrico in PVC, che si compone di una serie di spezzoni ciechi e filtranti di lunghezza variabile tra 1.5 e 3 m collegati tra loro mediante appositi manicotti di giunzione opportunamente sigillati e lo spezzone di piezometro più profondo dovrà essere chiuso con apposito tappo di fondo. Attorno al tratto finestrato del tubo piezometrico viene posizionata sabbia grossa o ghiaietto pulito che assicurano la permeabilità dell'intero sistema. Nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), sarà installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente.

### Piezometro tipo Casagrande

Il piezometro tipo Casagrande, adatto a terreni poco permeabili consente il rilievo, mediante apposita sonda elettrica (freatimetro) munita di cavo metrato, della profondità della superficie piezometrica, attraverso l'inserimento in un foro di sondaggio di un piezometro costituito da un filtro cilindrico collegato a due tubi rigidi in PVC per il raccordo con la superficie. La strumentazione da installare nel foro è costituita da una cella tipo Casagrande, costituita da un cilindro poroso di materiale plastico (ad es. polietilene soffiato) o di ceramica, che dovrà avere un diametro minimo di 50 mm e una lunghezza non inferiore a 200 mm. Il collegamento del cilindro poroso con la superficie è assicurato da due tubi rigidi in PVC. I singoli spezzoni di tubo, di lunghezza generalmente variabile tra 1.5 e 3 m, dovranno essere collegati tra loro da appositi manicotti di giunzione opportunamente sigillati.

Qualora si prevedessero misure in continuo le celle Casagrande predisposte per la misura automatica dei livelli di falda, avranno uno dei due tubicini di diametro maggiorato per permettere l'inserimento all'interno della tubazione di un trasduttore di pressione elettrico. Anche per questo tipo di strumento l'installazione implica una particolare cura. La cella viene posizionata all'interno del foro alla quota prevista, e viene posata sabbia grossa o ghiaietto pulito attorno alla cella Casagrande e al di sopra per circa 0.5 m per assicurare la permeabilità del sistema. La protezione della estremità dello strumento è assicurata mediante la creazione di un chiusino di protezione, ben cementato nel terreno. Nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), sarà installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente.

### Livellazione topografica

Le livellazioni topografiche sono rivolte al controllo dei cedimenti superficiali indotti da scavi definiti da una rete di punti (capisaldi). Questi capisaldi sono disposti opportunamente rispetto agli assi ortogonali di avanzamento degli scavi, in modo da poter valutare la tipologia del profilo di subsidenza indotto eventualmente dagli scavi stessi. Il caposaldo è costituito da barre in acciaio ( $L=0.5m$ ) cementate nel terreno, e adeguatamente attrezzate con una testa emisferica in materiale plastico rigido o metallico protette da un pozzetto di dimensioni minime 300x300mm. La rilevazione viene eseguita tramite lettura ottica su una stadia graduata ed in autolivelli digitali a scansione su apposite stadi dotate di apposita banda. La tipologia di lettura presenta un sistema di auto livellamento della base del cannocchiale e garantisce l'accuratezza di misura nell'ordine del centesimo di millimetro.

### Misure topografiche

La topografia tradizionale comprenderà una rete di inquadramento realizzata con metodologia satellitare GPS (Sistema Globale di Posizionamento) da cui ~~la~~ ~~anciare~~ una rete di capisaldi, sempre realizzata con metodologia satellitare GPS, che servirà per effettuare le letture alle ~~la~~ ~~ire~~ ~~appositamente~~ collocate, nelle diverse fasi del progetto di monitoraggio (ante operam, corso d'opera, post operam) secondo quanto riportato nel relativo paragrafo. La Rete di inquadramento GPS sarà costituita da vertici distribuiti lungo il tracciato in posizione sicuramente stabile, sia in prossimità delle aree da sottoporre a controllo che al di fuori delle aree in esame. La precisione aspettata sulle coordinate dei punti di inquadramento è quella propria del sistema satellitare GPS. La rete di inquadramento sarà poi integrata con la materializzazione di una rete locale di capisaldi GPS da cui andranno effettuate le misure con ~~la~~ ~~stazione~~ ~~totale~~ ~~di~~ una serie di punti di controllo posizionati e materializzati sulle teste degli strumenti ~~79~~ ~~formativ~~, sulle strutture di sostegno degli scavi nonché direttamente a terra mediante apposito ~~79~~ ~~formati~~ in cls armato, in funzione delle caratteristiche del sito. Le misure di controllo locali, realizzate con stazione totale (sqm compreso tra 10 e 5 cc sulle misure angolari e tra 5 mm + 5 ppm e 1 mm + 1 ppm sulle misure di distanza), permetteranno di ottenere dunque coordinate con la massima accuratezza oggi consentita dagli strumenti. I punti di stazione coincideranno naturalmente con punti della rete di inquadramento e con punti di nuova istituzione ad essi collegati. La finalità di queste misure sarà quella di verificare eventuali risentimenti sulle opere di sostegno degli scavi, fornire una misura di confronto e verifica di quanto evidenziato dagli inclinometri ed in ultimo integrare, con ulteriori punti a terra, il numero di dati puntuali che possano evidenziare risentimenti superficiali collegati con eventuali movimenti profondi.

### Fessurimetri graduati

L'utilizzo dei fessurimetri graduati, da installare su strutture di contenimento e fabbricati, permetterà il monitoraggio dello stato fessurativo delle costruzioni al fine di valutare, attraverso misure di Ante Operam, la presenza e la naturale evoluzione dei fenomeni deformativi eventualmente preesistenti. I fessurimetri sono formati da due piastre mobili sovrapposte. La piastra superiore è incisa con un reticolo e quella inferiore è calibrata in millimetri. La misura del movimento della lesione è rilevabile anche in frazione di millimetro ed è segnata dall'entità dello spostamento della piastra con reticolo rispetto alla piastra millimetrata sottostante a partire dal valore di zero. I successivi rilievi consentono di seguire ogni movimento della lesione. In un sistema rigido-fessurato, eventuali ulteriori deformazioni dovute alla normale evoluzione dell'immobile, per esempio in risposta a variazioni termiche o di umidità, così come in risposta ad eventuali deformazioni delle fondazioni dovute a variazioni dei carichi o, a variazioni deformative nel terreno circostante, tendono a manifestarsi infatti come deformazioni localizzate sulle lesioni esistenti, che costituiscono punti di relativa debolezza. Sarà così possibile identificare e discernere eventuali naturali evoluzioni dello stato deformativi delle strutture da quella che potranno essere dirette ripercussioni dei lavori previsti in progetto.



#### 4. ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

Per quanto riguarda la durata delle fasi operative si è fatto riferimento a quanto riportato nella tabella seguente.

| Ante Operam | Corso d'Opera | Post Operam |
|-------------|---------------|-------------|
| 12 mesi     | 100 mesi      | 12 mesi     |

Tabella 3 È Durata delle varie fasi di monitoraggio

La durata dell'intera attività di **monitoraggio**, comprensiva anche delle fasi ante e post operam, risulta quindi pari a **124 mesi**.

Nei paragrafi seguenti vengono riportati il dettaglio delle attività di monitoraggio previste, delle misure e le relative frequenze riferite alle diverse metodiche di rilievo selezionate per ciascuna componente ambientale individuata sulla base delle analisi e delle valutazioni riportate nel Capitolo 3.

##### 4.1. Componente Antropica

Dato il tipo di lavorazioni previste per la cantierizzazione e la realizzazione del progetto, quali la realizzazione di rilevati, il deposito temporaneo di materiale, lo scavo delle gallerie e l'infissione di pali, oltre al passaggio di mezzi pesanti lungo la viabilità di servizio e di cantiere, in corrispondenza dei ricettori interferiti dalle lavorazioni in precedenza indicate si provvederà alla verifica della qualità dell'aria, del clima acustico e vibrazionale, quest'ultimo inteso sia come disturbo alle persone, sia come danno alle strutture.

È stata quindi definita e strutturata una rete di monitoraggio ambientale dedicata ai suddetti aspetti e suddivisa nelle seguenti componenti ambientali: Atmosfera, Rumore e Vibrazioni.

I dati acquisiti dovranno risultare in linea con quanto previsto in sede di Studio di Impatto Ambientale; a questo scopo si richiamano nel seguito le principali indicazioni fornite dal SIA.

##### **Atmosfera**

###### Cantiere

I valori di emissioni stimati per i cantieri industriali CI03, CI04, CI07, CI08, CI09, CI10, CI11, nonché CI15 e CI16 risultano al di sotto della soglia minima (73 g/h). Il valore emissivo massimo registrato in tali cantieri risulta, infatti, pari a 59 g/h. Tale risultato, secondo la metodica elaborata dalle Linee guida, consente di affermare come le emissioni prodotte da detti cantieri possano essere considerate a priori compatibili con i limiti di legge per la qualità dell'aria.

Nel caso degli altri cantieri industriali (CI01, CI02, CI06 e CI12), il maggior livello emissivo stimato è pari a 132 g/h, valore che risulta in ogni caso inferiore al limite di non ammissibilità per la fascia di distanza minima (0 ÷ 50) ed ampiamente compreso entro la soglia di totale ammissibilità per la fascia di distanza compresa tra i 100 ed i 150 metri tra ricettore e sorgente.

Considerando un raggio di 200 metri dall'area di cantiere, i ricettori ricadenti entro tale area risultano in numero limitato, per i cantieri CI01, CI02 e CI12.

Per quanto attiene i cantieri CI01 e CI02, considerata la localizzazione marginale dei ricettori interessati rispetto a dette aree e valutato l'ampio margine intercorrente tra il valore emissivo stimato (132 g/h) ed il valore soglia (304 g/h), è possibile ritenere che detti valori emissivi siano compatibili con i limiti di legge per la qualità dell'aria, senza necessità di intraprendere alcuna azione di ulteriore verifica.

Una considerazione a parte merita invece il cantiere CI12 nel cui caso, sebbene la maggior parte dei ricettori ricadenti all'interno del raggio di 200 metri sia costituita da edifici ad uso terziario e produttivo, il ridotto numero di ricettori ad uso residenziale ivi presenti si trova in posizione ravvicinata.

Occorre osservare che le emissioni calcolate non tengono conto di alcun dispositivo e/o misura di mitigazione, elementi che, se ben applicati, sono mediamente in grado di ridurre le emissioni di particolato da attività di cantiere anche oltre il 50%. A fronte di tale considerazione, risulta legittimo affermare che, grazie ai dispositivi e misure di mitigazione che verranno adottati nel corso delle lavorazioni per ridurre il tenore emissivo di polveri, non si ritiene che le attività di cantiere possano generare impatti significativi nell'area circostante.

Per quanto invece attiene i cantieri di imbocco, il valore emissivo stimato, pari a 241 g/h risulta compreso entro la soglia di ammissibilità delle concentrazioni fissate dalle Linee guida della Regione Toscana per le attività di cantiere con durata superiore ai 300 giorni/anno nel caso di ricettori compresi entro un raggio di 100 ÷ 150 dall'area di cantiere.

A tale riguardo si rileva che detta condizione si determina solo per le aree di cantiere CI18, CI19, CI24, CI26, CI28, CI30 e CI32 per un numero assai limitato di ricettori. All'interno di tale casistica, la situazione che risulta più significativa è quella del cantiere CI26 (Torbella), in quanto presenta alcuni ricettori in posizione maggiormente ravvicinata all'area delle lavorazioni. Per quanto riguarda invece le altre aree di cantiere, il numero dei ricettori risulta nullo, come nel caso del CI25, o rappresentato al massimo da due unità.

L'entità dei risultati stimati consente di poter affermare che, anche a prescindere dalla soglia di variazione fissata, l'entità dell'incremento emissivo dovuto ai traffici di cantierizzazione sia di un tenore tale da non modificare le condizioni di qualità dell'aria preesistenti, senza dover ricorrere ad un'analisi modellistica al fine di dimostrare tale risultato.

A conforto di tale affermazione occorre ricordare che i flussi di traffico considerati, oltre ad essere bidirezionali, sono rappresentativi di un'ipotetica ed irrealizzabile condizione, in quanto relativi allo scenario di totale contemporaneità di tutte le attività di realizzazione delle infrastrutture autostradali.

### Esercizio

Le analisi condotte hanno evidenziato la netta e rilevante entità di riduzione del bilancio emissivo che, rispetto a quello attuale, si determina nello scenario progettuale (PGT), in relazione a quella che connota lo scenario programmatico (PRM). Nello scenario programmatico la riduzione emissiva percentuale è, per l'insieme delle zone esaminate, complessivamente pari al -38% ed al -18%, rispettivamente per gli ossidi di azoto e per le polveri sottili mentre allo scenario progettuale tali riduzioni aumentano sino al -54% ed al -38%, con una differenza quindi del -16% nelle emissioni di NOx e del -20% in quelle di PM10.

Le simulazioni condotte hanno evidenziato come in nessuna area di intervento i livelli di concentrazione derivanti dal traffico veicolare di progetto, sommati a quelli del fondo atmosferico, diano luogo a superamenti dei valori limite per la media annuale o per le medie specifiche di ciascun inquinante. Inoltre nella maggior parte delle aree di intervento i valori totali di concentrazione (valore massimo + fondo) sono ampiamente distanti dai limiti normativi, definendo con ciò una differenza (limite . totale) significativa.

In conclusione è possibile affermare che l'opera in progetto, se da un lato origina un incremento complessivo delle sorgenti emmissive di origine autostradale, dall'altro, proprio in ragione delle scelte progettuali assunte, consente di operare una drastica riduzione dei livelli di emissione pro capite ai quali è oggi soggetta la popolazione residente lungo la rete autostradale e stradale esistente; inoltre, delocalizzando dette sorgenti autostradali in aree connotate da un livello di urbanizzazione ed infrastrutturazione minore di quello delle zone da queste attualmente attraversate, non si determina il superamento dei valori massimi di concentrazione definiti dai limiti normativi in alcuna area di intervento e per nessun inquinante.

## **Rumore**

### Cantiere

Nel SIA è stata analizzata la situazione relativa all'eventuale interessamento di edifici abitativa valori superiori a 70 decibel, ovvero al valore indicato dalla normativa regionale, limitatamente agli intervalli lavorativi concessi, nella fascia oraria dalle ore 8.00 alle ore 19.00.

In questi casi si è potuto constatare che:

1. Per i cantieri di scavo della galleria naturale, i macchinari e le attività lavorative impattanti sotto il profilo acustico si trovano nelle medesime aree di imbocco galleria. Dalle simulazioni acustiche si è visto che mediamente i valori di 70 decibel raggiungono distanze di circa 35 metri dal bordo cantiere. I ricettori interessati saranno, quindi, gli stessi di quelli visti al punto precedente con l'aggiunta di quegli edifici ricompresi nella fascia tra i 25 e i 35 metri. Le sorgenti emmissive del cantiere sono state impostate ad una altezza media di 2,5 metri dal fondo scavo della area delle lavorazioni. In sintesi:
  - Area di Vesima: nessun edificio interessato.
  - Area di Voltri: ricettore B126 relativamente al cantiere CI18 e il ricettore B086 relativamente al cantiere CI23.
  - Area di Varenna: nessun edificio interessato.
  - Area di Bolzaneto: ricettori D078, D080, D086, D088, D098, D106, D262 e D263 relativamente al cantiere CI13-14 e ricettore D233 relativamente al cantiere CI32. Di questi, gli edifici residenziali sono i ricettori D106, D262, D263 e D233.
  - Area di Torbella: ricettori E019 e E025 relativamente al cantiere CI07.
  - Area di Genova Est: nessun edificio interessato.
  - Area di Ponte Morandi: nessun edificio interessato.
  - Area di Genova Ovest: ricettori H009, H017, H023 relativamente al cantiere CI30.
2. Per quanto riguarda i cantieri di viadotto, dalle simulazioni acustiche si evince che la distanza critica oltre la quale si superano i 70 decibel è mediamente di 40 metri

3. Per quanto riguarda la realizzazione dei rilevati, o comunque per i tratti allo scoperto non interessati da opere di viadotto o in c.a., la distanza critica di interferenza è di circa 20 metri dal bordo delle aree di cantiere.
4. Per l'area di Ponte Morandi in particolare è presente un cantiere di demolizione della rampa elicoidale (cantiere CI05) presso il quale sono presenti diversi ricettori residenziali e terziari. In questo caso, stimando attività lavorative di demolizione e trasporto di materiale, i ricettori interessati sono G039, G046, G043, G044, di cui i primi due sono di tipo residenziale.

Infine per quanto riguarda i ricettori sensibili, per i quali si considerano i valori di 50 decibel diurni quale limite acustico di riferimento, dalle simulazioni acustiche si osserva che l'area di influenza delle lavorazioni ha un'estensione di circa 200 metri che poi, in ragione delle diverse morfologie del territorio, può arrivare anche a 250 metri.

### Esercizio

Gli interventi di mitigazione acustica previsti sono rappresentati da barriere acustiche, di completamento agli interventi già previsti dal Piano di Risanamento Acustico di Autostrade. In particolare tali misure di mitigazione sono state predisposte in aree caratterizzate dai nuclei abitativi più consistenti e dove gli interventi già previsti dal Piano di Risanamento Acustico di Autostrade si sono rivelati non sufficienti ai fini degli obiettivi di abbattimento del rumore. Tali interventi interessano in particolare le aree di Vesima, Voltri e Bolzaneto.

Nei casi in cui i valori di rumore risultano invece non mitigabili attraverso le sole barriere e superiori ad una certa soglia rispetto ai limiti normativi sono stati previsti degli interventi diretti mediante infissi silenti sui singoli ricettori interessati.

Infine, spostandosi da una lettura del progetto della Gronda autostradale di Genova come elemento di impatto sul territorio, è stata effettuata un'analisi dell'incidenza acustica complessiva dell'opera di progetto per gli ambiti attraversati dalle nuove infrastrutture, effettuando una stima del beneficio acustico indotto sul territorio prossimo alla rete autostradale esistente. Attraverso ciò si è messo in evidenza l'obiettivo di risanamento del territorio che risiede in prossimità della rete autostradale esistente, caratterizzato da un'elevata concentrazione di popolazione e di servizi sensibili, quali ospedali e scuole.

Tale analisi acustica effettuata ha riguardato:

- lo spostamento del traffico sulla Gronda ed interdizione del traffico pesante di attraversamento sulla A10 esistente;
- l'introduzione di nuove gallerie per la carreggiata nord A7.

Considerando un potenziale coinvolgimento emissivo di quasi il 40% della popolazione comunale, tale analisi ha mostrato che per i ricettori prossimi alla rete autostradale esistente, si può ottenere un complessivo miglioramento sotto il profilo acustico nel passaggio dallo scenario attuale allo scenario di progetto.

## ***Vibrazioni***

### Cantiere

Nel SIA si è giunti alla definizione delle aree potenzialmente critiche:

- analizzando le interferenze progetto-edificato presenti sul territorio;
- analizzando le attività costruttive da eseguirsi in prossimità degli edifici identificando quelle maggiormente impattanti dal punto di vista vibrazionale;
- definendo le distanze di influenza delle singole attività maggiormente impattanti ovvero sia le distanze al di sotto delle quali è possibile l'insorgenza di criticità in termini di disturbo o di danno strutturale.

In particolare le tipologie di attività le distanze critiche sono le seguenti

- Realizzazione galleria artificiale: disturbo alle persone 40 m; danno alle strutture degli edifici 20 m;
- Realizzazione galleria naturale: disturbo alle persone 10 m;
- Realizzazione viadotti: disturbo alle persone 20 m; danno alle strutture degli edifici 10 m;
- Movimentazione mezzi pesanti: disturbo alle persone 10 m;

### Esercizio

L'analisi di dati bibliografici esistenti, di misure di vibrazioni indotte da traffico autostradale eseguite a ridosso di tratte autostradali analoghe a quella oggetto di studio per tratti in rilevato e tratti in galleria e di misure svolte nell'ambito del nodo autostradale di Genova per quanto concerne il traffico veicolare sui viadotti, ha permesso di stimare che le condizioni attese in termini di impatto da vibrazioni indotte dalla nuova configurazione di progetto siano tali da non arrecare disturbo alla popolazione residente negli edifici presenti né tanto meno danni di tipo strutturale agli edifici stessi.

#### **4.1.1. Atmosfera**

Le misure di ante, corso e post operam verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nella tavola allegata ed elencati nella tabella n. 4, con le metodiche di riferimento e con frequenza trimestrale per la metodica A2 e A2bis ed in continuo con la metodica A3 (da definire in accordo con ARPAL l'ubicazione definitiva della centralina fissa).

La centralina andrà ubicata in nell'area di Genova ovest (Area 7) dove, come evidenziato nel SIA si attendono alte concentrazioni di polveri sottili e NO<sub>2</sub>. Tali valori sono in ogni caso sempre inferiori ai limiti di legge. Inoltre in tale area insistono le emissioni di circa 2 km di galleria e 4 km di tracciato scoperto oltre ad essere una zona caratterizzata da un tessuto insediativo compatto con aree densamente abitate

I valori rilevati dalle centraline verranno elaborati da un file excel che, dopo avere epurato la base dati da quelli riconosciuti non validi, eseguirà una verifica della performance del sistema di monitoraggio calcolando il rapporto tra dati validi e i dati attesi e tra i dati validi e i dati rilevati. Questa analisi verrà svolta sia sui dati totali sia sui dati con centralina sottovento, sopravento o in condizioni di calma di vento. A tal scopo verrà determinato un settore angolare che discrimina le direzioni sottovento da quelle sopravento rispetto all'asse autostradale. Con calma di vento sarà considerata la condizione anemologica che, nella serie storica dei dati validati, è contraddistinta

dalla assenza di velocità di vento (per convenzione si considerano gli eventi con velocità del vento minore o uguale a 0,3 m/s).

Alla compilazione delle prime tabelle di riepilogo seguiranno le operazioni mirate a visualizzare il decorso temporale degli inquinanti e dei dati meteorologici.

La rappresentazione grafica dei valori orari rilevati sarà organizzata sia su base settimanale che su tutto il periodo di riferimento (4 o 5 settimane a seconda dei casi); per la direzione prevalente del vento verrà inoltre visualizzata una rosa dei venti centrata sulla stazione di monitoraggio che aiuta la comprensione dell'andamento di questo parametro.

Successivamente, per ogni inquinante, verranno calcolati sia i parametri statistici richiesti dalla vigente normativa, sia alcuni ulteriori parametri complementari utili a descriverne il comportamento.

I parametri statistici elaborati sono:

- per CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>:
  1. il valore medio e il valore massimo orario rilevato;
  2. il minimo ed il massimo dei valori massimi giornalieri;
  3. il minimo ed il massimo dei valori medi giornalieri;
  4. il minimo ed il massimo dei valori minimi giornalieri;
- per il monossido di carbonio CO:
  - la media massima su 8h consecutive (come indicata dal D.M.A. n. 60/2002);
- per il monossido di carbonio O<sub>3</sub>:
  - la media massima su 8h consecutive;
  - il numero di superamenti della soglia di informazione ed allarme (DL 183/2004);
- per il biossido di Azoto NO<sub>2</sub>:
  - il numero di superamenti del limite normativo orario +tolleranza;
- per la frazione inalabile delle polveri PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>:
  - il valore medio rilevato nel periodo;
  - il valore massimo della media giornaliera 24 ore;
  - il numero di superamenti del limite normativo giornaliero;
- per il benzene C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>:
  - il valore medio rilevato nel periodo;
  - il valore massimo della media giornaliera 24 ore;

per la temperatura:

- il valore medio e il valore massimo orario;
- il minimo ed il massimo dei valori massimi giornalieri;
- il minimo ed il massimo dei valori medi giornalieri;
- il minimo ed il massimo dei valori minimi giornalieri;

La base dati di ogni singolo periodo di riferimento è stata quindi scomposta in tre parti:

1. dati rilevati in condizioni di sottovento;
2. dati rilevati in condizioni sopravvento;
3. dati rilevati in condizioni di calma di vento.

Inoltre sono stati individuati n. 5 siti di misura finalizzati al controllo delle fibre amiantifere. Tali postazione di misura verranno spostate in funzione delle lavorazioni presenti lungo la tratta in cui si prevedono la presenza di minerali amiantiferi ed in particolare nell'area di Pegli. Val Varena dove nell'ambito del SIA sono stati registrati dei superamenti e nella zona di Voltri in prossimità della galleria Voltri

Pertanto verrà acquisito il crono programma dall'impresa ed i rilievi verranno eseguiti in concomitanza con le lavorazioni impattanti. In particolare per la fase ante operam verranno eseguiti n. 4 rilievi della durata di 15 giorni nelle aree indicate in planimetria in modo da caratterizzare l'area in oggetto.

#### Campionamenti in fase di ante-operam

Prima dell'inizio dei lavori verranno effettuati dei campionamenti con lo scopo di ottenere, dalla media delle concentrazioni ottenute, un'indicazione sul valore ambientale locale delle fibre aerodisperse.

Tale campagna di monitoraggio avrà la durata complessiva di 15 giorni, campionando ogni giorno per 3 turni di 8 ore consecutive ad un flusso di circa 10 l/min, mantenuto costante per il periodo di campionamento, su filtro di policarbonato specifico per amianto avente porosità pari a 0.8  $\mu\text{m}$  e diametro di 25 o 47mm. Il volume campionato sarà almeno pari a 3000 l; il volume d'aria campionato verrà misurato con contatore specifico per gas e vapori. In assenza di precedenti indagini, tale campagna verrà preceduta con dei prelievi preliminari al fine di ottimizzare i parametri di campionamento in funzione della polverosità ambientale presente in quanto aumentando il volume campionato e utilizzando il filtro con diametro inferiore, si abbassa il limite di rilevabilità dell'analisi in SEM.

Contemporaneamente al campionamento dovranno essere rilevati i seguenti dati meteorologici:

- velocità del vento;
- temperatura dell'aria;
- umidità relativa;
- precipitazioni.

Nel caso in cui nell'arco dei 15 giorni ci siano periodi di pioggia, i relativi campionamenti saranno da scartare e quindi la campagna verrà prolungata in modo da ottenere comunque un numero finale di campioni adeguato per una valutazione statistica del valor medio di concentrazione delle fibre aerodisperse.

Inoltre, come espressamente indicato ai punti c) degli allegati 2 del D.M. 6/9/94, il filtro in policarbonato verrà posizionato su un supporto celluloso e non a diretto contatto con la griglia metallica del porta filtri.

#### Campionamenti in fase di Corso d'opera

La frequenza dei campionamenti in fase di corso d'opera sarà mensile e andrà concordata con le autorità di controllo locali (ASL e ARPA).

Le modalità di campionamento ed analisi sono analoghe a quelle dell'ante operam: campionamenti ambientali con pompe ad alto flusso, 8-10 l/min, almeno 3.000 litri campionati, filtri in policarbonato specifici per amianto aventi porosità pari a 0,8  $\mu\text{m}$  e diametro da 25 o 47 mm.

Le analisi di tali filtri sono da eseguirsi con metodica SEM (allegato 2b del D.M. 6/9/94) che permette la caratterizzazione della tipologia di fibre conteggiate. Salvo diverse

indicazioni legate a motivi contingenti, l'analisi dovrà riportare sia il valore di concentrazione delle fibre di amianto riscontrate sia quello delle fibre totali (amianto, organiche ed inorganiche).

Nella fase di corso d'opera, come richiesto da Arpal, su tutti i siti verranno eseguiti rilievi di 15 giorni a frequenza mensile. Le analisi di tali filtri verranno eseguiti in caso di superamento dei limiti presso le aree di cantiere.

Le campagne di monitoraggio ante operam in prossimità delle aree di cantiere devono essere svolte preventivamente alla installazione dei cantieri e allo svolgimento di attività dalle quali possano derivare emissioni significative di polveri, al fine di rilevare le condizioni indisturbate.

Anche per quanto riguarda le misure ante operam finalizzate alla definizione degli impatti prodotti dall'infrastruttura autostradale il monitoraggio dovrà essere svolto prima dell'inizio dei lavori. La centralina fissa (metodica A3) verrà installata durante la fase Ante Operam garantendo almeno rilievi per 6 mesi di monitoraggio.

Il monitoraggio di corso d'opera in corrispondenza dei ricettori interferiti dalle attività dei cantieri sarà avviato a seguito dell'inizio dei lavori ed in presenza di condizioni di normale attività, cioè fintanto che la postazione sarà soggetta ad impatto determinato dalle attività di cantiere.

Nel presente Piano si è optato per la scelta della metodica A2 per valutare l'impatto determinato dai cantieri dove le polveri totali sospese e le polveri sottili (PTS e PM10) possono essere ritenuti i principali ed unici inquinanti derivante dalle normali attività di cantiere. Pertanto oltre ad essere monitorati i cantieri industriali viene monitorato l'unico cantiere di imbocco (CI 26) che presenta alcuni ricettori in posizione maggiormente ravvicinata alle aree di lavorazione. Inoltre dalle esperienze pregresse (Variante di Valico, A14, A1 tratta Barberino- Firenze sud) si è constatato che entrambi i parametri (PTS e PM10) permettono di verificare gli impatti dei cantieri pertanto dopo un anno di corso d'opera in base ai risultati dei rilievi si valuterà se proseguire con il monitoraggio delle PTS mentre verrà mantenuto il monitoraggio delle polveri sottili (PM10). Il periodo di un anno di corso d'opera permetterà di raccogliere una quantità di dati sufficiente a verificare quanto affermato. Inoltre in base ai dati raccolti, nella fase di corso d'opera, si valuterà se intensificare la frequenza delle campagne di monitoraggio o passare al monitoraggio in continuo nel cantiere dove maggiore è il rischio di superamento del limite normativo.

Inoltre il PMA è stato integrato con il sito di misura NG-GE-A2-13 finalizzato a determinare l'impatto determinato dal Cantiere CI16 e dallo Slurrydotto. Poiché tale cantiere della durata di un anno sarà in movimento il sito verrà spostato e rilocalizzato presso i ricettori prossimi alle lavorazioni impattanti. Per tale motivazione il sito non è stato ubicato in planimetria e le localizzazioni saranno determinate in accordo con Arpal durante i sopralluoghi preliminari

L'entità dell'incremento emissivo dovuto ai traffici di cantierizzazione come evidenziato nel SIA è di un tenore tale da non modificare le condizioni di qualità dell'aria preesistenti, pertanto l'impatto si può ritenere trascurabile.

Il monitoraggio ante operam, in corso d'opera e post operam, finalizzato sia alla valutazione dell'impatto da traffico autostradale che quello determinato dai transiti dei mezzi lungo le piste di cantiere, avverrà con metodica A3 (centralina fissa) con rilevamento in continuo dei dati e secondo le modalità da concordare con ARPAL.

La campagna di monitoraggio post operam deve essere programmata all'interno dei primi due anni di esercizio dell'opera in progetto.



Ubicazione delle stazioni di misura

Le misure verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nelle planimetrie in scala 1:5000 allegate e nella Tabella 4.

L'ubicazione delle sezioni di monitoraggio è individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue. L'ubicazione della centralina fissa (metodica A3) verrà concordata con i gestori della rete di monitoraggio della qualità dell'aria, in maniera tale da assicurare l'integrazione della centralina all'interno della suddetta rete.

Esempio di codice completo:       **NG-GE-A2-01**

**NG** = Nodo stradale ed autostradale di Genova

**GE** = codice del comune di appartenenza;

GE = Genova;

**A2** = Metodica di Monitoraggio

A2 = Misura delle polveri totali sospese (PTS) e delle polveri sottili (PM10) per 15 giorni con campionatore sequenziale (ante operam, corso dopera);

A2bis = Misura delle fibre di amianto con campionatore sequenziale (ante operam, corso dopera);

A3 = Misura in continuo della qualità dell'aria con centralina fissa (ante operam, corso dopera, post operam).

**01** = numero progressivo del punto di monitoraggio.

| IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE |  | N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO |           |          |               |            |           |             | NOTE     |  |
|-------------------------------|--|---|-----------|----------|---------------|------------|-----------|-------------|----------|--|
| Codice                        | Descrizione                                  | Ante Operam                               |           |          | Corso d'Opera |            |           | Post Operam |          |  |
|                               |  | A2  | A2 bis    | A3       | A2            | A2 bis     | A3        | A2          | A3       |  |
| NG-GE-A2-01                   | Cantiere Industriale CI01                    | 4   | -         |          | 33            |            | -         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 100 mesi. Ogni 3 mesi in Corso d'Opera. Dopo un anno di CO si rileverà un solo parametro |
| NG-GE-A2-02                   | Cantiere Industriale CI02                    | 4   | -         |          | 33            |            | -         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 100 mesi. Ogni 3 mesi in Corso d'Opera. Dopo un anno di CO si rileverà un solo parametro |
| NG-GE-A2-03                   | Cantiere Industriale CI06                    | 4   | -         |          | 33            |            | -         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 100 mesi. Ogni 3 mesi in Corso d'Opera. Dopo un anno di CO si rileverà un solo parametro |
| NG-GE-A2-04                   | Cantiere Industriale CI12                    | 4   | -         |          | 33            |            | -         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 100 mesi. Ogni 3 mesi in Corso d'Opera. Dopo un anno di CO si rileverà un solo parametro |
| NG-GE-A2-05                   | Cantiere imbocco CI26                        | 4   | -         |          | 16            |            | -         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi. Ogni 3 mesi in Corso d'Opera. Dopo un anno di CO si rileverà un solo parametro  |
| NG-GE-A2-12                   | Cantiere industriale CI14                    | 4   | -         |          | 33            |            | -         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 100 mesi. Ogni 3 mesi in Corso d'Opera. Dopo un anno di CO si rileverà un solo parametro |
| NG-GE-A2-13                   | Cantiere industriale CI16 e Slurrydotto      | 4   | -         |          | 4             |            | -         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 12mesi. Ogni 3 mesi in Corso d'Opera. Dopo un anno di CO si rileverà un solo parametro   |
| NG-GE-A2bis-06                | Monitoraggio fibre amianto Vesima            |   | 4         |          |               | 12         |           |             |          | Si ipotizza un corso d'opera di 12 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni mese in Corso d'Opera.                        |
| NG-GE-A2bis-07                | Monitoraggio fibre amianto Voltri Val Cerusa |   | 4         |          |               | 36         |           |             |          | Si ipotizza un corso d'opera di 36 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni mese in Corso d'Opera.                        |
| NG-GE-A2bis-08                | Monitoraggio fibre amianto Voltri Val Leiro  |   | 4         |          |               | 36         |           |             |          | Si ipotizza un corso d'opera di 36 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni mese in Corso d'Opera.                        |
| NG-GE-A2bis-09                | Monitoraggio fibre amianto Varenna           |   | 4         |          |               | 12         |           |             |          | Si ipotizza un corso d'opera di 12 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni mese in Corso d'Opera.                        |
| NG-GE-A2bis-10                | Monitoraggio fibre amianto Bolzaneto         |   | 4         |          |               | 80         |           |             |          | Si ipotizza un corso d'opera di 80 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni mese in Corso d'Opera.                        |
| NG-GE-A3-11                   | Viabilità/ Esercizio                         | -   |           | 2        | -             |            | 33        | -           | 8        | Si ipotizza un corso d'opera di 100 mesi. Ogni 3 mesi in Corso d'Opera. Post Operam della durata di due anni             |
| <b>TOTALE</b>                 |  | <b>28</b>                                 | <b>20</b> | <b>2</b> | <b>185</b>    | <b>176</b> | <b>33</b> | <b>-</b>    | <b>8</b> |  |

Tabella 4 - Piano delle misure da effettuare È ATMOSFERA

#### 4.1.2. Rumore

##### Fasi del monitoraggio

Le campagne di monitoraggio ante operam in prossimità delle aree interessate dal futuro esercizio, dai cantieri principali e secondari, dai fronti di avanzamento cantierizzati, dagli imbocchi di gallerie, verranno svolte preventivamente alla installazione dei cantieri stessi e allo svolgimento di attività rumorose quali bonifica bellica, decespugliamenti, sbancamenti, al fine di acquisire lo stato ambientale in condizioni indisturbate.

In particolare, i rilievi fonometrici di corso d'opera sono finalizzati ad individuare l'impatto dei cantieri, dei fronti di avanzamento lavori e delle viabilità di servizio individuando i ricettori più vicini alla sorgente di rumore ed esposti a livelli rilevanti come indicato nello Studio di Impatto Ambientale. Per la fase post operam sono stati individuati diverse tipologie di ricettori su cui eseguire i rilievi fonometrici:

- recettori con rispetto dei limiti senza interventi di mitigazione (metodica R3);
- recettori con rispetto dei limiti mediante interventi di mitigazione (metodica R3);
- recettori con limiti non rispettati anche in presenza di mitigazioni, gli infissi presenti consentono il rispetto dei limiti interni (metodiche R3 e R4bis);

A partire da questi dati sperimentali verranno eseguite nuove stime previsionali mediante adeguato modello di simulazione acustica su tutti i ricettori individuati, al fine di verificare la correttezza di quanto previsto ed in particolare l'efficacia delle opere di mitigazione e degli interventi di insonorizzazione degli edifici preventivati nello studio acustico preliminare. Verranno inoltre individuati nella fase post operam alcuni punti di misura adatti a verificare l'emissività della sorgente (siti indisturbati e prospicienti l'autostrada).

Per l'aggiornamento degli studi acustici, in primo luogo si procederà a una verifica del sistema dei ricettori presenti lungo le tratte in ampliamento, allo scopo di individuare eventuali variazioni significative (nuove edificazioni, demolizioni, cambi di destinazione d'uso).

Contemporaneamente saranno acquisite e inserite nei modelli digitali del terreno dei modelli acustici eventuali variazioni significative apportate ai progetti stradali in sede di esecuzione dei lavori (modifiche rilevanti di muri, trincee, ecc.). Saranno quindi svolte le simulazioni acustiche per tutti i ricettori presenti nell'area di studio.

Le misure verranno eseguite nella fase di ante operam in corrispondenza dei punti localizzati nelle tavole allegate e indicate nella tabella 5 con le modalità indicate nelle metodiche di riferimento. La esatta ubicazione dei punti di misura, nella fase di corso d'opera, verrà verificata al momento delle redazioni delle valutazioni di impatto acustico in modo da valutare se il ricettore individuato sia effettivamente quello soggetto agli impatti maggiori.

Le attività di monitoraggio di corso d'opera che riguardano la caratterizzazione delle aree interessate dai cantieri principali e di lavoro, dai cantieri mobili, dagli imbocchi di gallerie, saranno verificate con i responsabili degli stessi cantieri per individuare le attività tipo e le relative macchine e attrezzature impiegate.

Dalla analisi dei valori di flusso giornaliero, si evince un'incidenza del flusso di cantiere inferiore al 1% che, tradotta in termini acustici, influisce sull'emissione dei singoli tratti stradali per meno di 0,1 dB(A).

Le misure sono previste in corrispondenza dei punti localizzati nelle tavole allegate e indicati in tabella 5.

Per ciò che riguarda le postazioni (cantieri principali e secondari, imbocchi di gallerie) le misure verranno ripetute, in condizioni standard, ogni 3 mesi.

Inoltre durante la fase di corso d'opera verranno individuati i ricettori presenti sulle fasce delle gallerie con copertura inferiore a 100 m e distanza dalla fascia di 250 m in modo da valutare eventuali disagi legati al rumore solido durante lo scavo delle gallerie.

La campagna di monitoraggio post operam è stata programmata nei primi due anni di esercizio dell'opera in progetto con rilievi a frequenza annuale

Le misure verranno eseguite una volta e in corrispondenza dei punti localizzati nelle tavole allegate e indicati nella tabella 5.

#### Ubicazione delle stazioni di misura

La planimetria in scala 1:5000 allegata, riporta l'ubicazione delle sezioni di monitoraggio, ciascuna individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Esempio di codice completo: **NG-GE-R2-01**

**NG** = Nodo stradale ed autostradale di Genova

**GE** = codice del comune di appartenenza;

GE = Genova;

**R2** = Metodica di Monitoraggio

Metodica R2 Misure di 24 ore, postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore, per rilievi attività di cantiere (ante operam, corso d'opera).

Metodica R3 Misure di 7 giorni, postazioni fisse non assistite da operatore, per rilievi di traffico veicolare (ante operam, post operam).

Metodica R4 Misure di breve periodo in ambiente abitativo per la verifica del limite differenziale (ante operam, corso d'opera)

Metodica R4bis Misure di breve periodo in ambiente abitativo per la verifica degli interventi di mitigazione diretti sui ricettori. (post operam).

**01** = numero progressivo del punto di monitoraggio.

Piano di Monitoraggio Ambientale - Nodo stradale e autostradale di Genova

Rev: 03

Data: Maggio 2016

| IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE |                                | N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO |    |    |               |    |             |       | Note  |
|-------------------------------|--------------------------------|---|----|----|---------------|----|-------------|-------|---|
|                               |                                | Ante Operam                               |    |    | Corso d'Opera |    | Post Operam |       |   |
| Codice                        | Descrizione                    | R2  | R3 | R4 | R2            | R4 | R3          | R4bis |   |
| NG-GE-R2-01                   | Cantiere Industriale CI01      | 1   |    |    | 33            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 100 mesi                              |
| NG-GE-R4-01                   | Cantiere Industriale CI01      |   |    | 1  |               | 33 |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 100 mesi                              |
| NG-GE-R2-02                   | Cantiere Industriale CI02      | 1   |    |    | 33            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 100 mesi                              |
| NG-GE-R4-02                   | Cantiere Industriale CI02      |   |    | 1  |               | 33 |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 100 mesi                              |
| NG-GE-R2-03                   | Cantiere Industriale CI06      | 1   |    |    | 33            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 100 mesi                              |
| NG-GE-R4-03                   | Cantiere Industriale CI06      |   |    | 1  |               | 33 |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 100 mesi                              |
| NG-GE-R2-04                   | Cantiere Industriale CI12      | 1   |    |    | 33            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 100 mesi                              |
| NG-GE-R4-04                   | Cantiere Industriale CI12      |   |    | 1  |               | 33 |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 100 mesi                              |
| NG-GE-R2-05                   | Cantiere Imbocco galleria CI18 | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi                               |
| NG-GE-R2-06                   | Cantiere Imbocco galleria CI23 | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi                               |
| NG-GE-R2-07                   | Cantiere Imbocco galleria CI13 | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R2-08                   | Cantiere Imbocco galleria CI14 | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R2-09                   | Cantiere Imbocco galleria CI32 | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R2-10                   | Cantiere Imbocco galleria CI07 | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R2-11                   | Cantiere Imbocco galleria CI30 | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R2-12                   | Viadotto                       | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R2-13                   | Viadotto                       | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R2-14                   | Viadotto                       | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R2-15                   | Viadotto                       | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R2-16                   | Viadotto                       | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R2-17                   | Cantiere                       | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R2-18                   | Cantiere                       | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R2-19                   | Cantiere                       | 1   |    |    | 16            |    |             |       | Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 50 mesi per le lavorazioni impattanti |
| NG-GE-R3-20                   | Esercizio                      |   | 1  |    |               |    | 2           |       | Interno fascia di pertinenza autostradale                                 |
| NG-GE-R4b-20                  | Esercizio                      |   |    |    |               |    |             | 2     | Interno fascia di pertinenza autostradale interventi diretti              |
| NG-GE-R3-21                   | Esercizio                      |   | 1  |    |               |    | 2           |       | Ricettore sensibile. Interno fascia di pertinenza                         |
| NG-GE-R3-22                   | Esercizio                      |   | 1  |    |               |    | 2           |       | Ricettore sensibile. fuori fascia di pertinenza                           |

| IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE |             | N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO |          |          |               |            |             |          | Note  |
|-------------------------------|-------------|---|----------|----------|---------------|------------|-------------|----------|---|
|                               |             | Ante Operam                               |          |          | Corso d'Opera |            | Post Operam |          |   |
| Codice                        | Descrizione | R2  | R3       | R4       | R2            | R4         | R3          | R4bis    |   |
| NG-GE-R3-23                   | Esercizio   |   | 1        |          |               |            | 2           |          | Ricettore sensibile B185. Interno fascia di pertinenza                      |
| NG-GE-R3-24                   | Esercizio   |   | 1        |          |               |            | 2           |          | Interno fascia di pertinenza autostradale ricettore d036                    |
| NG-GE-R4b-24                  | Esercizio   |   |          |          |               |            |             | 2        | Interno fascia di pertinenza autostradale ricettore D036 interventi diretti |
| NG-GE-R3-25                   | Esercizio   |   | 1        |          |               |            | 2           |          | Interno fascia di pertinenza autostradale                                   |
| NG-GE-R3-26                   | Esercizio   |   | 1        |          |               |            | 2           |          | esterno fascia di pertinenza autostradale                                   |
| NG-GE-R3-27                   | Esercizio   |   | 1        |          |               |            | 2           |          | Interno fascia di pertinenza autostradale                                   |
| NG-GE-R3-28                   | Esercizio   |   | 1        |          |               |            | 2           |          | Interno fascia di pertinenza autostradale ricettore sensibile               |
| <b>TOTALE</b>                 |             | <b>19</b>                                 | <b>9</b> | <b>4</b> | <b>372</b>    | <b>132</b> | <b>18</b>   | <b>4</b> |   |

Tabella 5 - Piano delle misure da effettuare È RUMORE

Oltre ai ricettori sopra indicati nella fase post operam della durata di n. 2 anni verranno eseguite a frequenza annuale misure con metodica R4bis presso tutti i ricettori individuati nello studio acustico che presentano un esubero dei limiti di legge e per i quali si prevede l'installazione di finestre silenti

#### 4.1.3. Vibrazioni

##### Fasi del monitoraggio

Le campagne di monitoraggio ante operam in prossimità delle aree di cantiere, della viabilità di servizio di futura realizzazione o esistente, devono essere svolte preventivamente alla installazione dei cantieri e allo svolgimento di attività dalle quali possono derivare emissioni significative di vibrazione, al fine di acquisire lo stato ambientale in condizioni indisturbate.

Le misure verranno eseguite in corrispondenza dei punti localizzati nelle tavole allegate e indicati in tabella 6, una sola volta prima dell'inizio dei lavori, con le modalità indicate per le metodiche di riferimento V1.

Le attività di monitoraggio di corso d'opera che riguardano la caratterizzazione delle sorgenti di vibrazione presenti nei cantieri fissi e sui fronti di avanzamento saranno verificate con i responsabili degli stessi cantieri.

Le attività di monitoraggio in corrispondenza dei ricettori impattati dal traffico di servizio saranno avviate quando i cantieri sono in esercizio e in condizioni di normale attività; è quindi importante che vi sia una stretta collaborazione con i responsabili di cantiere al fine di definire la programmazione esecutiva delle misure. In particolare, i rilievi vibrometrici di corso d'opera sono finalizzati ad individuare l'impatto dei cantieri, dei fronti di avanzamento lavori e delle viabilità di servizio individuando i ricettori più vicini alla sorgente di vibrazione ed esposti a livelli rilevanti come indicato nello Studio di Impatto Ambientale. In tale studio si evidenzia che i cantieri fissi non determinano impatti mentre vengono individuati una serie di abitazioni dove i fronti di avanzamento possono determinare livelli tali da arrecare disturbo ai residenti.

Le misure verranno eseguite in corrispondenza dei punti localizzati nelle tavole allegate e riportati in tabella 6.

Le misure verranno ripetute indicativamente ogni 3 mesi e comunque sempre nei periodi in cui è previsto l'utilizzo delle seguenti attrezzature:

- rullo vibrante per compattazione di sottofondi e la realizzazione di rilevati;
- attrezzature a percussione per la realizzazione di pali, micropali, ecc.;
- martelli pneumatici per il disaggio di massi o la demolizione di strutture.

Le vibrazioni dovute al traffico autoveicolare non determinano, se lo stato di misura della pavimentazione stradale è priva di discontinuità, problemi di disturbo sugli edifici prossimi alla sede stradale.

I rilievi verranno svolti solo in alcuni ricettori sensibili che richiedano una verifica dello stato di stabilità delle strutture.

La campagna di monitoraggio post operam deve essere programmata all'interno dei primi due anni di esercizio dell'opera in progetto con rilievi a frequenza annuale.

#### Ubicazione delle stazioni di misura

Le tavole in scala 1:5000 allegate alla presente Relazione riportano l'ubicazione delle sezioni di monitoraggio, ciascuna individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Esempio di codice completo: **NG-GE-V1-01**

**NG** = Nodo stradale ed autostradale di Genova

**GE** = codice del comune di appartenenza;

GE = Genova;

**V1** = Metodica di Monitoraggio

V1 = Misura di breve periodo finalizzate al disturbo (ante operam, corso d'operam, post operam);

V2 = Misura di breve periodo finalizzate al danno (corso d'opera);

**01** = numero progressivo del punto di monitoraggio.

| IDENTIFICAZIONE RICETTORE |  | IDENTIFICAZIONE RICETTORE |          |               |            |             |          | NOTE  |
|---------------------------|--|---------------------------|----------|---------------|------------|-------------|----------|---|
| Codice                    | Codice                                 | Ante Operam               |          | Corso d'Opera |            | Post Operam |          |   |
|                           |  | V1                        | V2       | V1            | V2         | V1          | V2       |   |
| NG-GE-V1-01               | Fronte Avanzamento fondazione viadotto | 1                         | -        | 16            | -          | 2           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V2-01               | Fronte Avanzamento fondazione viadotto | -                         | -        | -             | 16         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V1-02               | Fronte Avanzamento fondazione viadotto | 1                         | -        | 16            | -          | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V2-02               | Fronte Avanzamento fondazione viadotto | -                         | -        | -             | 16         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V1-03               | Fronte Avanzamento fondazione viadotto | 1                         | -        | 16            | -          | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V2-03               | Fronte Avanzamento fondazione viadotto | -                         | -        | -             | 16         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V1-04               | Fronte Avanzamento fondazione viadotto | 1                         | -        | 16            | -          | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V2-04               | Fronte Avanzamento fondazione viadotto | -                         | -        | -             | 16         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V1-05               | Fronte Avanzamento imbocco galleria    | 1                         | -        | 16            | -          | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V2-05               | Fronte Avanzamento imbocco galleria    | -                         | -        | -             | 16         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V1-06               | Fronte Avanzamento imbocco galleria    | 1                         | -        | 16            | -          | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V2-06               | Fronte Avanzamento imbocco galleria    | -                         | -        | -             | 16         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V1-07               | Fronte Avanzamento imbocco galleria    | 1                         | -        | 16            | -          | 2           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| NG-GE-V2-07               | Fronte Avanzamento imbocco galleria    | -                         | -        | -             | 16         | -           | -        | Si ipotizza un corso d'opera di 50 mesi delle lavorazioni impattanti. Ogni 3 mesi in corso d'opera. |
| <b>TOTALE</b>             | <b>TOTALE</b>                          | <b>7</b>                  | <b>-</b> | <b>112</b>    | <b>112</b> | <b>4</b>    | <b>-</b> |   |

Tabella 6 È Piano delle misure da effettuare È VIBRAZIONI



## 4.2. Componente Idrica

Gli interventi previsti in corrispondenza di ponti, viadotti e attraversamenti fluviali, con la realizzazione di opere in alveo, quali sistemazioni spondali, guadi provvisori, richiedono una particolare attenzione al controllo e al monitoraggio dei corsi d'acqua, con particolare attenzione agli aspetti quali-quantitativi delle acque e degli ecosistemi fluviali. All'interno del Piano di Monitoraggio Ambientale è stata quindi prevista la componente ambientale legata a tali aspetti, denominata nel seguito Acque Superficiali ed Ecosistemi Fluviali.

La presenza nel progetto di opere in sotterraneo, quali le gallerie, scavi e trincee o paratie di una certa rilevanza, opere in grado di alterare il regime di flusso idrico sotterraneo, unitamente al rischio di alterazione qualitativa delle acque sotterranee, ha reso necessario l'inserimento della componente Acque Sotterranee all'interno del PMA.

### 4.2.1. Acque Superficiali ed Ecosistemi Fluviali

Le sezioni di controllo relative alla componente "Acque Superficiali" sono state posizionate sui corsi d'acqua significativi in prossimità delle aree di cantiere, degli attraversamenti ed in prossimità delle lavorazioni principali che potrebbero alterare le caratteristiche qualitative degli stessi corsi d'acqua.

Il monitoraggio si è quindi strutturato su due punti fondamentali:

1. controllo dei corpi idrici impattati qualitativamente dai cantieri (come esplicitato nei SIA, cfr. elaborati MAM-C-QAMB-R e MAM-I-QAMB-R);
2. controllo dei corpi idrici perenni o caratterizzati da deflussi significativi per la maggior parte dell'anno, soggetti a potenziale interferenza con lo scavo delle gallerie (come descritto nella relazione sull'idrologia sotterranea, cfr. elaborati IDR0301 e IDR0303).

Nel primo caso sono state analizzate le Infrastrutture autostradali, colte nella dimensione realizzativa, e le Opere connesse di cantierizzazione, locuzione con la quale si è inteso individuare l'insieme delle opere finalizzate alla realizzazione delle infrastrutture autostradali, la necessità delle quali origina dalle complessità esecutive e dalle scelte progettuali operate ai fini di limitare gli effetti negativi prodotti dalla fase realizzativa. Muovendo da tali Macrotemi, attraverso la loro scomposizione si è giunti all'identificazione dei Temi di Quadro Ambientale, ossia di quei Temi di riferimento che risultano essere rilevanti in funzione delle finalità assegnate dal DPCM 27.12.1988 (tabella 7).

| <i>Opere</i>   | <i>Macrotemi</i>   | <i>Temi di riferimento</i>  | <i>Temi di Quadro</i>  |
|--|--|---|--|
| Infrastrutture autostradali  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opera come realizzazione</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Attività costruttive</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Costruzione dei viadotti</li> <li>Scavo e costruzione delle gallerie                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Scavo meccanizzato</li> <li>– Scavo in tradizionale</li> </ul> </li> <li>Movimentazione delle terre di scavo delle gallerie</li> <li>Gestione delle terre di scavo delle gallerie</li> <li>Approvvigionamento di materie prime</li> </ul> |
|  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aree a servizio della cantierizzazione</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aree cantieri industriali</li> <li>Aree cantieri di imbocco</li> <li>Aree campi base</li> <li>Itinerari di cantierizzazione</li> <li>Piste di cantiere</li> </ul>   |
| Opere connesse di cantierizzazione                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opera come manufatto</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opere a carattere temporaneo</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Slurrydotto</li> <li>Pista di montaggio frese</li> </ul>  |
|  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opere a carattere definitivo</li> </ul>  | Opera a mare   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opera come realizzazione</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Attività costruttive</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Confinamento del Canale di Calma</li> <li>Chiusura dell'opera a mare</li> <li>Approvvigionamento delle materie</li> </ul>   |
|  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aree a servizio della cantierizzazione</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aree di cantiere</li> <li>Itinerari di cantierizzazione</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Opera come esercizio</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Funzionamento</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Movimentazione dello slurry lungo lo slurrydotto</li> <li>Riempimento progressivo dell'opera a mare</li> </ul> |  |

Tabella 7 È Temi di riferimento

Il successivo passaggio metodologico è consistito nella selezione di quei temi di riferimento che, tra quelli oggetto del SIA, presentavano aspetti di rilevanza rispetto ai fini della componente idrico superficiale. Tale ultimo passaggio è stato condotto ricostruendo il nesso di causalità intercorrente tra le Azioni di progetto associate a ciascuno dei temi di riferimento del Quadro ambientale del SIA, i fattori causali e gli impatti potenziali conseguenti.

Entrando nel merito degli esiti ai quali detto processo ha condotto nel caso della componente idrico superficiale, i temi per i quali si configura un nesso di causalità sono ascrivibili alle seguenti attività:

- “ Presenza di aree di cantiere e della pista fresa in corrispondenza dell'alveo;
- “ Presenza delle aree di cantiere;
- “ Realizzazione dei viadotti.

In ragione di tali azioni, i fattori causali ed i relativi impatti potenziali presi in esame, costitutivi i temi specifici della componente acque superficiali, possono essere sintetizzati nei seguenti termini (tabella 8).

| <i>Azioni di progetto</i>                                    | <i>Fattori causali</i>                                | <i>Impatti potenziali</i>   |
|--|---|---|
| Presenza delle aree di cantiere e della pista frese in alveo | Restringimento della sezione dell'alveo               | Modificazione delle condizioni di deflusso delle acque superficiali   |
| Presenza delle aree di cantiere                              | Modificazione della morfologia<br>Produzione di acque | Modificazione delle condizioni di deflusso delle acque di versante<br>Modificazione dei parametri chimico-fisici delle acque superficiali |
| Realizzazione di viadotti                                    | Restringimento della sezione dell'alveo               | Modificazione delle condizioni di deflusso delle acque superficiali   |

Tabella 8 È Impatti potenziali

Nel secondo caso sono state analizzate le estensioni dei bacini idrografici in relazione al tracciato della galleria; in tal modo sono state individuate le aste dei corsi d'acqua più significativi, ossia quelle incisioni caratterizzate da deflussi perenni o quasi perenni, potenzialmente soggette ad interferenza. Successivamente, nell'ambito delle indagini svolte in sito, è stata verificata la effettiva significatività idrologica dei corsi d'acqua con particolare riferimento alla consistenza dei deflussi.

La prosecuzione delle indagini in sito, soprattutto in relazione alle valutazioni idrometriche - idrologiche, è stata programmata in funzione dell'andamento pluviometrico. Le indagini di progetto sono state eseguite nelle prime settimane di settembre in regime idrologico di forte magra, dove il contributo delle falde all'idrografia di superficie assume rilevanza e sono meglio valutabili le eventuali correlazioni tra deflussi e circolazione sotterranea.

In linea di massima quando il tracciato della galleria interessa il bacino idrografico in posizione circa baricentrica, sul corso d'acqua sono state individuate due sezioni di misura, una a monte e l'altra a valle della galleria, al fine di poter valutare eventuali correlazioni (tendenze al drenaggio oppure all'alimentazione) tra le acque di superficie e la circolazione idrica sotterranea.

Rientrano in tale situazione il rio Fontanelle ed i Torrenti Branega, Bianchetta, Cassinelle, Ciliegia. Sono stati anche censiti i rii minori Cipressi, Lagaccio, Atassi, Rivassa ed un affluente di Leira e Branega privi di denominazione ufficiale.

Di seguito viene riportata una descrizione dei corpi idrici ricadenti all'interno dell'area di studio, dedotta dai Piani di Bacino stralcio per la difesa idrogeologica, geomorfologica, per la salvaguardia della rete idrografica e per la compatibilità delle attività estrattive.

**Rio Vesima:** Il Rio Vesima, che drena una superficie di circa 1.8 km<sup>2</sup>, ha origine sulle pendici del Bricco Grosso, a quota 435 m s.l.m. circa e, dopo un percorso di circa 2.5 km in direzione N-S, defluisce in mare, perpendicolarmente alla linea di costa, in località Vesima. Il bacino del rio Vesima è delimitato a levante dallo spartiacque con il bacino del rio Stefanina e dallo spartiacque con il bacino del rio Fontanelle, a settentrione dallo

spartiacque col bacino del torrente Cerusa, a occidente dallo spartiacque con il bacino del rio Lupara e dallo spartiacque con il bacino del rio Casello.

Il corso d'acqua scorre interamente entro un alveo naturale, caratterizzato da una pendenza di circa il 17% sino all'attraversamento della sede ferroviaria nei pressi dell'abitato di Vesima. Nel tratto a valle della stazione di Vesima il rio è intubato mediante un tombino che si estende sino alla foce. Tale manufatto è caratterizzato da sezioni trasversali di imbocco e di sbocco a forma di arco, aventi altezza pari a 2.5 m e larghezza pari a 4.4 m a monte e pari ad 1.6 m e 4.4 m a valle.

Per monitorare gli effetti verso valle delle eventuali interferenze con le lavorazioni autostradali sul Rio Vesima si prevedono due sezioni di controllo ubicate rispettivamente una a monte ed una a valle dell'autostrada A10. Il monitoraggio è volto principalmente al controllo dell'area di cantiere CI02 e della viabilità di servizio VS02.

Rio Fontanelle: Il bacino imbrifero del Rio Fontanelle si estende su una superficie di circa 1.48 km<sup>2</sup>. L'area scolante è delimitata dal bacino del Torrente Cerusa, a Est e Nord/Est, dal bacino del torrente Vesima, ad Ovest, e dal Mare Ligure a Sud. La sorgente si colloca alle pendici del Bric Brigna, rilievo che raggiunge una quota di circa 436 m s.l.m.. La pista principale ha uno sviluppo di circa 2.8 km e si allunga secondo una orientamento Ovest/Est. La direzione di deflusso, praticamente perpendicolare alla costa ligure, raggiunge il mare ad Ovest del centro abitato di Voltri, nei pressi della località Molino di Crevari. Il corso d'acqua defluisce con una pendenza media di circa 16%, quasi interamente in un alveo naturale inciso in una valle piuttosto acclive. Lungo la parte terminale della pista, gli eventi antropici hanno modificato sensibilmente il naturale corso di deflusso ed hanno incanalato il letto in una sezione artificiale di forma pressoché rettangolare. In particolare, le sponde sono state sostituite da argini di calcestruzzo ed il fondo è stato coperto mediante una platea. In corrispondenza della Strada Statale N. 1 Aurelia, il Rio Fontanelle è incanalato in un tombino di calcestruzzo; la sezione di imbocco ha forma rettangolare, con dimensioni pari a 8.60 m x 5.40 m; lo sbocco a mare è intubato con sezione di deflusso a forma di arco, avente altezza pari a 9.0 m e larghezza pari a 4.0 m.

Per garantire il controllo delle eventuali interferenze con lo scavo della Galleria Borgonuovo Ovest/Est, il PMA prevede due sezioni di controllo ubicate rispettivamente una a monte ed una a valle dell'autostrada A10bis (Rif. sugli impatti negli elaborati IDR0301 e IDR0303).

Torrente Cerusa: Il bacino imbrifero del Torrente Cerusa è delimitato a Est dal bacino del Torrente Leiro, a Ovest dal bacino del Torrente Lerone e nella parte Sud/Ovest dal bacino del Rio Fontanelle. Il torrente ha origine dalle pendici del monte Bric Del Dente (quota in sommità di circa 1050 m s.l.m.) e raggiunge il mare ad Ovest del centro abitato di Voltri nel Comune di Genova. Il torrente Cerusa drena una superficie complessiva pari a 23.1 km<sup>2</sup> alla foce, interamente compresa all'interno del territorio del Comune di Genova. La linea di deflusso ha una lunghezza di circa 10,7 km, una pendenza media del 9% circa e si sviluppa secondo una direzione parallela ad un orientamento Nord/Ovest/Est; è caratterizzata da un andamento alquanto sinuoso, incuneato tra le vallate Costa Glas del Dente e Pian degli Asti. Il reticolo idrografico è ramificato anche per effetto della sensibile acclività delle pendici nella parte occidentale, che rendono accidentata la morfologia delle aree scolanti. In tale contesto idrografico si distinguono i Rii Gava e Secco, che rappresentano i maggiori tributari di sinistra, e il Rio Asino Morto, affluente principale di destra. La morfologia della zona è caratterizzata da pendii molto ripidi, soprattutto nel tratto di monte del bacino imbrifero, di

conseguenza in tale zona i fenomeni erosivi associati al Torrente Cerusa sono alquanto accentuati. La capacità erosiva della costa si esalta, principalmente, nella parte montana, fra la confluenza con il Rio Gava e l'abitato di Fiorino. In questo tratto la costa principale è caratterizzata da un orientamento all'incirca parallelo alla direzione Nord. Sud, con pendenze mediamente pari al 7% circa. La sezione trasversale è pressoché rettangolare, con larghezza alla base variabile fra 15 m e 40 m circa. Il tratto terminale del torrente, compreso fra gli insediamenti dell'abitato Fabbriche e lo sbocco al mare, è ancora caratterizzato da sezione trasversale di forma rettangolare ma con larghezze mediamente pari o maggiori a 30 m, che aumentano sino a circa 70 m in prossimità della foce. La pendenza del tratto si riduce sino circa al 1.5%. Il torrente scorre fra argini costituiti da muri di blocchi di pietra ed a tratti di calcestruzzo, sormontati da parapetti di muratura piena. Nel corso degli anni, gli interventi antropici hanno modificato sensibilmente il corso della naturale incisione ed hanno incanalato e regolarizzato numerose linee di deflusso che originariamente scorrevano a cielo aperto. Il tessuto urbano è generalmente più compatto nella zona a ridosso della foce, laddove il torrente rimane compreso fra gli insediamenti della città di Voltri. Procedendo verso la sorgente, invece, questo tessuto si sfrangia in modesti ed isolati nuclei abitati, sparsi ed incuneati nel fondovalle della costa principale.

Per monitorare gli effetti verso valle delle eventuali interferenze con le lavorazioni autostradali sul Torrente Cerusa si prevedono tre sezioni di controllo ubicate rispettivamente una a monte ed una a valle dell'autostrada A10bis e l'ultima a valle dell'autostrada A10bis e dell'autostrada A10. Il monitoraggio è volto principalmente al controllo delle aree di cantiere CI18, CI19, CI20, CI22 e delle viabilità di servizio VS03 e VS04.

Torrente Leira: Il bacino del torrente Leira è ubicato sul versante tirrenico dell'Appennino Ligure, a monte dell'abitato di Voltri, a Ovest del capoluogo ligure. La superficie del bacino è delimitata dal bacino del Torrente Cerusa a Ovest, dalla porzione montana del bacino del Torrente Stura, sul versante padano, a Nord, dalla porzione montana del bacino del torrente Varenna a Nord. Est, dal bacino del torrente Branega ad Est e dal Mare Ligure a Sud. La cima più alta del bacino è la Punta Martin, che raggiunge, in sommità, la quota di 1001 m s.m. circa. Tale alto morfologico rimane all'interno del bacino, nella zona nord . orientale, tra il Monte Pennello e il Monte Fontana Buona. Il torrente Leira si forma immediatamente a valle dell'abitato di Mele, sulle pendici del Monte Pennello, e il suo bacino imbrifero si caratterizza per la presenza di numerose ramificazioni. La costa principale ha uno sviluppo di circa 11 km e si allunga secondo un orientamento circa Nord. Sud. La direzione di deflusso, praticamente perpendicolare alla costa ligure, raggiunge il mare nel punto più settentrionale del Golfo di Genova, nelle vicinanze dell'abitato di Voltri. La pendenza media della costa principale è all'incirca pari a 8.5%, maggiore nel tratto a monte del tracciato in progetto, minore verso la foce. I suoi affluenti principali sono il rio Gorsexio, il rio Acquasanta ed il rio Ceresolo, che drenano rispettivamente una superficie di 8.6 km<sup>2</sup>, 17.8 km<sup>2</sup> e 4.9 km<sup>2</sup>; un affluente minore è il rio Piccardo. Le aste dei torrenti Gorsexio, Acquasanta e Ceresolo hanno una lunghezza rispettivamente pari a 6.3 km, 8.7 km e 4.9 km. Nel corso degli anni, gli interventi antropici hanno modificato sensibilmente il corso delle naturali incisioni ed hanno incanalato e regolarizzato numerose linee di deflusso che originariamente scorrevano a cielo aperto. Il tratto di monte del torrente Leira è caratterizzato dalla presenza in alveo della pila del viadotto dell'Autostrada Ventimiglia-Genova che costituisce una sensibile ostruzione al deflusso e, poco a monte, di una passerella pedonale con due pile in alveo. Inoltre le attività estrattive di cava e la realizzazione di sbancamenti e riporti d'importanza rilevante hanno determinato modifiche significative della morfologia originaria della zona in

esame. Il bacino è attraversato in senso longitudinale dalla strada statale n° 456 e dall'Autostrada A 26 Voltri . Alessandria. La prima collega Voltri ad Ovada attraverso il passo del Turchino; la seconda si sviluppa in viadotto ed in galleria secondo un tracciato che si allunga, prevalentemente, secondo il crinale che delimita i bacini dei torrenti Gorsexio e Ceresola con una serie di viadotti e gallerie.

Per monitorare gli effetti verso valle delle eventuali interferenze con le lavorazioni autostradali sul Torrente Leira si prevedono tre sezioni di controllo ubicate rispettivamente una a monte ed una a valle dell'autostrada A10bis e l'ultima a valle dell'autostrada A10bis e dell'autostrada A10. Il monitoraggio è volto principalmente al controllo delle aree di cantiere CI21, CI23, CI24 e delle viabilità di servizio VS06 e VS11.

~~Torrente Branega:~~ Il bacino imbrifero del torrente Branega si estende su una superficie di 4.80 km<sup>2</sup> circa, interamente compresa, dal punto di vista amministrativo, nel Comune di Genova. Tra gli affluenti di destra si hanno il rio Fontana Marsa, il rio Rivassa, il rio Anassi Inferiore, il rio Anassi Superiore e il rio del Cuneo. La testa principale è originata dalla confluenza del Rio Monte Cuccio e del Rio Pian de Figlie, alla quota massima di 881 m s.l.m, lungo le pendici del Monte Cuccio. Quest'ultimo raggiunge, in media, quote di 288 m s.m. circa. Il bacino del torrente è ubicato sul versante tirrenico dell'Appennino Ligure, a monte dell'abitato di Palmaro e a Ovest del capoluogo ligure, sullo spartiacque fra il bacino del Torrente Leiro a Nord . Ovest e del Torrente Varenna a Nord . Est. La forma della superficie del bacino è paragonabile ad una foglia stretta ed allungata con un'asta principale della lunghezza di 5 km, quindi rilevante se confrontata con lo sviluppo dell'area scolante. Il Torrente Branega, che scorre secondo una direzione sostanzialmente perpendicolare alla costa ligure, raccoglie gli apporti di numerosi affluenti, per la maggior parte in sponda destra. La pendenza media dell'asta è all'incirca pari al 13%, con pendenze leggermente superiori nella porzione settentrionale del bacino, in corrispondenza del Rio delle Figlie. Tra i sottobacini quello con la maggiore pendenza media è il rio Pian delle Figlie (pendenza del 75%), mentre quello con la minore pendenza media è il rio Anassi Inferiore (pendenza del 26%). La superficie scolante è delimitata dai bacini del Rio Madonnette a Ovest, del torrente Leiro a Nord . Ovest, dalla parte montana del bacino del Torrente Varenna a Nord . Est, dal bacino del Torrente S. Pietro a Est e dal Mar Ligure a Sud. La superficie del bacino è fortemente urbanizzata, in particolare nella parte valliva per un tratto della lunghezza di 1 km circa a monte della foce. Lungo la principale linea di deflusso si incontrano la sede della strada di collegamento tra Palmaro e le località Casette, Fabbrica Muraldo e, verso Nord . Ovest, Case Colla; quest'ultima è insediata sullo spartiacque con il bacino del Torrente Acquasanta. La linea ferroviaria Genova . Ovada taglia trasversalmente la parte settentrionale del bacino attraversando il Rio Laira, il Rio Bianco ed i canali a monte della Località Case Prialava. Il tratto terminale del Torrente interferisce con l'Autostrada Genova . Savona (A10), che lo attraversa tramite due viadotti affiancati, ed inoltre con la linea ferroviaria Genova . Ventimiglia e la Strada Statale n. 1 Aurelia che superano l'asta di deflusso poco a monte dello sbocco a mare. Tale foce è ubicata all'estremità occidentale del Golfo di Genova, in prossimità del Porto di Voltri.

Per garantire il controllo delle eventuali interferenze con lo scavo della Galleria Amandola Ovest-Est, il PMA prevede due sezioni di controllo ubicate rispettivamente una a monte ed una a valle dell'autostrada A10bis. Inoltre sono state previste altre 5 sezioni nei vari affluenti (Rif. sugli impatti negli elaborati IDR0301 e IDR0303).

~~La~~ Torrente Varenna: Il Torrente Varenna è originato, in prossimità dell'abitato di Camposilvano, dalla confluenza del Rio Vacarezza e del Rio del Grillo. Il primo ha sorgente alle pendici del Monte Roccamai, che raggiunge la quota di 696 m s.m. circa; il secondo ha sorgente lungo le pendici del Monte Proratardo, che si innalza sino alla quota di 926 m s.m. circa.

La ~~costa~~ del Torrente Varenna sfocia nel Mar Ligure tra le località di Multedo e Pegli, nella zona di ponente genovese, in un tratto di costa non interessato dai limitrofi ambiti portuali. Il suo bacino è delimitato a Nord . Nord/ Est dalla Val Polcevera, a Nord . Ovest dal bacino del Torrente Stura, ad Est dal bacino del Torrente Chiaravagna e dai bacini dei Rii Molinassi e Rostan, ad Ovest dai bacini del Torrente Leiro, Torrente Branega, Torrente S. Pietro e Rexello. Il bacino si estende su di una superficie di circa 22 km<sup>2</sup> che, dal punto di vista amministrativo, ricade nei comuni di Genova e Ceranesi. La ~~costa~~ principale ha un andamento alquanto sinuoso, esteso per una lunghezza di 9 km circa, mediamente orientato circa Nord . Sud, con una larghezza massima in senso Est-Ovest di circa 4,5 km. Il bacino ha una forma stretta ed allungata e presenta una ~~asimmetria~~ del reticolo caratterizzata da una maggiore ramificazione lungo il versante destro. In pratica le incisioni vallive degli affluenti in destra ed in sinistra hanno orientamenti praticamente paralleli alla direzione NO-SE oppure alla direzione E-O. Si osserva inoltre che gli affluenti in destra hanno lunghezze e, di conseguenza, anche sottobacini di pertinenza maggiori di quelle dei tributari in sinistra. In particolare, fra gli affluenti di destra si segnalano il Rio Gandolfi, il Rio Taggia ed il Rio Cantalupo, che individuano le immissioni principali. Fra i tributari in sinistra si citano il Rio Dei Corvi, il Rio Lavino, il Rio Poma, il Rio Razzara, tutti caratterizzati da lunghezze ridotte e sottobacini di modesta estensione areale; inoltre, tali più piccole incisioni di deflusso sono spesso caratterizzate da un regime temporaneo di deflusso delle acque. In tale contesto idrografico si distingue il Rio Cantalupo (Rio Gambaro nella parte alta), che rappresenta il maggiore tributario di destra e che scorre all' ~~incirca~~ parallelamente al Torrente Varenna. Tale affluente confluisce nel Torrente Varenna in località Tre Ponti. La parte montana del bacino raggiunge quote massime di circa 995 m s.m. in corrispondenza della vetta del monte Pennello, la quale si innalza sino alla quota di 300 m s.m. circa. La pendenza della ~~costa~~ principale risulta compresa fra 16% circa, nella parte alta, e 1.5% nel tratto vallivo. Nel corso degli anni, gli interventi antropici hanno modificato sensibilmente il corso delle naturali incisioni e hanno incanalato e regolarizzato numerose linee di deflusso che originariamente scorrevano a cielo aperto. Il tessuto urbano si rileva più compatto nella zona a ridosso della foce, laddove si insedia il nucleo abitato di Pegli. Invece, procedendo verso la sorgente, questo tessuto si sfrangia in modesti ed isolati nuclei, sparsi ed incuneati nel fondovalle della ~~costa~~ principale ed a ridosso del tratto terminale del Rio Cantalupo, in località Tre Ponti. Nella parte medio-alta la ~~costa~~ principale è caratterizzata dagli insediamenti isolati di Carpenara, San Carlo e soprattutto Vaccarezza. In questo tratto si possono riscontrare insediamenti produttivi dismessi, baracche abbandonate, discariche abusive, cave ed aree estrattive abbandonate, che incidono notevolmente sulla qualità del paesaggio. Più a valle il deflusso è fortemente condizionato dall' ~~impianto~~ ENEL, realizzato in alveo, che modifica sostanzialmente il naturale profilo di corrente. Le cave attive sono localizzate in una ~~area~~ abbastanza ristretta avente raggio di circa 2 km, nel settore medio-inferiore del bacino, ed hanno una significativa incidenza sul territorio sotto il profilo morfologico, per la presenza di alti fronti di cava e di ampi piazzali, localmente prossimi all' ~~alveo~~ del T. Varenna (Cava Pian di Carlo).

Per monitorare gli effetti verso valle delle eventuali interferenze con le lavorazioni autostradali sul Torrente Varenna si prevedono due sezioni di controllo ubicate rispettivamente una a monte ed una a valle dell' ~~autostrada~~ A10bis. Il monitoraggio è volto principalmente al controllo delle aree di cantiere CI25.

Rio Bianchetta: La sorgente del Rio Bianchetta si localizza nei pressi dell'abitato C. Turo Inferiore, alle pendici del monte Bric Rondinino che si innalza sino alla quota di 605.5 m s.m. circa. Si osserva che nel tratto iniziale, sino all'area insediale dell'abitato di San Pietro ai Prati, l'asta è individuata come Rio Bricchetta; a valle di tale insediamento il rio cambia denominazione in Rio Bianchetta. Circa 450 m a valle della sorgente, il rio riceve il canale Griso, principale affluente di destra. Tale affluente ha origini alle pendici del monte Contessa, alto morfologico che raggiunge quota 550 m s.m. circa. Alle pendici del monte C. dei Santi, nella località individuata mediante il toponimo case Cargo, il Rio Bricchetta riceve il maggiore tributario dal versante orientale, il Rio dei Santi. Nel tragitto verso la foce, il Rio Bricchetta attraversa le case sparse dell'omonimo abitato, sino a raggiungere il Rio Cassinelle, nell'area insediale dell'abitato Serra, dopo un breve percorso entro un alveo affiancato da una strada vicinale. Il bacino del Rio Bricchetta drena una superficie di circa 3.32 km<sup>2</sup>, compresa, dal punto di vista amministrativo, nel comune di Genova. La forma del bacino è simile ad una goccia, quindi estesa in direzione Est-Ovest nella parte di monte e stretta verso la confluenza dell'asta nel Rio Cassinelle, laddove il corso rimane incassato fra versanti opposti, poco distanti. La linea di deflusso, che si sviluppa secondo una direzione circa Nord - Sud con una lunghezza di circa 4 km, è caratterizzata da andamento alquanto sinuoso, incuneato tra i ripidi fronti di cava dei Monti Spassosa e Gazzo. Il reticolo idrografico è ramificato, anche per effetto della sensibile acclività delle pendici che rendono accidentata la morfologia dell'area scolante. Non mancano, tuttavia, ampie zone coperte da vegetazione mediterranea, estese soprattutto sul versante sinistro fra le formazioni boschive che caratterizzano la zona. Dal punto di vista strettamente idraulico, il regime del corso d'acqua può essere descritto come torrentizio, con alveo caratterizzato da significative irregolarità di fondo, frequenti salti e cambi di direzione, andamento ripido. Di conseguenza il deflusso è generalmente turbolento, regolato da una pendenza all'incirca pari al 17% nel tratto iniziale e gradualmente decrescente sino a valori dell'ordine del 4% verso la foce.

Per garantire il controllo delle eventuali interferenze con lo scavo della Galleria Monterosso Ovest-Est, il PMA prevede due sezioni di controllo ubicate rispettivamente una a monte ed una a valle dell'autostrada A10bis (Rif. sugli impatti negli elaborati IDR0301 e IDR0303).

Rio Cassinelle: Il bacino del Fosso Cassinelle è delimitato lungo il lato Ovest da quello del Fosso Bianchetta, ancora a monte della confluenza di questi due corsi d'acqua nel torrente Chiaravagna. L'area scolante che compete al Fosso Cassinelle confina a N - NO con i bacini del Torrente Varenna e del Fosso Bianchetto ed a N e NE con il bacino dell'asta fluviale più importante della zona, il Torrente Polcevera. La superficie di drenaggio, computata per la porzione a monte della confluenza con il Fosso Bianchetta, è pari a 3.27 km<sup>2</sup> circa ed a questa compete un'asta della lunghezza di circa 3.27 km. Il fondovalle del Rio Cassinelle è pressoché privo di insediamenti ed è occupato da formazioni boschive ed ampie zone di prateria e pascolo, in particolare lungo il versante sinistro. Il rio Cassinelle ha origini alle pendici degli alti montuosi di Bric Pria Scugente, caratterizzata da sommità a quote prossime a 625 m s.m. circa. La testa della valle è attualmente occupata dalla discarica di Scarpino, nella quale vengono raccolti i rifiuti solidi urbani dell'intero Comune di Genova. L'asta fluviale, che ha un orientamento circa Nord - Sud, percorre la valle compresa fra le alture della Cresta Rocca dei Corvi e della Costa di Serra, dalle quali giungono i diversi tributari. La valle del rio Cassinelle appare pressoché disabitata e molto più selvaggia di quella parallela del rio Bianchetta. Entrambi i versanti che insistono sul rio Cassinelle presentano, almeno nel tratto mediano, pendenze medie molto elevate, superiori al 50%. Il corso d'acqua manifesta un carattere peculiarmente torrentizio, con un alveo in



roccia di forma irregolare, fortemente incassato ed ingombro di massi. Lungo l'intera asta mancano opere di regimazione idraulica (briglie, arginature) o interventi antropici (ponti, derivazioni), sino in prossimità della confluenza con il rio Bianchetta, in località Serra, dove erano attivi ancora non molto tempo fa una cava sul versante sinistro ed un mulino ad acqua in sponda sinistra, posto a valle di una grossa briglia. Il rio Cassinelle presenta pendenze medie longitudinali variabili tra 8 e 15%, con un andamento medio pressoché uniforme.

Per garantire il controllo delle eventuali interferenze con lo scavo della Galleria Monterosso Ovest-Est, il PMA prevede una sezione di controllo (Rif. sugli impatti negli elaborati IDR0301 e IDR0303).

~~%Torrente Polcevera:~~ Il bacino idrografico del torrente Polcevera costituisce una regione di media montagna e di colline, con una modesta pianura alluvionale in corrispondenza del settore medio-inferiore, che risulta irregolarmente terrazzata. Si colloca in una zona centrale del versante appenninico ligure, risultando delimitato da una serie di rilievi montuosi. Il bacino sottende una superficie complessiva pari a 140 km<sup>2</sup> e raggiunge la sua quota massima sul livello del mare in corrispondenza della vetta del monte Taccone (1113 m). L'asta principale, dopo un percorso di 17 km, sfocia in mare in prossimità della delegazione genovese di Cornigliano. Il bacino risulta interamente compreso all'interno della provincia di Genova, inglobando parzialmente o completamente i territori comunali di Genova, S. Olcese, Campomorone, Serra Riccò, Mignanego e Ceranesi. Il torrente Polcevera trae origine dalla confluenza del torrente Verde con il torrente Riccò, nei pressi del quartiere genovese di Pontedecimo, pertanto il bacino complessivo risulta composto dai seguenti sottobacini principali:

- il torrente Verde che presenta una superficie di 33,45 km<sup>2</sup> e la cui asta principale misura circa 10 km;
- il torrente Riccò, che trae origine dal Bric Montaldo; il bacino ha uno sviluppo di 21 km<sup>2</sup> e la lunghezza dell'asta principale raggiunge 8 km;
- il torrente Secca, affluente in sinistra, che confluisce nel Polcevera in prossimità di Bolzaneto, sottendendo un'area di circa 45 km<sup>2</sup>.

I torrenti Burba, Trasta e Fegino sono gli affluenti minori in sponda destra, mentre il Geminiano e il Torbella rappresentano gli affluenti minori in sponda sinistra.

Il bacino del torrente Polcevera presenta una diffusa e marcata antropizzazione. Nel fondovalle, il crescente sviluppo degli insediamenti industriali e delle infrastrutture viarie è avvenuto lungo le aste dei corsi d'acqua, a discapito degli alvei, ed ha determinato l'artificializzazione delle sponde, con conseguente alterazione e/o distruzione della vegetazione riparia.

Per monitorare gli effetti verso valle delle eventuali interferenze con le lavorazioni autostradali sul Torrente Polcevera si prevedono 4 sezioni di controllo. Il monitoraggio è volto principalmente al controllo delle aree di cantiere CI14, CI9, CI13 per le due sezioni più a monte e al controllo del campo base per le due sezioni più a valle

~~%Rio Ciliegia:~~ Il bacino del Rio Ciliegia, interamente compreso all'interno della provincia di Genova, costituisce un sottobacino della più ampia rete di deflusso tributaria del Torrente Polcevera, al quale compete una superficie scolante pari a 140 km<sup>2</sup> circa. La forma del bacino del Rio Ciliegia è assimilabile ad una foglia, stretta nella zona di monte ed allungata verso l'immissione nel Torrente Polcevera. L'area drenata raggiunge una superficie pari a 2.64 km<sup>2</sup> circa, quindi maggiore di quella di competenza del Rio Pianega. La direzione di deflusso segue un andamento alquanto sinuoso, della lunghezza di circa 3.3 km, orientato secondo una direzione all'incirca parallela

all'orientamento Nord-Ovest/Sud-Est. Fra gli affluenti si segnala il Rio Trasta. Per la pendenza dei versanti lungo il corso del fiume, sono diffusi i fenomeni di erosione, che interessano il rio e gli affluenti, soprattutto nella parte alta del bacino. Invece, nella parte bassa, l'andamento dei deflussi diviene condizionato dagli interventi antropici, associati all'urbanizzazione delle aree in destra del Torrente Polcevera.

Per garantire il controllo delle eventuali interferenze con lo scavo della Galleria Monterosso Ovest-Est, il PMA prevede due sezioni di controllo ubicate rispettivamente una a monte ed una a valle dell'autostrada A10bis. Inoltre è stata prevista un'ulteriore sezione di controllo in un affluente.

Rio Torbella: Il rio Torbella costituisce un affluente di sinistra del t. Polcevera, in cui confluisce nella delegazione di Rivarolo.

Il Torrente Torbella, che insieme al Rio Goresina ha origine lungo il monte Forte Fratello Minore, è caratterizzato da una linea di deflusso della lunghezza totale di 4.9 km circa, con direzioni di deflusso alquanto variabili. Il tratto iniziale si sviluppa secondo una direzione parallela ad un orientamento Nord. Sud, sino alle vicinanze del centro abitato di Chiesette. Nel tratto intermedio, sino alla città omonima, il torrente scorre secondo una direzione pressoché parallela all'orientamento Ovest. Est, praticamente perpendicolare alla sede stradale di progetto. Nell'ultimo tratto, infine, i deflussi seguono il medesimo orientamento del tratto iniziale. L'area drenata raggiunge una superficie pari a 5.13 km<sup>2</sup> circa, caratterizzata da una asimmetria del reticolo, con maggiore ramificazione lungo il versante sinistro; di conseguenza le incisioni vallive legate agli affluenti hanno un orientamento pressoché parallelo alla direzione SE-NO. Fra i principali affluenti di sinistra si segnalano il Rio Vagli e il Rio Canegliano. Per la pendenza dei versanti che caratterizzano il territorio attraversato dal Torrente Torbella, sono diffusi i fenomeni di erosione associati alla pendenza principale ed agli affluenti, soprattutto nella parte alta del bacino. Qui gli alvei sono alquanto ripidi e le sponde praticamente prive di vegetazione. Invece, nella parte bassa, nelle vicinanze dell'abitato di Borghetto, la pendenza del torrente si riduce ed all'erosione ed al trasporto solido si sostituisce il deposito del materiale in sospensione. Nel corso degli anni, gli interventi antropici hanno modificato sensibilmente il corso delle naturali incisioni ed hanno incanalato e regolarizzato numerose linee di deflusso originariamente a cielo aperto. Il tessuto urbano è più fitto nella zona della confluenza nel Torrente Polcevera, in prossimità dell'abitato di Borghetto. Viceversa, verso monte le urbanizzazioni lasciano il posto a sparsi ed isolati nuclei abitativi concentrati, principalmente, a ridosso del fondovalle del rio. Planimetricamente il tratto dell'alveo del T. Torbella presenta un'alternanza di tratti rettilinei e curve con raggio molto ridotto; la sezione si presenta parzializzata e confinata da progressivi interventi antropici (edifici e piazzali sia a destinazione civile, sia industriale). Inoltre il tratto è attraversato da numerosi ponti (infrastrutture stradali e ferroviarie, passerelle) a doppia campata spesso con pila centrale in asse alveo. Lungo il tratto terminale del rio Torbella si è evidenziato un consistente fenomeno di sovralluvionamento dell'alveo.

Per monitorare gli effetti verso valle delle eventuali interferenze con le lavorazioni autostradali sul Torrente Torbella si prevedono 2 sezioni di controllo. Il monitoraggio è volto principalmente al controllo delle aree di cantiere C107, IB26 e dell'intervento IN02.

Codice completo: **NG-GE-SU-VE-01**

**NG** = Nodo stradale ed autostradale di Genova

**GE** = codice del comune di appartenenza;

GE = Genova;

**SU** = componente ambientale (SU: Acque superficiali);

**VE** = individuazione punto di misura: Torrente Ema+

|    |   |                      |
|----|---|----------------------|
| VE | = | Rio Vesima;          |
| RF | = | Rio Fontanelle;      |
| CE | = | Torrente Cerusa;     |
| LE | = | Torrente Leira;      |
| RC | = | Rio Cipressi;        |
| RS | = | Rio Secondario;      |
| BR | = | Torrente Branega;    |
| RL | = | Rio Lagaccio;        |
| RA | = | Rio Atassi;          |
| RR | = | Rio Rivassa;         |
| GA | = | Torrente Gambara;    |
| VA | = | Torrente Varenna;    |
| BI | = | Torrente Bianchetta; |
| CA | = | Torrente Cassinelle; |
| CL | = | Torrente Ciliegia;   |
| BU | = | Torrente Burla;      |
| PO | = | Torrente Polcevera;  |
| SE | = | Torrente Secca;      |
| TO | = | Torrente Torbella;   |
| BI | = | Rio Briscata;        |

**01** = numero progressivo del punto di monitoraggio all'interno del tratto.

Le tabella seguente riporta l'elenco delle stazioni di misura, con relativa codifica e comune.

| Stazione       | Denominazione  |
|----------------|--|
| NG-GE-SU-VE-01 | Rio Vesima monte   |
| NG-GE-SU-VE-02 | Rio Vesima valle   |
| NG-GE-SU-RF-03 | Rio Fontanelle monte   |
| NG-GE-SU-RF-04 | Rio Fontanelle valle   |
| NG-GE-SU-CE-05 | Torrente Cerusa monte  |
| NG-GE-SU-CE-06 | Torrente Cerusa intermedia   |
| NG-GE-SU-CE-07 | Torrente Cerusa valle coincidente con CECE04 di ARPAL                |
| NG-GE-SU-LE-08 | Torrente Leira monte   |
| NG-GE-SU-LE-09 | Torrente Leira intermedia  |
| NG-GE-SU-LE-10 | Torrente Leira valle coincidente con LELE01 di ARPAL0                |
| NG-GE-SU-RC-11 | Rio Cipressi   |
| NG-GE-SU-RS-12 | Rio Secondario: affluente sinistra T. Leira                          |
| NG-GE-SU-RS-13 | Rio Secondario: affluente 1 destra T. Branega                        |
| NG-GE-SU-BR-14 | Torrente Branega monte   |
| NG-GE-SU-BR-15 | Torrente Branega valle   |
| NG-GE-SU-RL-16 | Rio Lagaccio   |
| NG-GE-SU-RA-17 | Rio Atassi   |
| NG-GE-SU-RR-18 | Rio Rivassa  |
| NG-GE-SU-RS-19 | Rio Secondario: affluente 2 destra T. Branega                        |
| NG-GE-SU-GA-20 | Torrente Gambara monte   |
| NG-GE-SU-GA-21 | Torrente Gambara valle   |
| NG-GE-SU-VA-22 | Torrente Varenna monte   |
| NG-GE-SU-VA-23 | Torrente Varenna valle coincidente con VAVA02 di ARPAL               |
| NG-GE-SU-BI-24 | Torrente Bianchetta monte  |
| NG-GE-SU-BI-25 | Torrente Bianchetta valle  |
| NG-GE-SU-CA-26 | Torrente Cassinelle  |
| NG-GE-SU-CL-27 | Torrente Ciliegia monte  |
| NG-GE-SU-CL-28 | Torrente Ciliegia valle  |
| NG-GE-SU-RS-29 | Rio Secondario: affluente sinistra T. Ciliegia                       |
| NG-GE-SU-BU-30 | Torrente Burla monte   |
| NG-GE-SU-BU-31 | Torrente Burla valle   |
| NG-GE-SU-PO-32 | Torrente Polcevera monte intervento coincidente con POPO02M di ARPAL |
| NG-GE-SU-PO-33 | Torrente Polcevera valle intervento coincidente con POPO03M di ARPAL |
| NG-GE-SU-PO-34 | Torrente Polcevera monte Campo Base                                  |
| NG-GE-SU-PO-35 | Torrente Polcevera valle Campo Base                                  |
| NG-GE-SU-SE-37 | Torrente Secca monte   |
| NG-GE-SU-SE-38 | Torrente Secca valle a valle di POSE02 di ARPAL                      |
| NG-GE-SU-TO-39 | Torrente Torbella monte  |
| NG-GE-SU-TO-40 | Torrente Torbella valle  |
| NG-GE-SU-BI-41 | Rio Briscata monte   |
| NG-GE-SU-BI-42 | Rio Briscata valle   |

Tabella 9 - Elenco stazioni di monitoraggio

I parametri di misura comprendono un set standard (A1+A2) contenente le indagini quantitative e i parametri chimico fisici, un set contenente parametri chimici specialistici (A3), un set riguardante i parametri microbiologici (A4), un set relativo al Multihabitat Proporzionale (A6) e un set relativo all'indice Funzionalità Fluviale (A7).

In tabella 10 si riporta il dettaglio dei parametri contenuti nei vari set.

| CODICE SET FUNZIONALE | CODICE E DEFINIZIONE PARAMETRI DI MONITORAGGIO   |
|-----------------------|--|
| A1                    | Q . Misura correntometrica della portata<br>Parametri Idrologico . Idraulici   |
| A2                    | T . Temperatura acqua<br>T . Temperatura aria<br>PH . Concentrazione ioni idrogeno<br>COND . Conducibilità elettrica specifica<br>O.D . Ossigeno Disciolto<br>OD% - Ossigeno disciolto percentuale |
| A3                    | SST . Solidi Sospesi Totali<br>C.O.D.<br>Idrocarburi totali<br>Cromo totale<br>Nichel<br>Zinco<br>Cadmio<br>Cloruri<br>Piombo<br>Solfati<br>Calcio<br>Alluminio<br>IPA<br>Tensioattivi totali      |
| A4                    | Nitrati<br>Nitriti<br>Ammoniaca<br>BOD5<br>Escherichia Coli  |
| A6                    | M.H.P.- Multi-habitat Proporzionale  |
| A7                    | I.F.F. . Indice di Funzionalità Fluviale   |

Tabella 10 - Parametri di monitoraggio

SET A1 . A2

Tali parametri, la cui misura verrà rilevata su tutte le sezioni in occasione di ogni campagna, potranno fornire una caratterizzazione quantitativa e una indicazione generale sullo stato di qualità delle acque dei corsi d'acqua in relazione alle problematiche di interferenza con le opere autostradali in costruzione.

SET A3, A4

I parametri dei set A3, A4 daranno indicazione delle eventuali interferenze tra le lavorazioni in atto ed il chimismo e la carica batteriologica di  $\% \text{bianco}$  dei corsi d'acqua.

SET A6

In questo set di parametri rientra la determinazione del Multi-habitat proporzionale (M.H.P), basato su un approccio multihabitat, che prevede una raccolta dei macroinvertebrati in corsi d'acqua in linea con le richieste della legge europea 2000/60/EC. Tale rilievo, oltre a permettere una valutazione delle caratteristiche complessive dei bacini idrografici e dell'impatto dell'attività antropica, fornisce un giudizio sintetico sulla qualità, e relative evoluzioni, dell'ambiente fluviale interessato dalle lavorazioni autostradali.

SET A7

Il set A7 prevede la determinazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale (I.F.F. . APAT 2007); si tratta di una metodologia di rilevamento che permette di valutare la

funzionalità ecologica degli ecosistemi fluviali; oltre all'ambiente acquatico l'indice prende in considerazione l'ambiente terrestre che insiste sul corso d'acqua e che ne condiziona la stabilità e la funzionalità trofica, rivalutando in particolare la funzione della zona riparia come ecotono di separazione tra l'ecosistema propriamente acquatico e l'ecosistema terrestre. La determinazione dell'indice consiste in una scheda di 14 domande suddivise nei seguenti gruppi funzionali: condizioni vegetazionali delle rive e del territorio circostante, ampiezza relativa dell'alveo bagnato e struttura fisica e morfologica delle rive, individuazione delle tipologie che favoriscono la diversità ambientale e la capacità di autodepurazione di un corso d'acqua, caratteristiche biologiche attraverso analisi della comunità macrobentica e macrofita e della conformazione del detrito. Il valore di IFF finale permette di valutare lo stato complessivo dell'ambiente fluviale e la funzionalità del corso d'acqua (9 classi da ottimo a pessimo). Il periodo di rilevamento più idoneo per un'applicazione corretta è quello compreso tra il regime idrologico di morbida e quello di magra, e comunque in un periodo di attività vegetativa. Il tratto fluviale analizzato sarà sufficientemente esteso per individuare eventuali alterazioni e modifiche indotte dalle lavorazioni autostradali ed interesserà, per ogni corso d'acqua, sia il tratto a monte che a valle dell'interferenza autostradale.

Si riporta di seguito una tabella contenente il dettaglio dei set funzionali previsti per ogni corso d'acqua.

| Stazione       | Denominazione  | Set di Misure     |
|----------------|--|-------------------|
| NG-GE-SU-VE-01 | Rio Vesima monte   | A1+A2+A3          |
| NG-GE-SU-VE-02 | Rio Vesima valle   | A1+A2+A3          |
| NG-GE-SU-RF-03 | Rio Fontanelle monte   | A1#               |
| NG-GE-SU-RF-04 | Rio Fontanelle valle   | A1#               |
| NG-GE-SU-CE-05 | Torrente Cerusa monte  | A1+A2+A3+A6+A7    |
| NG-GE-SU-CE-06 | Torrente Cerusa intermedia   | A1+A2+A3+A6+A7    |
| NG-GE-SU-CE-07 | Torrente Cerusa valle coincidente con CECE04 di ARPAL                | A1+A2+A3+A6+A7    |
| NG-GE-SU-LE-08 | Torrente Leira monte   | A1+A2+A3+ A6+A7   |
| NG-GE-SU-LE-09 | Torrente Leira intermedia  | A1+A2+A3+ A6+A7   |
| NG-GE-SU-LE-10 | Torrente Leira valle coincidente con LELE01 di ARPAL0                | A1+A2+A3          |
| NG-GE-SU-RC-11 | Rio Cipressi   | A1#               |
| NG-GE-SU-RS-12 | Rio Secondario: affluente sinistra T. Leira                          | A1#               |
| NG-GE-SU-RS-13 | Rio Secondario: affluente 1 destra T. Branega                        | A1#               |
| NG-GE-SU-BR-14 | Torrente Branega monte   | A1#               |
| NG-GE-SU-BR-15 | Torrente Branega valle   | A1#               |
| NG-GE-SU-RL-16 | Rio Lagaccio   | A1#               |
| NG-GE-SU-RA-17 | Rio Atassi   | A1#               |
| NG-GE-SU-RR-18 | Rio Rivassa  | A1#               |
| NG-GE-SU-RS-19 | Rio Secondario: affluente 2 destra T. Branega                        | A1#               |
| NG-GE-SU-GA-20 | Torrente Gambara monte   | A1#               |
| NG-GE-SU-GA-21 | Torrente Gambara valle   | A1#               |
| NG-GE-SU-VA-22 | Torrente Varenna monte   | A1+A2+A3+A6+A7    |
| NG-GE-SU-VA-23 | Torrente Varenna valle coincidente con VAVA02 di ARPAL               | A1+A2+A3+A6+A7    |
| NG-GE-SU-BI-24 | Torrente Bianchetta monte  | A1#               |
| NG-GE-SU-BI-25 | Torrente Bianchetta valle  | A1#               |
| NG-GE-SU-CA-26 | Torrente Cassinelle  | A1#               |
| NG-GE-SU-CL-27 | Torrente Ciliegia monte  | A1#               |
| NG-GE-SU-CL-28 | Torrente Ciliegia valle  | A1#               |
| NG-GE-SU-RS-29 | Rio Secondario: affluente sinistra T. Ciliegia                       | A1#               |
| NG-GE-SU-BU-30 | Torrente Burla monte   | A1+ A2+A3         |
| NG-GE-SU-BU-31 | Torrente Burla valle   | A1+ A2+A3         |
| NG-GE-SU-PO-32 | Torrente Polcevera monte intervento coincidente con POPO02M di ARPAL | A1+A2+A3+A6+A7    |
| NG-GE-SU-PO-33 | Torrente Polcevera valle intervento coincidente con POPO03M di ARPAL | A1+A2+A3+A6+A7    |
| NG-GE-SU-PO-34 | Torrente Polcevera monte Campo Base                                  | A1+A2+A3+A4+A6+A7 |
| NG-GE-SU-PO-35 | Torrente Polcevera valle Campo Base                                  | A1+A2+A3+A4+A6+A7 |
| NG-GE-SU-SE-37 | Torrente Secca monte   | A1+ A2+ A3        |
| NG-GE-SU-SE-38 | Torrente Secca valle a valle di POSE02 di ARPAL                      | A1+ A2+ A3        |
| NG-GE-SU-TO-39 | Torrente Torbella monte  | A1+A2+ A3         |
| NG-GE-SU-TO-40 | Torrente Torbella valle  | A1+ A2+ A3        |
| NG-GE-SU-BI-41 | Rio Briscata monte   | A1+ A2+ A3        |
| NG-GE-SU-BI-42 | Rio Briscata valle   | A1+ A2+ A3        |

Tabella 11 È Indagini suddivise per set di parametri funzionali (in grassetto: punto di misura con strumentazione in continuo)

\*il set A7 è riferito al corso d'acqua e non alla singola sezione

Nella fase di monitoraggio ante operam verrà effettuato un numero di campagne di misura tali da fornire una caratterizzazione significativa dello stato quali-quantitativo dei corsi d'acqua potenzialmente interessati dalle lavorazioni, con le relative fluttuazioni stagionali. Nella fase di corso d'opera, le campagne di misura verranno eseguite, in modo da poter evidenziare eventuali modifiche ed alterazioni.

| Set di misura | Ante Operam | Corso d'opera  | Post Operam |
|---------------|-------------|--|-------------|
| A1, A2        | Trimestrale | Trimestrale  | Trimestrale |
| A1#           | Trimestrale | Da Trimestrale a Quindicinale a seconda delle progressive di scavo | Trimestrale |
| A3, A4        | Trimestrale | Trimestrale  | Trimestrale |
| A6            | Trimestrale | Trimestrale  | Trimestrale |
| A7            | Annuale     | Annuale  | Annuale     |

Tabella 12 È Frequenza di misura per i vari set di parametri funzionali

In funzione degli avanzamenti delle lavorazioni e delle fasi di scavo delle gallerie le cadenze di indagine potranno essere variate per adattarsi alle particolari condizioni locali.

In particolare, al fine di tenere maggiormente sotto controllo l'evoluzione dell'idrometria dell'area di intervento, è stato previsto un incremento delle campagne periodiche, in funzione dell'avanzamento del fronte di scavo. Il criterio adottato stabilisce l'intensificazione, con l'avanzare del fronte, della frequenza di misura del set A1# presente nel PMA, passando da una cadenza trimestrale ad una cadenza mensile e quindicinale; il potenziamento si è configurato come una finestra mobile, che interessa progressivamente le diverse captazioni: per le captazioni ubicate ad una distanza dal fronte inferiore a 300 m, prima e dopo il passaggio del fronte stesso, è prevista una frequenza mensile, mentre per le captazioni ubicate ad una distanza dal fronte inferiore a 150 m, prima e dopo il passaggio del fronte stesso, la frequenza diventa quindicinale.

#### 4.2.2. Acque Sotterranee

La nuova infrastruttura è quasi completamente in sotterraneo (per oltre il 95% del suo sviluppo) e le caratteristiche sia tecnologiche che di tracciato sono nettamente distinte tra le opere poste a dx o a sx del torrente Polcevera.

Il Polcevera infatti - oltre a costituire la maggiore incisione del tracciato, caratterizzata quindi dalla realizzazione del viadotto Genova che risulta l'opera d'arte all'aperto di maggiore impatto sul territorio - rappresenta:

- “ lo spartiacque geologico tra i terreni potenzialmente amiantiferi della sua sponda dx e quelli non amiantiferi del lato sx, con forti implicazioni sulla scelta tecnologiche degli scavi in sotterraneo;
- “ l'elemento separatore tra il tracciato tortuoso ed articolato dei rami sul lato sx - che si occupano di assicurare l'interconnessione tra i vari tratti autostradali esistenti e la nuova infrastruttura - e quello più lineare della sponda dx, da dove parte la Gronda+ che si occupa essenzialmente di trasferire il traffico fino a Vesima, raddoppiando l'10 esistente.

Questa netta divisione del tracciato ha influenzato vari elementi della cantierizzazione - ad es. l'uso di sistemi di scavo meccanizzato in dx Polcevera e di avanzamento



tradizionale (con esplosivo o martelloni) in sponda sx - concentrando lungo il Polcevera varie infrastrutture di servizio alla costruzione.

Sulla base degli studi idrogeologici disponibili, è stato delineato un sistema di monitoraggio mirato essenzialmente al controllo degli effetti legati alla realizzazione delle opere in progetto.

Il rischio di interferenza sulla risorsa idrica indotto dalla realizzazione di un'opera in galleria può normalmente essere espresso, a partire dagli studi idrogeologici e dalle applicazioni di modelli, in termini per lo più probabilistici. Solo in presenza di indicazioni univoche sono possibili formulazioni deterministiche del giudizio di rischio, ovvero tali da consentire di escludere l'impatto o viceversa il non impatto dell'opera su una specifica sorgente o pozzo di captazione.

Il carattere probabilistico delle valutazioni si riflette sulla tipologia di giudizio di norma adottato nelle cartografie del rischio redatte in fase di progettazione, dove l'interferenza viene di norma espressa in scala crescente nel campo da %molto bassa+ a %moderata+, %elevata+, %molto elevata+, ecc..

In tal senso, sono stati recentemente messi a punto indici quantitativi per la valutazione del rischio di depauperamento delle risorse idriche (cfr. par. 7.2.2 elaborato IDR0301). Tali indici si basano sull'analisi quantitativa e parametrica delle diverse variabili predisponenti l'impatto con le opere in galleria (es. distanza dall'opera, altezze di copertura, intercettazione con di sistemi di faglie idroconduttrici, ecc.) e sulla combinazione secondo un sistema di %pesi+ a definire un %punteggio+ per ogni captazione, indicativo del rischio di depauperamento.

Tali metodologie hanno il grande pregio di consentire una valutazione secondo criteri oggettivi, portando peraltro unicamente, attraverso il sistema dei %punteggi+ ad una %graduatoria+ che esprime ancora in termini relativi la probabilità che tale interferenza abbia luogo.

L'applicazione di modelli numerici, consente di integrare le valutazioni secondo un approccio anch'esso obbligatoriamente probabilistico, per la grande incertezza della parametrizzazione profonda in acquiferi fratturati eterogenei, che rende necessaria l'effettuazione quanto meno di simulazioni parametriche, ovvero basate su soluzioni rispondenti al campo di variabilità possibile dei parametri di input.

Tale approccio necessariamente %probabilistico+ contrasta di norma con la necessità di offrire risposte %certe+, ovvero %deterministiche+, a supporto dell'effettiva valutazione delle risorse a rischio, con particolare riferimento alle fonti acquedottistiche primarie, e delle relative proposte operative di reintegro delle risorse stesse.

Conseguentemente, la valutazione del rischio di depauperamento non può essere effettuata esclusivamente sulla base di un rischio inteso come %probabilità+ di interferenza, ma anche in cautelativo riferimento all'uso attuato, in progetto o potenziale della singola risorsa. Quanto sopra per evitare di porre l'attenzione (in termini di monitoraggio e piano delle risorse alternative) su fonti a maggior rischio, ma francamente di scarso interesse per l'uso attuato o attuabile della risorsa, non tenendo in considerazione risorse con probabilità di impatto anche largamente inferiori ma di valenza strategica.

In conseguenza, come da pratica comune in questo tipo di studi, l'attribuzione di un %rischio di depauperamento+ è stata effettuata per ogni punto d'acqua a partire dalla sovrapposizione degli elementi interpretativi di tipo tecnico-idrogeologico a quelli %oggettivi+ riferiti alla rilevanza strategica della risorsa (uso attuato, potenziale, presenza o assenza di risorse sostitutive in loco, rilevanza complessiva nel sistema di approvvigionamento locale).

Ne deriva una procedura operativa distinta nelle seguenti fasi:

a - definizione per tutte le sorgenti di un indice di vulnerabilità  $\%a$  punteggiato, sulla base di metodi probabilistici di analisi delle variabili predisponenti l'impatto con le opere in sottoterraneo;

b - affinamento della valutazione per singoli punti rilevanti, sulla base anche, dove significative, delle simulazioni con modelli di flusso;

c - valutazione di un  $\%a$  indice di uso in funzione della rilevanza del punto d'acqua nel sistema acquedottistico locale;

d - definizione di un  $\%a$  indice di rischio definitivo sulla base dell'indice di vulnerabilità  $\%a$  punteggiato e dell'indice di uso.

Tale procedura è coerente con le usuali metodologie internazionali di valutazione in campo ambientale, dove il rischio R si considera dipendente dalla pericolosità H ( $\%a$  hazard) ovvero probabilità che un fenomeno abbia luogo e dal valore esposto V, secondo una relazione del tipo:

$$R = H \times V$$

Tale procedura consente, nella fase di definizione delle risorse alternative, di calibrare le azioni sulla base dello specifico  $\%a$  valore esposto, ovvero della rilevanza nel sistema di approvvigionamento locale pubblico e privato.

I risultati del calcolo relativo all'indice di sterilità, ovvero della probabilità di interferenza con le opere in progetto, sono rappresentati in maggior dettaglio nell'elaborato cartografico di progetto IDR0305.

L'indice DHI può variare nel campo  $0,045 \div 1$ .

Nel PMA sono state inserite le captazioni con indice  $DHI \geq 0,22$  (rif. tab 13); qualora alcune delle captazioni censite risultino inaccessibili in fase di monitoraggio ante operam, il monitoraggio verrà spostato sulle captazioni limitrofe a rischio di interferenza con indice DHI tra  $0,12$  e  $0,22$  (rif. tab.14)

Durante le operazioni di scavo delle gallerie, nel caso in cui il monitoraggio evidenziasse un'evoluzione anomala della falda, rispetto alle previsioni di impatto, sarà quindi possibile estendere la rete dei punti di misura sulla base del censimento effettuato in fase di progettazione. Per maggior leggibilità degli elaborati del monitoraggio, per l'individuazione dei punti censiti, ma non appartenenti alla rete del PMA, si rimanda agli specifici elaborati di progetto (relazione idrogeologica rif. Elaborato IDR0301).

Infine sono previste indagini di tipo quali-quantitativo in corrispondenza delle eventuali acque intercettate dalle gallerie in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie principali.

La misura di portata delle venute d'acqua in galleria verrà effettuata in corrispondenza degli imbocchi e fornirà un dato cumulativo del totale di acqua drenata. Infatti, per le difficoltà legate alle fasi di scavo e alle problematiche di accesso in sicurezza al cantiere, il Piano di Monitoraggio non prevede l'esecuzione di misure di portata d'acqua al fronte; eventuali venute concentrate al fronte saranno quindi registrate in termini di variazione di portata agli imbocchi. Per garantire comunque un controllo continuo e dettagliato delle venute idriche in galleria, la misurazione delle portate avverrà tramite strumentazione in continuo in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie dove sono previste le venute idriche maggiori. Qualora si dovessero manifestare, in fase di corso d'opera, portate significative non previste in gallerie non predisposte per le misure in continuo, verrà valutata la possibilità di allestire apposite stazioni di misura.

Per le gallerie realizzate con scavo meccanizzato, l'uso della fresa prevede la posa del rivestimento definitivo e l'impermeabilizzazione del cavo contestualmente all'avanzamento. Le gallerie risulteranno completamente impermeabile. In alcuni tratti, per particolari condizioni idrogeologiche (presenza di lineamenti strutturali, elevato grado di fratturazione, carichi idrostatici molto elevati, ecc.) potrebbe essere necessario drenare la falda per ridurre i carichi idraulici elevati e tali da non essere compatibili, a lungo termine, con il rivestimento (rif. elaborato IDR0400). In questi casi, ove possibile, verrà effettuato un monitoraggio delle acque drenate (rif. paragrafo 3.3.5) e raccolte in apposite nicchie come da progetto.

Verrà inoltre valutata la possibilità in fase AO di selezionare alcuni tra i piezometri/pozzetti di monitoraggio realizzati nelle diverse fasi progettuali con finalità di conoscere il carico idraulico sul rivestimento di galleria e verranno inclusi nella rete di monitoraggio. Su questi punti, con frequenza bimestrale, verrà effettuata la misura del livello piezometrico.

La planimetria in scala 1:5000 allegata riporta la ubicazione dei punti di monitoraggio, ciascuno individuato da un codice, assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Codice completo: **NG-GE SO-S122**

**NG** = Nodo stradale ed autostradale di Genova.

**GE** = codice del comune di

**SO** = componente ambientale (SO: Acque sotterranee)

**P** = Tipologia punto di misura

S = Sorgente;

P = Pozzo;

G- = Imbocco Galleria

**122** = numero progressivo del punto di monitoraggio

La tabella seguente riporta l'elenco delle stazioni di misura, con relativa codifica e comune.

| Stazione      | Denominazione | Comune |
|---------------|---------------|--------|
| NG-GE SO-S163 | Sorgente S163 | Genova |
| NG-GE SO-S164 | Sorgente S164 | Genova |
| NG-GE SO-S165 | Sorgente S165 | Genova |
| NG-GE SO-S209 | Sorgente S209 | Genova |
| NG-GE SO-S253 | Sorgente S253 | Genova |
| NG-GE SO-S364 | Sorgente S364 | Genova |
| NG-GE SO-S194 | Sorgente S194 | Genova |
| NG-GE SO-S195 | Sorgente S195 | Genova |
| NG-GE SO-S196 | Sorgente S196 | Genova |
| NG-GE SO-S197 | Sorgente S197 | Genova |
| NG-GE SO-S247 | Sorgente S247 | Genova |
| NG-GE SO-S302 | Sorgente S302 | Genova |
| NG-GE SO-S218 | Sorgente S218 | Genova |
| NG-GE SO-S399 | Sorgente S399 | Genova |
| NG-GE SO-S071 | Sorgente S071 | Genova |
| NG-GE SO-S072 | Sorgente S072 | Genova |
| NG-GE SO-S073 | Sorgente S073 | Genova |
| NG-GE SO-S011 | Sorgente S011 | Genova |
| NG-GE SO-S047 | Sorgente S047 | Genova |
| NG-GE SO-S048 | Sorgente S048 | Genova |
| NG-GE SO-S015 | Sorgente S015 | Genova |
| NG-GE SO-S020 | Sorgente S020 | Genova |
| NG-GE SO-S016 | Sorgente S016 | Genova |
| NG-GE SO-S017 | Sorgente S017 | Genova |
| NG-GE SO-S018 | Sorgente S018 | Genova |
| NG-GE SO-S019 | Sorgente S019 | Genova |
| NG-GE SO-S021 | Sorgente S021 | Genova |
| NG-GE SO-S022 | Sorgente S022 | Genova |
| NG-GE SO-S023 | Sorgente S023 | Genova |
| NG-GE SO-S032 | Sorgente S032 | Genova |
| NG-GE SO-S024 | Sorgente S024 | Genova |
| NG-GE SO-S025 | Sorgente S025 | Genova |
| NG-GE SO-S026 | Sorgente S026 | Genova |
| NG-GE SO-S027 | Sorgente S027 | Genova |
| NG-GE SO-S028 | Sorgente S028 | Genova |
| NG-GE SO-S033 | Sorgente S033 | Genova |
| NG-GE SO-S034 | Sorgente S034 | Genova |
| NG-GE SO-S035 | Sorgente S035 | Genova |
| NG-GE SO-S036 | Sorgente S036 | Genova |
| NG-GE SO-S038 | Sorgente S038 | Genova |
| NG-GE SO-S039 | Sorgente S039 | Genova |
| NG-GE SO-S393 | Sorgente S393 | Genova |
| NG-GE SO-S188 | Sorgente S188 | Genova |
| NG-GE SO-S189 | Sorgente S189 | Genova |
| NG-GE SO-S190 | Sorgente S190 | Genova |
| NG-GE SO-S191 | Sorgente S191 | Genova |
| NG-GE SO-S192 | Sorgente S192 | Genova |
| NG-GE SO-S226 | Sorgente S226 | Genova |

| Stazione      | Denominazione | Comune |
|---------------|---------------|--------|
| NG-GE SO-S107 | Sorgente S107 | Genova |
| NG-GE SO-S108 | Sorgente S108 | Genova |
| NG-GE SO-S102 | Sorgente S102 | Genova |
| NG-GE SO-S103 | Sorgente S103 | Genova |
| NG-GE SO-S104 | Sorgente S104 | Genova |
| NG-GE SO-S105 | Sorgente S105 | Genova |
| NG-GE SO-S110 | Sorgente S110 | Genova |
| NG-GE SO-S109 | Sorgente S109 | Genova |
| NG-GE SO-S382 | Sorgente S382 | Genova |
| NG-GE SO-S385 | Sorgente S385 | Genova |
| NG-GE SO-S386 | Sorgente S386 | Genova |
| NG-GE SO-S078 | Sorgente S078 | Genova |
| NG-GE SO-S079 | Sorgente S079 | Genova |
| NG-GE SO-S080 | Sorgente S080 | Genova |
| NG-GE SO-S081 | Sorgente S081 | Genova |
| NG-GE SO-S082 | Sorgente S082 | Genova |
| NG-GE SO-S083 | Sorgente S083 | Genova |
| NG-GE SO-S084 | Sorgente S084 | Genova |
| NG-GE SO-S085 | Sorgente S085 | Genova |
| NG-GE SO-S086 | Sorgente S086 | Genova |
| NG-GE SO-S087 | Sorgente S087 | Genova |
| NG-GE SO-S088 | Sorgente S088 | Genova |
| NG-GE SO-S089 | Sorgente S089 | Genova |
| NG-GE SO-S090 | Sorgente S090 | Genova |
| NG-GE SO-S091 | Sorgente S091 | Genova |
| NG-GE SO-S092 | Sorgente S092 | Genova |
| NG-GE SO-S093 | Sorgente S093 | Genova |
| NG-GE SO-S094 | Sorgente S094 | Genova |
| NG-GE SO-S111 | Sorgente S111 | Genova |
| NG-GE SO-S112 | Sorgente S112 | Genova |
| NG-GE SO-S113 | Sorgente S113 | Genova |
| NG-GE SO-S284 | Sorgente S284 | Genova |
| NG-GE SO-S285 | Sorgente S285 | Genova |
| NG-GE SO-S287 | Sorgente S287 | Genova |
| NG-GE SO-S238 | Sorgente S238 | Genova |
| NG-GE SO-S239 | Sorgente S239 | Genova |
| NG-GE SO-S394 | Sorgente S394 | Genova |
| NG-GE SO-S250 | Sorgente S250 | Genova |
| NG-GE SO-S240 | Sorgente S240 | Genova |
| NG-GE SO-S369 | Sorgente S369 | Genova |
| NG-GE SO-S122 | Sorgente S122 | Genova |
| NG-GE SO-S125 | Sorgente S125 | Genova |
| NG-GE SO-S275 | Sorgente S275 | Genova |
| NG-GE SO-S278 | Sorgente S278 | Genova |
| NG-GE SO-S276 | Sorgente S276 | Genova |
| NG-GE SO-S361 | Sorgente S361 | Genova |
| NG-GE SO-S362 | Sorgente S362 | Genova |
| NG-GE SO-S363 | Sorgente S363 | Genova |

| Stazione      | Denominazione | Comune |
|---------------|---------------|--------|
| NG-GE SO-S277 | Sorgente S277 | Genova |
| NG-GE SO-S260 | Sorgente S260 | Genova |
| NG-GE SO-S261 | Sorgente S261 | Genova |
| NG-GE SO-S262 | Sorgente S262 | Genova |
| NG-GE SO-S263 | Sorgente S263 | Genova |
| NG-GE SO-S315 | Sorgente S315 | Genova |
| NG-GE SO-S319 | Sorgente S319 | Genova |
| NG-GE SO-S383 | Sorgente S383 | Genova |
| NG-GE SO-S321 | Sorgente S321 | Genova |
| NG-GE SO-S320 | Sorgente S320 | Genova |
| NG-GE SO-S381 | Sorgente S381 | Genova |
| NG-GE SO-S312 | Sorgente S312 | Genova |
| NG-GE SO-S313 | Sorgente S313 | Genova |
| NG-GE SO-S314 | Sorgente S314 | Genova |
| NG-GE SO-S357 | Sorgente S357 | Genova |
| NG-GE SO-S358 | Sorgente S358 | Genova |
| NG-GE SO-S359 | Sorgente S359 | Genova |
| NG-GE SO-S360 | Sorgente S360 | Genova |
| NG-GE SO-S349 | Sorgente S349 | Genova |
| NG-GE SO-S372 | Sorgente S372 | Genova |
| NG-GE SO-S356 | Sorgente S356 | Genova |
| NG-GE SO-S352 | Sorgente S352 | Genova |
| NG-GE SO-S353 | Sorgente S353 | Genova |
| NG-GE SO-S311 | Sorgente S311 | Genova |
| NG-GE SO-S364 | Sorgente S364 | Genova |
| NG-GE SO-S365 | Sorgente S365 | Genova |
| NG-GE SO-S366 | Sorgente S366 | Genova |
| NG-GE SO-S367 | Sorgente S367 | Genova |
| NG-GE SO-S279 | Sorgente S279 | Genova |
| NG-GE SO-S351 | Sorgente S351 | Genova |
| NG-GE SO-S354 | Sorgente S354 | Genova |
| NG-GE SO-S355 | Sorgente S355 | Genova |
| NG-GE SO-S322 | Sorgente S322 | Genova |
| NG-GE SO-S344 | Sorgente S344 | Genova |
| NG-GE SO-S345 | Sorgente S345 | Genova |
| NG-GE SO-S346 | Sorgente S346 | Genova |
| NG-GE SO-S347 | Sorgente S347 | Genova |
| NG-GE SO-S348 | Sorgente S348 | Genova |
| NG-GE SO-S325 | Sorgente S325 | Genova |
| NG-GE SO-S318 | Sorgente S318 | Genova |
| NG-GE SO-S291 | Sorgente S291 | Genova |
| NG-GE SO-S288 | Sorgente S288 | Genova |
| NG-GE SO-S289 | Sorgente S289 | Genova |
| NG-GE SO-S290 | Sorgente S290 | Genova |
| NG-GE SO-S339 | Sorgente S339 | Genova |
| NG-GE SO-S341 | Sorgente S341 | Genova |
| NG-GE SO-S300 | Sorgente S300 | Genova |
| NG-GE SO-S272 | Sorgente S272 | Genova |

| Stazione        | Denominazione                           | Comune |
|-----------------|---|--------|
| NG-GE SO-S274   | Sorgente S274                           | Genova |
| NG-GE SO-S306   | Sorgente S306                           | Genova |
| NG-GE SO-S309   | Sorgente S309                           | Genova |
| NG-GE SO-S301   | Sorgente S301                           | Genova |
| NG-GE SO-S302   | Sorgente S302                           | Genova |
| NG-GE SO-S303   | Sorgente S303                           | Genova |
| NG-GE SO-S290   | Sorgente S290                           | Genova |
| NG-GE SO-S291   | Sorgente S291                           | Genova |
| NG-GE SO-S293   | Sorgente S293                           | Genova |
| NG-GE SO-P001   | Pozzo P001                              | Genova |
| NG-GE SO-P002   | Pozzo P002                              | Genova |
| NG-GE SO-P015   | Pozzo P015                              | Genova |
| NG-GE SO-P016   | Pozzo P016                              | Genova |
| NG-GE SO-P017   | Pozzo P017                              | Genova |
| NG-GE SO-P005   | Pozzo P005                              | Genova |
| NG-GE SO-GS-902 | Galleria Monte Sperone - imbocco est    | Genova |
| NG-GE SO-GS-904 | Galleria Monte Sperone - imbocco ovest  | Genova |
| NG-GE SO-GG-902 | Galleria Granarolo - imbocco est        | Genova |
| NG-GE SO-GG-904 | Galleria Granarolo - imbocco ovest      | Genova |
| NG-GE SO-GD-902 | Galleria Forte Diamante - imbocco est   | Genova |
| NG-GE SO-GD-904 | Galleria Forte Diamante - imbocco ovest | Genova |
| NG-GE SO-GD-902 | Galleria Bric du Vento - imbocco est    | Genova |
| NG-GE SO-GD-904 | Galleria Bric du Vento - imbocco ovest  | Genova |
| NG-GE SO-GA-00A | Nicchie galleria Amendola               | Genova |
| NG-GE SO-GM-00A | Nicchie galleria Monterosso A           | Genova |
| NG-GE SO-GM-00B | Nicchie galleria Monterosso B           | Genova |

Tabella 13 È Elenco stazioni di monitoraggio (sorgenti indice DHI&gt;=0,22=

| Stazione      | Denominazione | Comune |
|---------------|---------------|--------|
| NG-GE SO-S258 | Sorgente S258 | Genova |
| NG-GE SO-S252 | Sorgente S252 | Genova |
| NG-GE SO-S203 | Sorgente S203 | Genova |
| NG-GE SO-S204 | Sorgente S204 | Genova |
| NG-GE SO-S205 | Sorgente S205 | Genova |
| NG-GE SO-S200 | Sorgente S200 | Genova |
| NG-GE SO-S242 | Sorgente S242 | Genova |
| NG-GE SO-S243 | Sorgente S243 | Genova |
| NG-GE SO-S186 | Sorgente S186 | Genova |
| NG-GE SO-S210 | Sorgente S210 | Genova |
| NG-GE SO-S211 | Sorgente S211 | Genova |
| NG-GE SO-S212 | Sorgente S212 | Genova |
| NG-GE SO-S213 | Sorgente S213 | Genova |
| NG-GE SO-S305 | Sorgente S305 | Genova |
| NG-GE SO-S306 | Sorgente S306 | Genova |
| NG-GE SO-S301 | Sorgente S301 | Genova |
| NG-GE SO-S051 | Sorgente S051 | Genova |
| NG-GE SO-S229 | Sorgente S229 | Genova |
| NG-GE SO-S230 | Sorgente S230 | Genova |
| NG-GE SO-S232 | Sorgente S232 | Genova |
| NG-GE SO-S370 | Sorgente S370 | Genova |
| NG-GE SO-S159 | Sorgente S159 | Genova |
| NG-GE SO-S139 | Sorgente S139 | Genova |
| NG-GE SO-S141 | Sorgente S141 | Genova |
| NG-GE SO-S268 | Sorgente S268 | Genova |
| NG-GE SO-S380 | Sorgente S380 | Genova |
| NG-GE SO-S271 | Sorgente S271 | Genova |
| NG-GE SO-S308 | Sorgente S308 | Genova |
| NG-GE SO-S292 | Sorgente S292 | Genova |
| NG-GE SO-S294 | Sorgente S294 | Genova |
| NG-GE SO-S296 | Sorgente S296 | Genova |
| NG-GE SO-S297 | Sorgente S297 | Genova |
| NG-GE SO-S298 | Sorgente S298 | Genova |

**Tabella 14** È Elenco stazioni a rischio indice DHI tra 0,12 e 0,22 da utilizzare in caso di inaccessibilità delle captazioni riportate in tabella precedente

I parametri di misura comprendono un set standard (B1+B2) da rilevare su tutti i punti in occasione di ogni campagna e due set di parametri specifici addizionali (B3, B4) finalizzato alla valutazione delle eventuali problematiche di interferenza qualitativa tra acquifero ed opere in sotterraneo; è inoltre previsto uno specifico set di parametri (B5) da effettuare in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie finalizzato al monitoraggio qualitativo delle acque intercettate dalle gallerie; in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie principali verrà inoltre effettuata la misura della portata cumulata delle venute idriche intercettate durante le operazioni di scavo.



| CODICE SET FUNZIONALE | CODICE E DEFINIZIONE PARAMETRI DI MONITORAGGIO   |
|-----------------------|--|
| B1                    | LP . livello piezometrico o QV . portata volumetrica   |
| B2                    | T . Temperatura acqua<br>PH . Concentrazione ioni idrogeno<br>COND . Conducibilità elettrica specifica<br>OD-OD% -<br>Potenziale Redox                                       |
| B3                    | Bicarbonato<br>Calcio<br>Sodio<br>Magnesio<br>Potassio<br>Solfati<br>Cloruri<br>Nitrati<br>Silice  |
| B4                    | Escherichia coli   |
| B5                    | Metalli (Alluminio, Cromo, Cromo VI Ferro, Manganese, Rame)<br>Nitrati<br>Bicarbonato<br>Calcio<br>Sodio<br>Magnesio<br>Potassio<br>Solfati<br>Cloruri<br>Idrocarburi totali |

Tabella 15 - Parametri di monitoraggio

SET B1 . B2

Tali parametri, la cui misura verrà rilevata su tutti i punti di misura in occasione di ogni campagna, potranno fornire una caratterizzazione quantitativa e una indicazione generale sullo stato di qualità delle acque di falda in relazione alle problematiche di interferenza con le opere autostradali in costruzione.

SET B3, B4

I set B3 e B4 sono finalizzati ad una caratterizzazione geochemica delle acque di falda e ed alla valutazione delle eventuali problematiche di interferenza qualitativa tra acquifero ed opere in sottterraneo (contatto con i materiali di rivestimento, dilavamento conglomerato cementizio); fornirà inoltre una caratterizzazione di massima della circolazione idrica sotterranea. Il set prevede anche la determinazione di parametri collegati ad inquinamenti di origine antropica ed è finalizzato ad individuare eventuali variazioni qualitative delle acque di falda anche in funzione della rilevanza delle captazioni stesse.

SET B5

Il set B5 prevede un set di parametri specifici per la caratterizzazione qualitativa delle acque intercettate dalle gallerie.

| Stazione      | Denominazione | Set di misure |
|---------------|---------------|---------------|
| NG-GE SO-S163 | Sorgente S163 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S164 | Sorgente S164 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S165 | Sorgente S165 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S209 | Sorgente S209 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S253 | Sorgente S253 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S364 | Sorgente S364 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S194 | Sorgente S194 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S195 | Sorgente S195 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S196 | Sorgente S196 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S197 | Sorgente S197 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S247 | Sorgente S247 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S302 | Sorgente S302 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S218 | Sorgente S218 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S399 | Sorgente S399 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S071 | Sorgente S071 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S072 | Sorgente S072 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S073 | Sorgente S073 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S011 | Sorgente S011 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S047 | Sorgente S047 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S048 | Sorgente S048 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S015 | Sorgente S015 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S020 | Sorgente S020 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S016 | Sorgente S016 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S017 | Sorgente S017 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S018 | Sorgente S018 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S019 | Sorgente S019 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S021 | Sorgente S021 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S022 | Sorgente S022 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S023 | Sorgente S023 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S032 | Sorgente S032 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S024 | Sorgente S024 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S025 | Sorgente S025 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S026 | Sorgente S026 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S027 | Sorgente S027 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S028 | Sorgente S028 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S033 | Sorgente S033 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S034 | Sorgente S034 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S035 | Sorgente S035 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S036 | Sorgente S036 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S038 | Sorgente S038 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S039 | Sorgente S039 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S393 | Sorgente S393 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S188 | Sorgente S188 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S189 | Sorgente S189 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S190 | Sorgente S190 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S191 | Sorgente S191 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S192 | Sorgente S192 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S226 | Sorgente S226 | B1 (QV)+B2    |

| Stazione      | Denominazione | Set di misure |
|---------------|---------------|---------------|
| NG-GE SO-S107 | Sorgente S107 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S108 | Sorgente S108 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S102 | Sorgente S102 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S103 | Sorgente S103 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S104 | Sorgente S104 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S105 | Sorgente S105 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S110 | Sorgente S110 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S109 | Sorgente S109 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S382 | Sorgente S382 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S385 | Sorgente S385 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S386 | Sorgente S386 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S078 | Sorgente S078 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S079 | Sorgente S079 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S080 | Sorgente S080 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S081 | Sorgente S081 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S082 | Sorgente S082 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S083 | Sorgente S083 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S084 | Sorgente S084 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S085 | Sorgente S085 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S086 | Sorgente S086 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S087 | Sorgente S087 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S088 | Sorgente S088 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S089 | Sorgente S089 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S090 | Sorgente S090 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S091 | Sorgente S091 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S092 | Sorgente S092 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S093 | Sorgente S093 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S094 | Sorgente S094 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S111 | Sorgente S111 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S112 | Sorgente S112 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S113 | Sorgente S113 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S284 | Sorgente S284 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S285 | Sorgente S285 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S287 | Sorgente S287 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S238 | Sorgente S238 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S239 | Sorgente S239 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S394 | Sorgente S394 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S250 | Sorgente S250 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S240 | Sorgente S240 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S369 | Sorgente S369 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S122 | Sorgente S122 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S125 | Sorgente S125 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S275 | Sorgente S275 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S278 | Sorgente S278 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S276 | Sorgente S276 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S361 | Sorgente S361 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S362 | Sorgente S362 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S363 | Sorgente S363 | B1 (QV)+B2    |

| Stazione      | Denominazione | Set di misure |
|---------------|---------------|---------------|
| NG-GE SO-S277 | Sorgente S277 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S260 | Sorgente S260 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S261 | Sorgente S261 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S262 | Sorgente S262 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S263 | Sorgente S263 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S315 | Sorgente S315 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S319 | Sorgente S319 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S383 | Sorgente S383 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S321 | Sorgente S321 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S320 | Sorgente S320 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S381 | Sorgente S381 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S312 | Sorgente S312 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S313 | Sorgente S313 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S314 | Sorgente S314 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S357 | Sorgente S357 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S358 | Sorgente S358 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S359 | Sorgente S359 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S360 | Sorgente S360 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S349 | Sorgente S349 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S372 | Sorgente S372 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S356 | Sorgente S356 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S352 | Sorgente S352 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S353 | Sorgente S353 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S311 | Sorgente S311 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S364 | Sorgente S364 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S365 | Sorgente S365 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S366 | Sorgente S366 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S367 | Sorgente S367 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S279 | Sorgente S279 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S351 | Sorgente S351 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S354 | Sorgente S354 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S355 | Sorgente S355 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S322 | Sorgente S322 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S344 | Sorgente S344 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S345 | Sorgente S345 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S346 | Sorgente S346 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S347 | Sorgente S347 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S348 | Sorgente S348 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S325 | Sorgente S325 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S318 | Sorgente S318 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S291 | Sorgente S291 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S288 | Sorgente S288 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S289 | Sorgente S289 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S290 | Sorgente S290 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S339 | Sorgente S339 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S341 | Sorgente S341 | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S300 | Sorgente S300 | B1 (QV)+B2+B3 |
| NG-GE SO-S272 | Sorgente S272 | B1 (QV)+B2    |

| Stazione        | Denominazione                                    | Set di misure |
|-----------------|--|---------------|
| NG-GE SO-S274   | Sorgente S274                                    | B1 (QV)+B2+B4 |
| NG-GE SO-S306   | Sorgente S306                                    | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S309   | Sorgente S309                                    | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S301   | Sorgente S301                                    | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S302   | Sorgente S302                                    | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S303   | Sorgente S303                                    | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S290   | Sorgente S290                                    | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S291   | Sorgente S291                                    | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-S293   | Sorgente S293                                    | B1 (QV)+B2    |
| NG-GE SO-P001   | Pozzo P001                                       | B1 (LP)+B2+B3 |
| NG-GE SO-P002   | Pozzo P002                                       | B1 (LP)+B2+B3 |
| NG-GE SO-P015   | Pozzo P015                                       | B1 (LP)+B2+B3 |
| NG-GE SO-P016   | Pozzo P016                                       | B1 (LP)+B2+B3 |
| NG-GE SO-P017   | Pozzo P017                                       | B1 (LP)+B2+B3 |
| NG-GE SO-P005   | Pozzo P005                                       | B1 (LP)+B2+B3 |
| NG-GE SO-GS-902 | Galleria Monte Sperone - imbocco est             | B1(QV)+B2+B5  |
| NG-GE SO-GS-904 | Galleria Monte Sperone - imbocco ovest           | B1(QV)+B2+B5  |
| NG-GE SO-GG-902 | Galleria Granarolo - imbocco est                 | B1(QV)+B2+B5  |
| NG-GE SO-GG-904 | Galleria Granarolo - imbocco ovest               | B1(QV)+B2+B5  |
| NG-GE SO-GD-902 | Galleria Forte Diamante - imbocco est            | B1(QV)+B2+B5  |
| NG-GE SO-GD-904 | Galleria Forte Diamante - imbocco ovest          | B1(QV)+B2+B5  |
| NG-GE SO-GD-902 | Galleria Bric du Vento - imbocco est             | B1(QV)+B2+B5  |
| NG-GE SO-GD-904 | Galleria Bric du Vento - imbocco ovest           | B1(QV)+B2+B5  |
| NG-GE SO-GA-00A | Nicchie galleria Amendola pk 3+650 - 4+000       | B1(QV)        |
| NG-GE SO-GM-00A | Nicchie galleria Monterosso A pk 12+900 - 13+000 | B1(QV)        |
| NG-GE SO-GM-00B | Nicchie galleria Monterosso B pk 13+900 - 14+050 | B1(QV)        |

Tabella 16 È Indagini suddivise per set di parametri funzionali

Si riportano di seguito le frequenze delle indagini suddivise per set e per fase di monitoraggio; le cadenze di monitoraggio sono state individuate sulla base di valutazioni di carattere generale sulla tipologia delle indagini pianificate e sulla variabilità media dei parametri oggetto di indagine osservata nell'ambito di analoghe esperienze di monitoraggio. Tali frequenze sono sufficienti ad una caratterizzazione di massima degli andamenti stagionali sia in fase Ante Operam che in fase di Corso d'Opera; resta inteso che in funzione degli avanzamenti delle lavorazioni e delle fasi di scavo delle gallerie le cadenze di indagine potranno essere variate per adattarsi alle particolari condizioni locali.

| Set di misura | Ante Operam | Corso d'Opera | Post Operam |
|---------------|-------------|---------------|-------------|
| B1*, B2       | mensile     | mensile       | bimestrale  |
| B3, B4        | trimestrale | trimestrale   | semestrale  |
| B5            | -           | trimestrale   | semestrale  |

\* per i piezometri di progettazione, che verranno definiti in fase AO, il set B1 ha frequenza bimestrale per tutte le fasi

Tabella 17 È Frequenza di misura per i vari set di parametri funzionali

### 4.2.3. Acque marine

Le misure di ante, corso e post operam verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nella tavola allegata ed elencati nella tabella sotto riportata.

Il numero dei rilievi previsto per ogni anno di monitoraggio dovrà essere svolto nel corso dell'anno solare; ogni anno di monitoraggio ha inizio con il mese di gennaio e termina con il mese di dicembre. All'interno dell'anno i rilievi dovranno essere eseguiti nei periodi più idonei in relazione alla metodica di monitoraggio.

Per ottenere una serie completa di dati significativi e confrontabili, il monitoraggio della fase di corso d'opera deve avere inizio non appena cominciano quelle lavorazioni che possono influenzare anche indirettamente con i popolamenti vegetali.

#### Ubicazione delle stazioni di misura

Le misure verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nelle planimetrie allegata e nella Tabella 18.

L'ubicazione dei siti di monitoraggio è individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Esempio di codice completo: **NG-GE-MA-CF-01**

**NG** = Nodo stradale ed autostradale di Genova.

**GE** = codice del comune di appartenenza:

GE = Genova.

**MA** = Componente ambientale:

MA = ambiente marino.

**CF** = Metodiche di monitoraggio:

CF = Analisi chimiche e chimico-fisiche.

SE = Sedimenti.

CO = Correntometria.

BA = Batimetria

**01** = numero progressivo del punto di monitoraggio.

La tabella 18 riporta l'elenco delle stazioni di misura, con relativa codifica e comune.

| Stazione       | Denominazione                             |
|----------------|---|
| NG-GE-MA-CF-01 | Canale di calma - levante                 |
| NG-GE-MA-SE-01 | Canale di calma - levante                 |
| NG-GE-MA-CF-02 | Canale di calma - centro                  |
| NG-GE-MA-SE-02 | Canale di calma - centro                  |
| NG-GE-MA-CF-03 | Canale di calma - ponente                 |
| NG-GE-MA-SE-03 | Canale di calma - ponente                 |
| NG-GE-MA-CO-04 | Canale di calma - centro                  |
| NG-GE-MA-BA-05 | Canale di calma + foce torrente Polcevera |
| NG-GE-MA-CF-06 | Pegli                                     |

Tabella 18 È Elenco stazioni di monitoraggio

### Parametri di misura

I parametri di misura sono raggruppati in set standard a seconda della tipologia di rilievo, come di seguito indicato:

- *Qualità delle acque e dei sedimenti*
  - n. 3 boe con sonde multiparametriche per monitoraggio in continuo: parametri chimico-fisici e chimici (set A2-M)
  - campagne a frequenza trimestrale in 3 siti di rilievo con prelievo di campioni d'acqua (set A3-M)
  - campagne a frequenza semestrale in 4 siti con prelievo di campioni di fondo per analisi dei sedimenti (set A4-M)
  - campagne a frequenza semestrale in 3 siti con prelievo di campioni di fondo per analisi su fitoplancton e zoo benthos (set A6-M).
  - campagne a frequenza semestrale in n. 6 siti per analisi eco-tossicologica su campioni d'acqua e sedimenti (set A8-M)
- *Correntometria*
  - 1 correntometro in continuo nel canale di calma (set A1-M)
- *Batimetria*
  - Un rilievo a frequenza biennale su tutto il canale di calma compresa la foce del torrente Polcevera (set A7-M)

In tabella 19 si riporta il dettaglio dei parametri contenuti nei vari set e la frequenza dei rilievi.

| CODICE SET FUNZIONALE | CODICE E DEFINIZIONE PARAMETRI DI MONITORAGGIO   | FREQUENZA   |
|-----------------------|--|---|
| A1-M                  | VC . Velocità della corrente<br>DC . Direzione della corrente  | In continuo   |
| A2-M                  | T . Temperatura acqua<br>PH . Concentrazione ioni idrogeno<br>COND - Conducibilità<br>O.D. . Ossigeno Disciolto<br>Torbidità   | In continuo   |
| A3-M                  | Solidi Sospesi Totali<br>Idrocarburi totali<br>IPA<br>PCB totali<br>Tensioattivi anionici<br>Tensioattivi non ionici<br>Tensioattivi totali<br>Cromo totale<br>Nichel<br>Zinco<br>Cadmio<br>Piombo<br>Mercurio<br>Arsenico<br>Rame<br>Selenio<br>Ferro | Trimestrale   |
| A4-M                  | Idrocarburi C > 12<br>PCB totali<br>Granulometria<br>Cromo totale<br>Nichel<br>Zinco<br>Cadmio<br>Piombo<br>Mercurio<br>Arsenico<br>Rame<br>Selenio<br>Ferro<br>IPA  | Semestrale  |
| A6-M                  | Fitoplancton (diatomee, dinoflagellati) su colonna di acqua<br>Zoobenthos su sedimenti   | Semestrale  |
| A7-M                  | Rilievo batimetrico  | Annuale ante operam e post operam, biennale in corso d'opera. |
| A8-M                  | Analisi Ecotossicologiche  | Semestrale  |

Tabella 19 - Parametri di monitoraggio

Si riporta di seguito una tabella contenente il dettaglio dei set funzionali previsti per ogni sito di misura.



| Stazione       | Denominazione                             | Set di Misure  |
|----------------|---|----------------|
| NG-GE-MA-CF-01 | Canale di calma - levante                 | A2-M+A3-M+A8-M |
| NG-GE-MA-SE-01 | Canale di calma - levante                 | A4-M+A6-M+A8-M |
| NG-GE-MA-CF-02 | Canale di calma - centro                  | A2-M+A3-M+A8-M |
| NG-GE-MA-SE-02 | Canale di calma - centro                  | A4-M+A8-M      |
| NG-GE-MA-CF-03 | Canale di calma - ponente                 | A2-M+A3-M+A8-M |
| NG-GE-MA-SE-03 | Canale di calma - ponente                 | A4-M+A8-M      |
| NG-GE-MA-CO-04 | Canale di calma - centro                  | A1-M+A8-M      |
| NG-GE-MA-BA-05 | Canale di calma + foce torrente Polcevera | A7-M+A6-M+A8-M |
| NG-GE-MA-CF-06 | Pegli                                     | A4-M+A6-M+A8-M |

Tabella 20 È Indagini suddivise per set di parametri funzionali

In funzione degli avanzamenti delle lavorazioni e delle fasi di scavo delle gallerie, e quindi dell'andamento del riempimento a mare, le cadenze di indagine potranno essere variate per adattarsi alle particolari condizioni locali.

### 4.3. Settore naturale

Dato il tipo di lavorazioni previste per la cantierizzazione e la realizzazione del progetto, in corrispondenza di alcune aree interferite dalle lavorazioni si provvederà alla verifica degli impatti sulla vegetazione e sulla fauna.

#### Risultanze SIA

##### *Vegetazione e Flora*

Lo studio relativo alla componente Vegetazione e Flora ha permesso di delineare le principali criticità connesse alla cantierizzazione dell'opera in relazione alla sensibilità del territorio.

Nell'area di Vesima la sottrazione di vegetazione dovuta al cantiere di imbocco della galleria Borgonuovo implica una parziale frammentazione della formazione boschiva mista a latifoglie e conifere presente lungo il versante. Un altro ambito di particolare interesse è quello del torrente Varenna. In quest'area, l'installazione del cantiere comporterà la deviazione del corso d'acqua e l'occupazione delle sponde in cui sono presenti consorzi igrofilo ripariali.

Nelle aree già parzialmente antropizzate come Voltri, Torbella, Coronata e Genova Est, la predisposizione delle aree di cantiere può comportare una locale sottrazione di fitocenosi presente che può determinare a seconda dei casi specifici una frammentazione della copertura vegetale. La verifica delle aree interessate ha permesso di constatare che non sono coinvolti nuclei di vegetazione di pregio naturalistico, bensì nella maggior parte dei casi sono interessati nuclei arbustivi o formazioni arboree di media maturità.

Per quanto concerne le aree maggiormente antropizzate, ossia gli ambiti di Bolzaneto, Polcevera e Genova Ovest, la ricognizione delle aree previste per la fase di cantiere non ha evidenziato alcuna problematica rispetto alla componente vegetazione, poiché sono coinvolte aree già artificializzate o di scarso pregio.

A conclusione di quanto emerso dalle analisi, si evidenzia che in linea generale le interferenze dovute alla predisposizione dei cantieri che si esprimono nella sottrazione delle fitocenosi sono parzialmente reversibili.

#### *Fauna ed Ecosistemi*

L'analisi effettuata sulla componente Ecosistemi e Fauna ha evidenziato come il progetto in esame attraversi in alcuni casi aree a dominanza di ecosistemi naturali (boschi, arbusteti e praterie), in cui sono presenti aree di interesse per la biodiversità, come zone con caratteristiche di ecotono, siti diversificati dal punto di vista morfologico e litologico o corsi d'acqua con varietà di microhabitat e buona qualità delle acque.

Tra gli ambiti di pregio naturalistico, compresi nell'area di studio, si possono citare la valle del Varena, dove si segnala la presenza del SIC Praglia - Pracaban . Monte Leco . Punta Martin, e l'ambito di Vesima, in cui è presente il margine sud-orientale del SIC /ZPS Beigua . Monte Dente . Gargassa . Paviglione.

Altri ambiti di intervento, in particolare Torbella, Genova Est e Voltri, si presentano parzialmente antropizzati, mentre risultano molto antropizzati gli ambiti di Bolzaneto, per il tessuto industriale che si sviluppa lungo l'alveo del Torrente Polcevera, e di Genova Ovest, caratterizzato da un marcato sistema infrastrutturale e da frange del tessuto edilizio del capoluogo ligure.

Nell'ambito di Vesima le aree di cantiere per la realizzazione dei nuovi imbocchi in galleria comportano la sottrazione di porzioni di unità riferibili ai sistemi boschivi; considerando che le aree di cantiere si inseriscono in corrispondenza di un'infrastruttura esistente, non si ritiene che possano insorgere particolari criticità rispetto alla frequentazione della fauna locale.

Le interazioni riscontrate nell'ambito di Voltri vanno valutate alla luce dell'ampiezza dei sistemi interferiti dalle aree di cantiere: l'assetto delle unità ecosistemiche interessate, seppur oggetto di frammentazione e sottrazione di habitat faunistici, non subisce alterazioni rilevanti in relazione alla struttura, complessità e funzionalità dei sistemi stessi.

Il cantiere in corrispondenza del torrente Varena determina interazione diretta con gli habitat faunistici presenti lungo il sistema fluviale. L'interferenza inerente l'interruzione della continuità ecologica è da ritenersi contenuta.

Gli ambiti di Coronata, Bolzaneto e Genova Ovest prevedono interventi che vanno ad interferire con situazioni decisamente antropizzate; ciò implica la presenza di aree fortemente degradate con vegetazione assente o contesti marginali di scarso valore ecosistemico.

Nell'ambito di Bolzaneto, sebbene il Polcevera configuri un corridoio ecologico, si presume che non vi sia alcuna compromissione della connettività territoriale preesistente.

Le aree interferite dalle superfici cantierizzate nell'ambito di Genova Est, oltre a contesti antropizzati, riguardano superfici ascrivibili a sistemi di arbusteti e boschi di conifere, la cui struttura, maturità e contiguità con ambienti degradati rendono gli impatti marginali in relazione anche alla temporaneità delle azioni connesse.

La criticità riscontrata in relazione all'area di Torbella coinvolge un elemento della rete ecologica che subisce un'interruzione parziale. Tale impatto non si ritiene, comunque, motivo di compromissione della connettività dell'area.

Inoltre lo studio di incidenza realizzato per le Aree di interesse naturalistico dei siti SIC Beigua . Monte Dente . Gargassa . Paviglione (IT1331402), ZPS Beigua . Turchino (IT1331578), SIC Praglia . Pracaban . Monte Leco . Punta Martin (IT1331501), SIC

di Monte Gazzo (IT1331615) e SIC Torre Quezzi (IT1331606) ha evidenziato come i potenziali impatti possano essere definiti temporanei e non significativi.

#### 4.3.1. Vegetazione

Le misure di ante, corso e post operam verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nella Tavola allegata ed elencati nella tabella sotto riportata.

Il numero dei rilievi previsto per ogni anno di monitoraggio dovrà essere svolto nel corso dell'anno solare; ogni anno di monitoraggio ha inizio con il mese di gennaio e termina con il mese di dicembre. All'interno dell'anno i rilievi dovranno essere eseguiti nei periodi più idonei in relazione alla metodica di monitoraggio.

Per ottenere una serie completa di dati significativi e confrontabili, il monitoraggio della fase di corso d'opera deve avere inizio non appena cominciano quelle lavorazioni che possono influenzare anche indirettamente con i popolamenti vegetali.

##### Ubicazione delle stazioni di misura

Le misure verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nelle planimetrie allegata e nella Tabella 21.

L'ubicazione dei siti di monitoraggio è individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Esempio di codice completo:       **NG-GE-E1-CN-01**

**NG** = Nodo stradale ed autostradale di Genova.

**GE** = codice del comune di appartenenza:

GE = Genova.

**E1** = Metodica di Monitoraggio:

E1 = Rilievo fitosociologico.

E.9 = Rilievo del Valore Vegetazionale d'Alveo.

E.26 = Sopralluogo di monitoraggio.

**CN** = Opera impattante sul sito:

CN = Cantiere.

VS = Viabilità di servizio.

SC = Sito di Controllo.

**01** = numero progressivo del punto di monitoraggio.

| IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE |                    | N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO/ANNO |          |           |               |          |           |             |          |           | NOTE  |
|-------------------------------|--------------------|--|----------|-----------|---------------|----------|-----------|-------------|----------|-----------|---|
|                               |                    | Ante Operam                                    |          |           | Corso d'Opera |          |           | Post Operam |          |           |   |
| Codice                        | Denominazione      | E1   | E9       | E26       | E1            | E9       | E26       | E1          | E9       | E26       |   |
| NG-GE-E1-CN-01                | Cantiere CI 17     | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         | SIC IT1331402   |
| NG-GE-E1-CN-02                | Cantiere CI 18     | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         | Formazione a latifoglie                               |
| NG-GE-E1-CN-03                | Cantiere CI 21     | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         | Formazione a latifoglie                               |
| NG-GE-E1-VS-04                | Pista VS 03        | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         | Formazione a latifoglie                               |
| NG-GE-E1-CN-05                | Cantiere CI 24     | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         | Formazione a latifoglie                               |
| NG-GE-E1-CN-06                | Cantiere CI 25     | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         | Formazioni riparie                                    |
| NG-GE-E9-CN-06                | Cantiere CI 25     |  | 1        |           |               | 1        |           |             | 1        |           | Formazioni riparie                                    |
| NG-GE-E1-CN-07                | Cantiere CI 25 bis | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         | SIC IT1331501   |
| NG-GE-E1-CN-08                | Cantiere CI 26     | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         | Formazione a latifoglie                               |
| NG-GE-E1-CN-09                | Cantiere CI 27     | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         | Formazione a latifoglie, versente a ridosso cantiere. |
| NG-GE-E1-CN-10                | Cantiere CI 29     | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         | Formazione ad arbusti                                 |
| NG-GE-E1-CN-11                | Cantiere CI 06     | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         | Formazione pino marittimo                             |
| NG-GE-E1-SC-12                | Sito di controllo  | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         |   |
| NG-GE-E1-SC-13                | Sito di controllo  | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         |   |
| NG-GE-E1-SC-14                | Sito di controllo  | 3  |          | 3         | 3             |          | 3         | 3           |          | 3         |   |
| NG-GE-E1-VS-15                | Pista VS 01        | 1  |          | 1         |               |          |           | 1           |          | 1         |   |
| NG-GE-E1-VS-16                | Pista VS 02        | 1  |          | 1         |               |          |           | 1           |          | 1         |   |
| NG-GE-E1-VS-17                | Pista VS 04        | 1  |          | 1         |               |          |           | 1           |          | 1         |   |
| NG-GE-E1-VS-18                | Pista VS 05        | 1  |          | 1         |               |          |           | 1           |          | 1         |   |
| NG-GE-E1-VS-19                | Pista VS 06        | 1  |          | 1         |               |          |           | 1           |          | 1         |   |
| NG-GE-E1-VS-20                | Pista VS 07        | 1  |          | 1         |               |          |           | 1           |          | 1         |   |
| NG-GE-E1-VS-21                | Pista VS 08        | 1  |          | 1         |               |          |           | 1           |          | 1         |   |
| NG-GE-E1-VS-22                | Pista VS 09        | 1  |          | 1         |               |          |           | 1           |          | 1         |   |
| NG-GE-E1-VS-23                | Pista VS 10        | 1  |          | 1         |               |          |           | 1           |          | 1         |   |
| <b>TOTALE</b>                 |                    | <b>51</b>                                      | <b>1</b> | <b>51</b> | <b>42</b>     | <b>1</b> | <b>42</b> | <b>51</b>   | <b>1</b> | <b>51</b> |   |

Tabella 21 - Piano delle misure da effettuare componente Vegetazione

#### 4.3.2. Fauna

Le misure di ante, corso e post operam verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nella Tavola allegata ed elencati nella tabella sotto riportata.

Il numero dei rilievi previsto per ogni anno di monitoraggio dovrà essere svolto nel corso dell'anno solare; ogni anno di monitoraggio ha inizio con il mese di gennaio e termina con il mese di dicembre. All'interno dell'anno i rilievi dovranno essere eseguiti nei periodi più idonei in relazione alla metodica di monitoraggio.

Per ottenere una serie completa di dati significativi e confrontabili, il monitoraggio della fase di corso d'opera deve avere inizio non appena cominciano quelle lavorazioni che possono influenzare anche indirettamente con i popolamenti animali.

Evidenziamo che dovrà essere fatta particolare attenzione all'eventuale perdita di specie ed habitat delle zone umide in relazione allo scavo delle gallerie.

#### Ubicazione delle stazioni di misura

Le misure verranno svolte in corrispondenza dei punti localizzati nelle planimetrie allegata e nella Tabella 22.

L'ubicazione dei siti di monitoraggio è individuata da un codice assegnato con le modalità precisate nell'esempio che segue.

Esempio di codice completo: **NG-GE-FA-CN-01**

**NG** = Nodo stradale ed autostradale di Genova.

**GE** = codice del comune di appartenenza:

GE = Genova.

**FA** = Metodica di Monitoraggio:

FA = Monitoraggio Avifauna.

FN = Monitoraggio Anfibi.

FG = Monitoraggio Gambero di fiume.

FT = Monitoraggio Fauna Troglobia.

**CN** = Opera impattante sul sito:

CN = Cantiere.

GA = Galleria.

VS = Viabilità di servizio.

**01** = numero progressivo del punto di monitoraggio.

| IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE |                     | N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO/ANNO |           |          |           |               |           |          |           |             |           |          |           | NOTE                     |
|-------------------------------|---------------------|--|-----------|----------|-----------|---------------|-----------|----------|-----------|-------------|-----------|----------|-----------|--------------------------|
|                               |                     | Ante Operam                                    |           |          |           | Corso d'Opera |           |          |           | Post Operam |           |          |           |                          |
| Codice                        | Denominazione       | FA   | FN        | FT       | FG        | FA            | FN        | FT       | FG        | FA          | FN        | FT       | FG        |                          |
| NG-GE-FA-CN-01                | Cantiere CI 17      | 5  |           |          |           | 5             |           |          |           | 5           |           |          |           | SIC IT1331402            |
| NG-GE-FN-CN-01                | Cantiere CI 17      |  | 5         |          |           |               | 5         |          |           |             | 5         |          |           | SIC IT1331402            |
| NG-GE-FA-CN-02                | Cantiere CI 18      | 5  |           |          |           | 5             |           |          |           | 5           |           |          |           |                          |
| NG-GE-FN-CN-02                | Cantiere CI 18      |  | 5         |          |           |               | 5         |          |           |             | 5         |          |           |                          |
| NG-GE-FA-CN-03                | Cantiere CI 21      | 5  |           |          |           | 5             |           |          |           | 5           |           |          |           |                          |
| NG-GE-FN-CN-03                | Cantiere CI 21      |  | 5         |          |           |               | 5         |          |           |             | 5         |          |           |                          |
| NG-GE-FA-VS-04                | Pista VS 03         | 5  |           |          |           | 5             |           |          |           | 5           |           |          |           |                          |
| NG-GE-FN-VS-04                | Pista VS 03         |  | 5         |          |           |               | 5         |          |           |             | 5         |          |           |                          |
| NG-GE-FA-CN-05                | Cantiere CI 24      | 5  |           |          |           | 5             |           |          |           | 5           |           |          |           |                          |
| NG-GE-FN-CN-05                | Cantiere CI 24      |  | 5         |          |           |               | 5         |          |           |             | 5         |          |           |                          |
| NG-GE-FA-CN-06                | Cantiere CI 25      | 5  |           |          |           | 5             |           |          |           | 5           |           |          |           |                          |
| NG-GE-FN-CN-06                | Cantiere CI 25      |  | 5         |          |           |               | 5         |          |           |             | 5         |          |           |                          |
| NG-GE-FG-CN-06                | Cantiere CI 25      |  |           |          | 4         |               |           |          | 4         |             |           |          | 4         |                          |
| NG-GE-FA-CN-07                | Cantiere CI 25 bis  | 5  |           |          |           | 5             |           |          |           | 5           |           |          |           | SIC IT1331501            |
| NG-GE-FN-CN-07                | Cantiere CI 25 bis  |  | 5         |          |           |               | 5         |          |           |             | 5         |          |           | SIC IT1331501            |
| NG-GE-FA-CN-08                | Cantiere CI 26      | 5  |           |          |           | 5             |           |          |           | 5           |           |          |           |                          |
| NG-GE-FN-CN-08                | Cantiere CI 26      |  | 5         |          |           |               | 5         |          |           |             | 5         |          |           |                          |
| NG-GE-FG-CN-08                | Cantiere CI 26      |  |           |          | 4         |               |           |          | 4         |             |           |          | 4         |                          |
| NG-GE-FA-CN-09                | Cantiere CI 27      | 5  |           |          |           | 5             |           |          |           | 5           |           |          |           |                          |
| NG-GE-FN-CN-09                | Cantiere CI 27      |  | 5         |          |           |               | 5         |          |           |             | 5         |          |           |                          |
| NG-GE-FG-CN-09                | Cantiere CI 27      |  |           |          | 4         |               |           |          | 4         |             |           |          | 4         |                          |
| NG-GE-FA-CN-10                | Cantiere CI 29      | 5  |           |          |           | 5             |           |          |           | 5           |           |          |           |                          |
| NG-GE-FN-CN-10                | Cantiere CI 29      |  | 5         |          |           |               | 5         |          |           |             | 5         |          |           |                          |
| NG-GE-FA-CN-11                | Cantiere CI 06      | 5  |           |          |           | 5             |           |          |           | 5           |           |          |           |                          |
| NG-GE-FN-CN-11                | Cantiere CI 06      |  | 5         |          |           |               | 5         |          |           |             | 5         |          |           |                          |
| NG-GE-FG-CN-11                | Cantiere CI 06      |  |           |          | 4         |               |           |          | 4         |             |           |          | 4         | Versante rio Briscata    |
| NG-GE-FT-GA-12                | Galleria Monterosso |  |           | 8        |           |               |           | 8        |           |             |           | 8        |           | Grotta Buranco de' Strie |
| <b>TOTALE</b>                 |                     | <b>55</b>                                      | <b>55</b> | <b>8</b> | <b>16</b> | <b>55</b>     | <b>55</b> | <b>8</b> | <b>16</b> | <b>55</b>   | <b>55</b> | <b>8</b> | <b>16</b> |                          |

Tabella 22 - Piano delle misure da effettuare componente Fauna

#### 4.4. Settore Assetto Fisico del Territorio

Morfologicamente l'area è caratterizzata da una stretta fascia pianeggiante, parallela alla costa, che passa bruscamente ai rilievi montuosi retrostanti sempre molto acclivi, talora aspri, che raggiungono quote superiori ai 700 metri s.l.m.

Il reticolo idrografico è caratterizzato da torrenti montani, a prevalente andamento nord-sud, con versanti spesso a forte acclività, fondovalle incassati e strette fasce alluvionali. L'unico corso d'acqua con un fondovalle più sviluppato è il Torrente Polcevera, che nell'area di studio risulta regimato e scorre all'interno di argini artificiali.

Il tracciato in progetto si sviluppa attraversando, da ovest a est, i bacini idrografici dei torrenti Cerusa, Leiro, Branega, San Pietro o Foce, Varenna, Chiaravagna, Polcevera e, marginalmente, Bisagno. Vi sono, inoltre, una serie di aree scolanti e bacini di dimensioni minori con corsi d'acqua spesso tombinati nella parte terminale, si tratta di elementi caratterizzati da deflusso in ambiente quasi completamente urbanizzato.

L'area in esame si inserisce in un settore di grande complessità strutturale, che tradizionalmente giustappone il dominio orogenico alpino a quello appenninico; in tale contesto, procedendo da ovest verso est, sono riconoscibili tre settori con caratteristiche geologiche e strutturali peculiari:

- il Gruppo di Voltri
- la Zona Sestri Voltaggio
- il Dominio dei Flysch Appenninici, costituito da differenti unità tettoniche e tettonometamorfiche impilate con vergenza europea (circa E-W allo stato attuale).

Sono inoltre presenti depositi tardo e post orogenici attribuibili al Bacino Terziario Ligure - Piemontese e depositi marini e continentali di differenti età che hanno in parte coperto le unità del substrato e colmato le paleovalle.

Il Gruppo di Voltri e la Zona Sestri - Voltaggio, sono separati da un lineamento strutturale diretto N-S, noto in bibliografia come *linea Sestri Voltaggio*, alla quale viene fatto corrispondere il limite fisico tra Alpi ed Appennini.

##### Individuazione dei siti di monitoraggio

Per l'individuazione dei siti di monitoraggio, relativamente alla componente in oggetto, si è tenuto conto delle possibili interferenze tra l'opera e la concomitanza di almeno una delle seguenti condizioni:

- movimenti franosi con classe di suscettività al dissesto molto elevata (Pg4) . Frane Attive;
- movimenti franosi con classe di suscettività al dissesto elevata (Pg3a/b) . Frane Quiescenti;
- ricettori lungo il tracciato o in prossimità di esso con un indice di vulnerabilità >40 (vedi *Gallerie Naturali . Previsione del campo di spostamenti e dei cedimenti indotti sulle costruzioni esistenti dalla realizzazione delle gallerie naturali* );
- tratti di gallerie a bassa copertura;

Utilizzando i criteri indicati sono state pertanto individuate n. 9 siti di monitoraggio di seguito elencate:

1. **Vesima** - interconnessione di Vesima (A10 . A10bis): presenza di un movimento franoso, classificato come Pg4, attraversato dalla viabilità di servizio VS02; nella area sono presenti anche diversi edifici;
2. **Viabilità di Servizio VS03**: presenza di un movimento franoso, classificato come Pg4, attraversato dalla viabilità di servizio VS03; si tratta di una viabilità locale utile al raggiungimento di nuclei abitativi;
3. **Voltri - Delle Grazie**: in prossimità della nuova Galleria delle Grazie sorge il santuario Madonna delle Grazie (edificio 154 . indice di vulnerabilità 54+ lieve); un po più a nord, in prossimità dell'intersezione tra la Galleria Voltri e la Galleria delle Grazie, c'è un edificio adibito a ristorante/civile abitazione (edificio 156 . indice di vulnerabilità 55);
4. **Parco di Villa Duchessa di Galliera**: il tracciato della nuova Galleria delle Grazie prosegue al di sotto del parco di villa duchessa di Galliera, importante giardino storico delle Liguria, già interessato dal passaggio delle 3 esistenti Gallerie Madonna delle Grazie. All'interno del parco sono presenti edifici di notevole valore storico/artistico;
5. **Monterosso Est**: presenza di due edifici (num. ID. 105 e 106) adibiti a civile abitazione all'altezza del bypass n.45, distanti circa 50 m dalla galleria Monterosso, carreggiata est, con una copertura compresa tra i 30 e i 60 m. Ad entrambi è stato assegnato un indice di vulnerabilità pari a 21.
6. **San Rocco**: a circa 200 m dall'imbocco della galleria Baccan, all'altezza del by-pass n. 47, ci sono tre edifici (num. ID 100, 101 e 102). Siamo in prossimità della località San Rocco e in presenza di movimenti franosi quiescenti (Pg3).
7. **Villa Bensa È via del Brasile**: lungo il tracciato della galleria Forte Diamante, tra il by-pass n. 46 e il n.49, in un'area in cui la copertura supera i 60 m, sono presenti gli edifici con num ID. 95-96-97-98-99
8. **Torbella**: Gli imbocchi, lato sud, delle gallerie Torbella Ovest, Bric du Vento e Baccan si inseriscono all'interno di un versante caratterizzato dalla presenza di movimenti franosi quiescenti (Pg3). Nella zona è presente un nucleo di case (num. ID. 64-65-66-67).
9. **Moro1/Granarolo**: In prossimità della barriera di Genova ovest saranno realizzati gli imbocchi, lato sud, delle gallerie Moro1 e Granarolo. Il versante interessato presenta movimenti franosi con classe di suscettività al dissesto elevata (Pg3). I tracciati delle gallerie Granarolo e Moro 2 inoltre, con coperture comprese tra i 30 ed i 60 m, passeranno al di sotto del complesso cimiteriale di via Porta degli Angeli.

Nelle planimetrie in scala 1:5000 allegare sono riportate le ubicazioni delle aree di monitoraggio innanzi indicate. Ciascun sito è identificato da un codice assegnato secondo l'esempio riportato di seguito.

Codice completo: **NG-GE-VE-TP-100**

**NG** = Nodo stradale ed autostradale di Genova

**GE** = codice del comune di appartenenza;

GE = Genova;

**VE** = area/località di monitoraggio (Vesima)

VE = Vesima

VS03 = Viabilità di servizio VS03;

DG = Voltri . Delle Grazie;

GA = Parco di Villa Duchessa di Galliera

ME = Monterosso Est

SR = San Rocco

BB = Villa Bensa - Via del Brasile

TO = Torbella

MG = Moro1-Granarolo

**TP** = strumento, tipologia/metodica di misura (TP tubo piezometrico)

TI = tubo inclinometrico;

TP = tubo piezometrico;

TE = tubo estenso-inclinometrico;

**100** = numero progressivo/codice relativo alla strumentazione.

In tabella sono indicate le aree di monitoraggio individuate con i relativi codici identificativi, il Comune e la località ove ricadono e la classe del dissesto rilevato.

| Area di monitoraggio | Denominazione                       | Comune | Tipologia deposito franoso |
|----------------------|-------------------------------------|--------|----------------------------|
| NG-GE-VE             | Vesima                              | Genova | Pg4                        |
| NG-GE-VS03           | Viabilità di Servizio VS03          | Genova | Pg4                        |
| NG-GE-DG             | Voltri . Delle Grazie               | Genova | -                          |
| NG-GE-GA             | Parco di Villa Duchessa di Galliera | Genova | Pg4                        |
| NG-GE-ME             | Monterosso Est                      | Genova | -                          |
| NG-GE-SR             | San Rocco                           | Genova | Pg3/Pg4                    |
| NG-GE-BB             | Villa Bensa - Via del Brasile       | Genova | Pg3                        |
| NG-GE-TO             | Torbella                            | Genova | Pg3                        |
| NG-GE-MG             | Moro1-Granarolo                     | Genova | Pg3                        |

Tabella 23 - Elenco aree di monitoraggio geotecnico in superficie.



Descrizione dei siti di monitoraggio individuati1. Vesima (NG-GE-VE)

Siamo all'altezza dell'interconnessione di Vesima (A10 - A10bis), in presenza di un movimento franoso attivo (Pg4) noto. Tale corpo di frana è attraversato da una viabilità che sarà oggetto di lavori (VS02) ed è interessato dalla presenza di diversi edifici. Il monitoraggio, oltre a controllare possibili problemi di stabilità di tali ricettori, sarà rivolto all'intera area; in particolare sarà posta l'attenzione ad eventuali estensioni del corpo di frana (retrogressione) verso la zona di monte, laddove saranno realizzati i due nuovi imbocchi della galleria Borgonuovo. Si prevede di installare n.4 postazioni inclinometriche/piezometriche di cui tre all'interno del corpo di frana, a formare una sezione monte valle, ed una a monte, all'esterno della frana stessa, per controllare l'eventuale retrogressione (figg. 1-2). La strumentazione geotecnica sarà integrata, in corso d'opera, con controlli topografici.

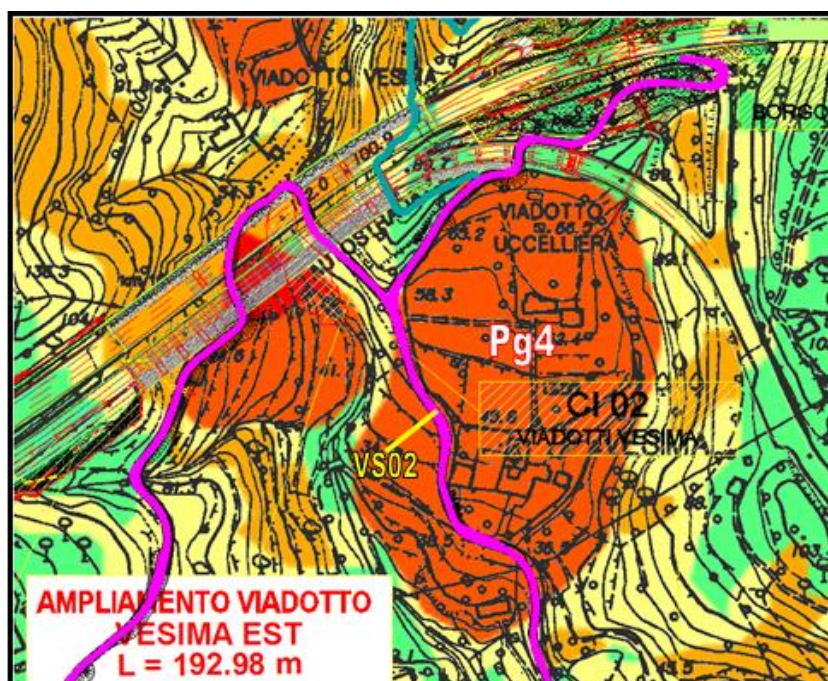


Figura 1 È Interconnessione di Vesima

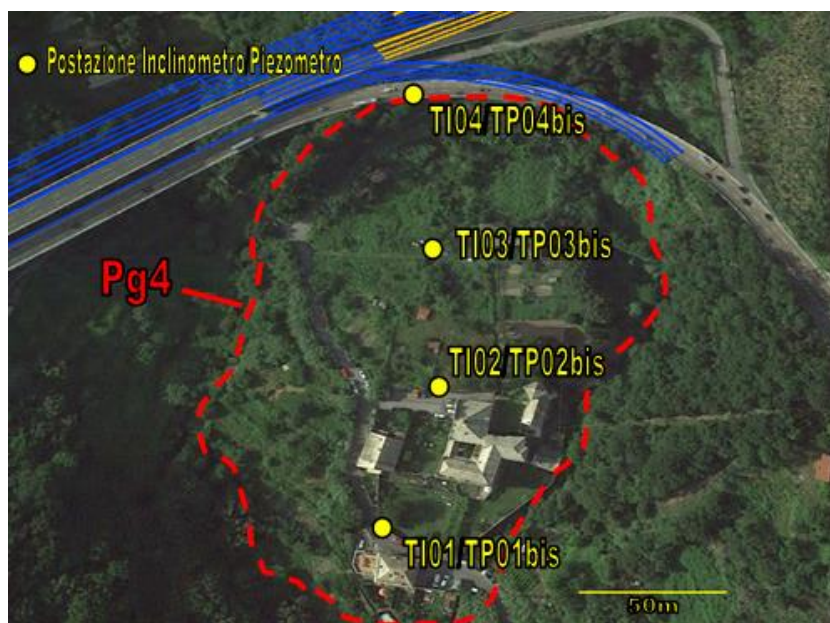


Figura 2 È Interconnessione di Vesima È Frana attiva (Pg4) e strumentazione geotecnica prevista

## 2. Viabilità di Servizio VS03 (NG-GE-VS03)

La viabilità di servizio VS03, una viabilità locale utile al raggiungimento di diverse abitazioni, si sviluppa per una buona parte, all'interno di un movimento franoso classificato attivo (Pg4). Si prevede di installare n. 3 postazioni inclinometriche e piezometriche, in sezione monte valle (Figura 3).

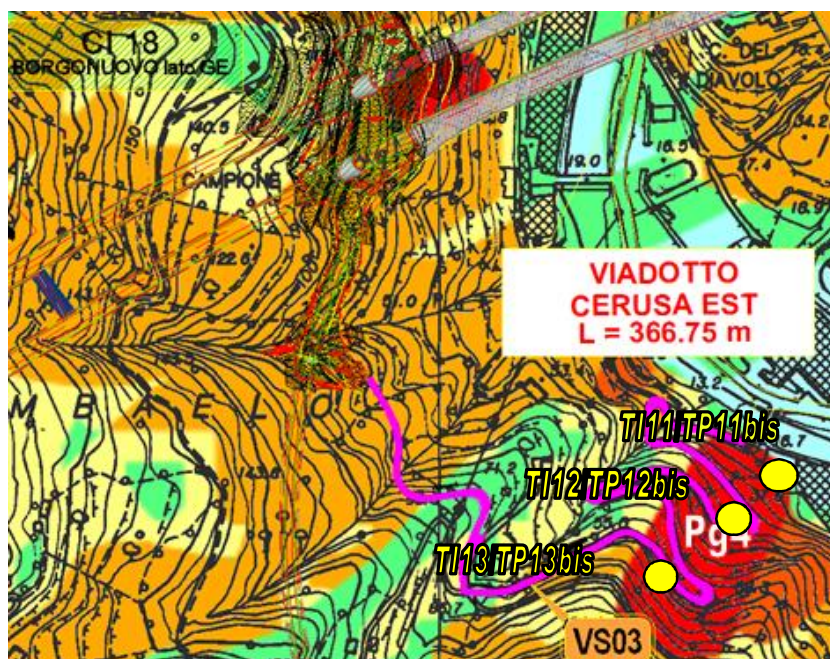


Figura 3 È Viabilità di Servizio VS03

### 3. *Voltri - Delle Grazie (NG-GE-DG)*

In prossimità del tracciato della nuova Galleria delle Grazie sorge il santuario Madonna delle Grazie (edificio 154 . indice di vulnerabilità 54+ lieve); un po' più a nord, in prossimità dell'intersezione tra la Galleria Voltri e la Galleria delle Grazie, c'è un edificio adibito a ristorante/civile abitazione (edificio 156 . indice di vulnerabilità 55). Si prevede di installare n. 3 postazioni inclinometriche/piezometriche in prossimità degli edifici (fig. 4). In corso d'opera si prevede di integrare il monitoraggio con controlli topografici.

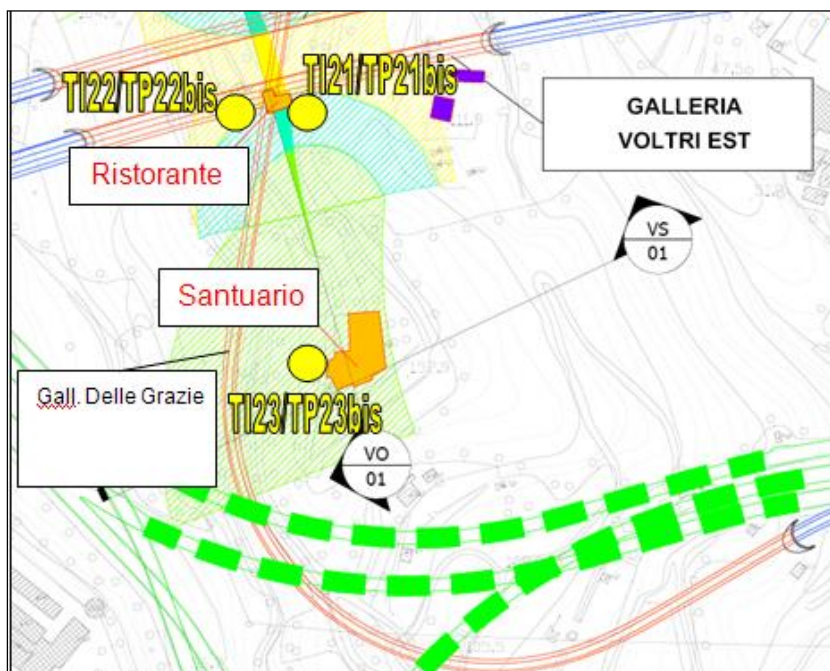


Figura 4 È Sito Í Voltri È delle GrazieÎ

4. Parco di Villa Duchessa di Galliera (NG-GE-GA)

Il tracciato della nuova Galleria delle Grazie prosegue al di sotto del parco di Villa Duchessa di Galliera, importante giardino storico delle Liguria, già interessato dal passaggio delle 3 gallerie esistenti Madonna delle Grazie. All'interno del parco sono presenti edifici di notevole valore storico/artistico e anche in questo caso siamo in presenza di un movimento franoso classificato come attivo (Pg4). Si prevede l'installazione di n. 3 postazioni inclinometriche e piezometriche, con integrazione, in corso d'opera, di controlli topografici.

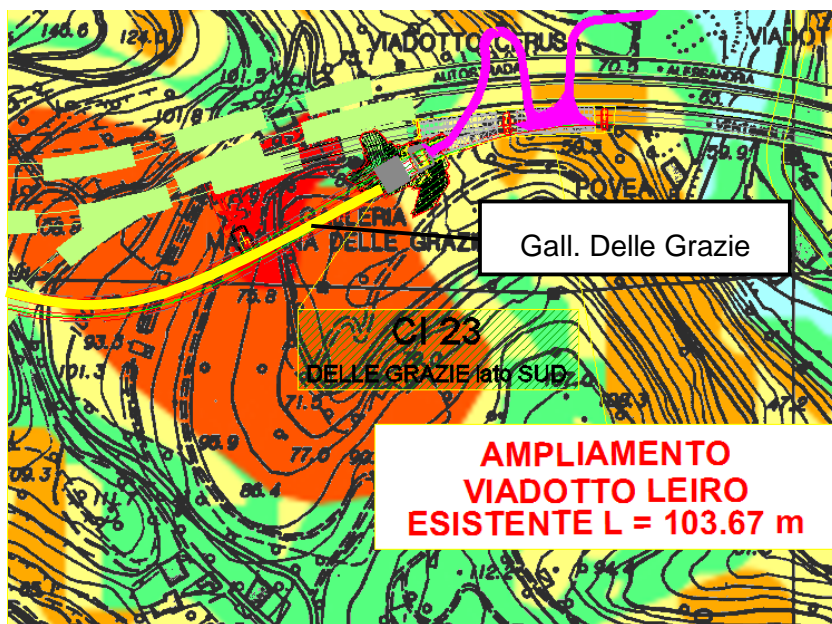


Figura 5 È Parco di Villa Duchessa di Galliera



Figura 6 È Parco di Villa Duchessa di Galliera

### 5. Monterosso Est (NG-GE-ME)

All'altezza del by-pass n.45 della galleria Monterosso, a circa 50 m di distanza dalla carreggiata est, sono presenti due edifici (civili abitazioni num. ID. 105 e 106). Entrambi rientrano nel gruppo di edifici con una copertura compresa tra i 30 e i 60 m. Ad entrambi è stato assegnato un indice di vulnerabilità pari a 21 (vedi *Gallerie naturali, previsione del campo di spostamenti e dei cedimenti indotti sulle costruzioni esistenti dalla realizzazione delle gallerie naturali*). Si prevede di installare n. 3 postazioni inclinometriche e piezometriche, con integrazione, in corso d'opera, di controlli topografici.

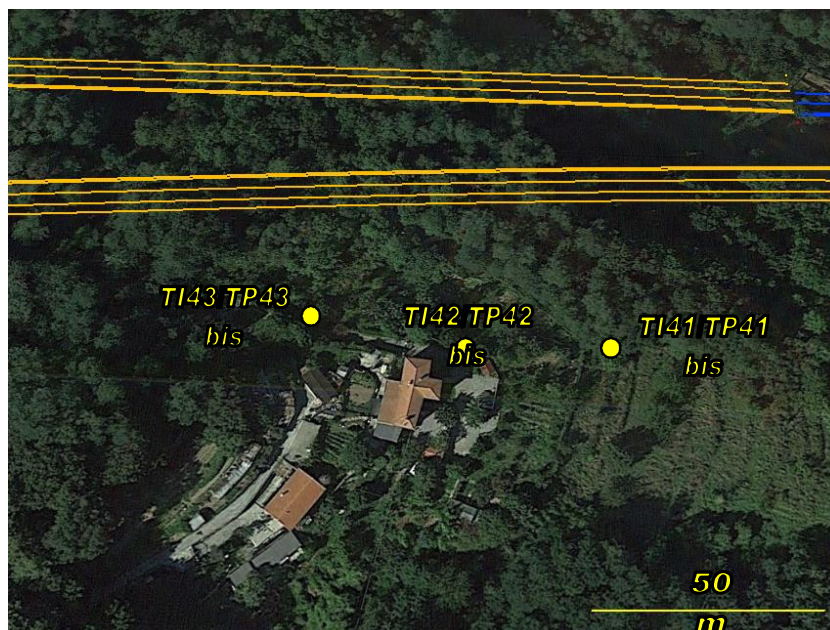


Figura 7 È Sito Monterosso Est

### 6. San Rocco (NG-GE-SR):

A circa 200 m dall'imbocco ovest della galleria Baccan, in prossimità della località San Rocco, ci sono alcune abitazioni (num. ID 100, 101 e 102). Siamo in prossimità, lungo il tracciato, del by-pass n.47 della galleria. La copertura è superiore ai 60 m e l'indice di vulnerabilità assegnato è 35 per l'edificio n. 100 e 21 per gli altri due. La zona compresa tra gli imbocchi delle gallerie Baccan, Bric du Vento e Polcevera, e il by-pass n.47, è interessata dalla presenza di movimenti franosi quiescenti (Pg3). Si prevede di installare n. 3 postazioni inclinometriche e piezometriche, con l'integrazione, in corso d'opera, di controlli topografici.

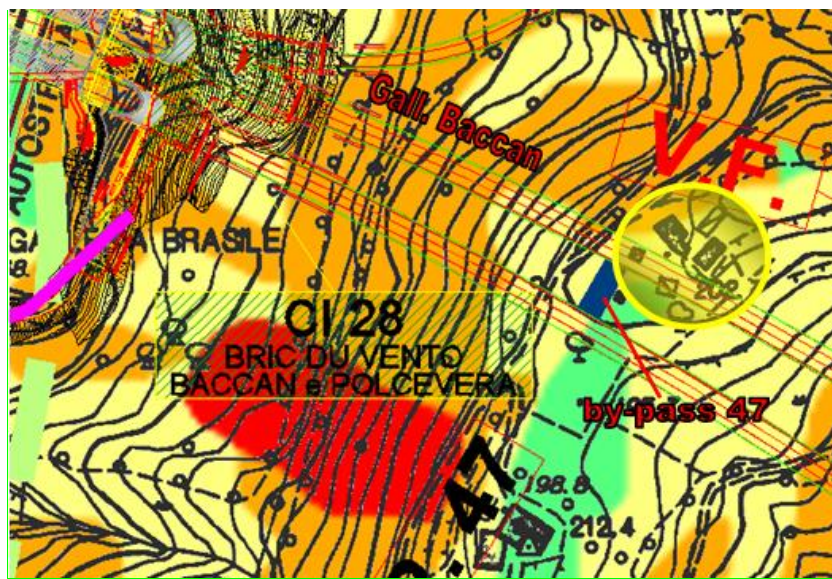


Figura 8 È Sito San Rocco

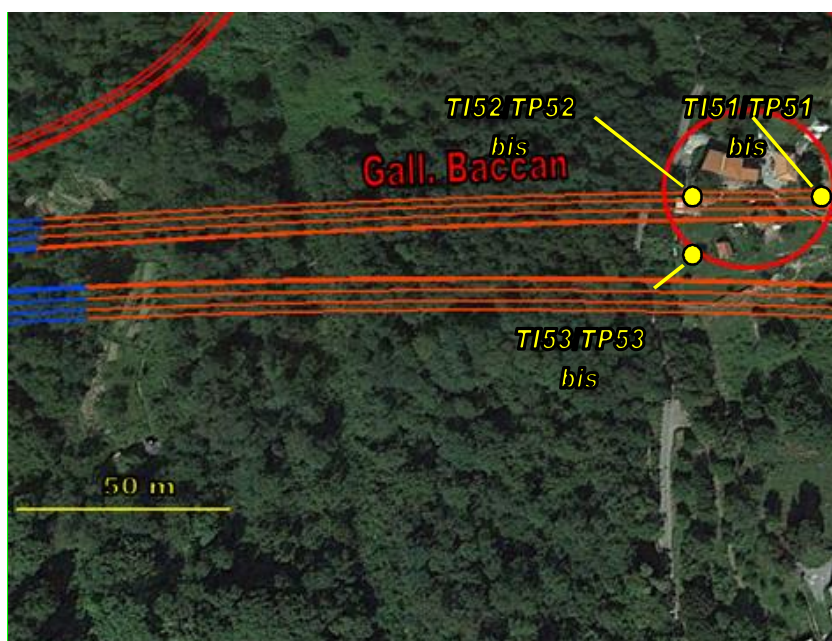


Figura 9 È Sito San Rocco

### 7. Villa Bensa . via del Brasile (NG-GE-BB):

Lungo il tracciato della galleria Forte Diamante, a circa 450 m dall'imbocco lato Milano, in un'area in cui la copertura supera i 60 m, sono presenti diversi edifici (num ID. 95-96-97-98-99). L'indice di vulnerabilità definito per tali edifici varia da <20 (vulnerabilità trascurabile) a <30 (vulnerabilità bassa). Gli edifici che corrispondono al complesso di Villa Bensa (n.98 e 99) sono posizionati proprio lungo il tracciato (nel caso dell'edif. 99) o molto a ridosso dello stesso. Si prevede di installare n. 3 postazioni inclinometriche e piezometriche, con l'integrazione, in corso d'opera, di controlli topografici.

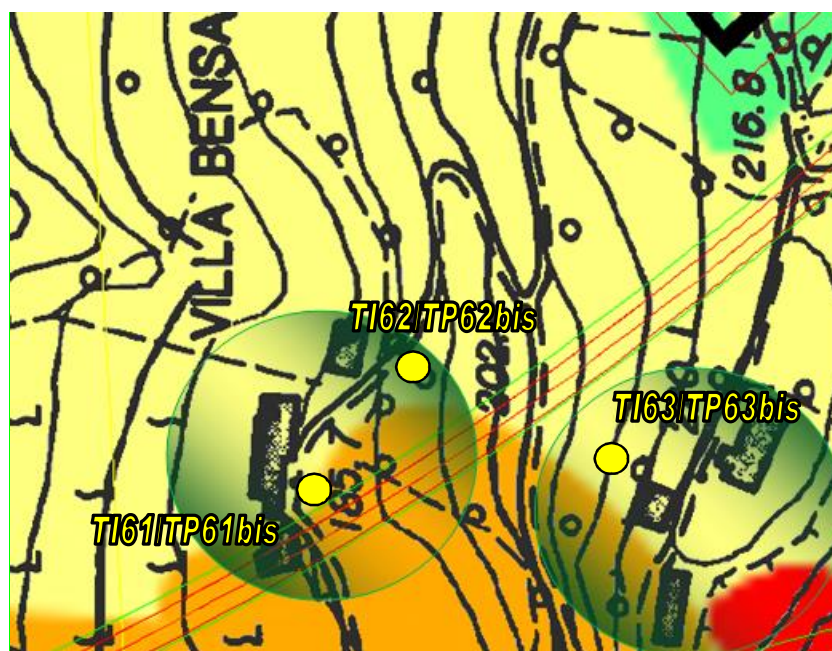


Figura 10 È Sito Villa Bensa È via del Brasile

### 8. Torbella (NG-GE-TO):

Gli imbocchi (lato sud) delle gallerie Torbella Ovest, Bric du Vento e Baccan, si inseriscono all'interno di un versante caratterizzato dalla presenza di movimenti franosi quiescenti (Pg3). In prossimità del tracciato della Bric du vento, a monte, oltre agli edifici più vicini alla zona di imbocco che saranno oggetto di espropri, è presente un nucleo di case (num. ID. 64-65-66-67), per le quali sono stati stabiliti indici di vulnerabilità pari a 23 (edifici 65 e 67) e 30 (edifici 64 e 66). La copertura supera i 60 m. Si prevede di installare n. 3 postazioni inclinometriche e piezometriche, con l'integrazione, in corso d'opera, di controlli topografici.

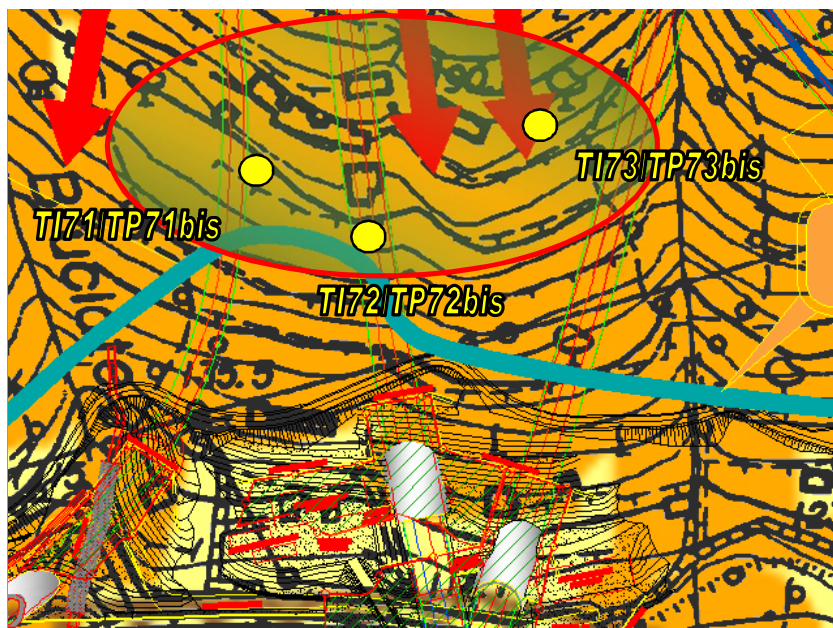


Figura 11 È Sito Torbella

#### 9. Moro1 - Granarolo (NG-GE-MG):

In prossimità della barriera di Genova ovest saranno realizzati gli imbocchi, lato sud, delle gallerie Moro1 e Granarolo. Il versante interessato, poco distante dalle aree di imbocco, presenta movimenti franosi con classe di suscettività al dissesto elevata (Pg3). I tracciati delle gallerie Granarolo e Moro 2, inoltre, con coperture comprese tra i 30 ed i 60 m, passeranno al di sotto del complesso cimiteriale di via Porta degli Angeli. L'indice di vulnerabilità attribuito ad entrambe le unità, che costituiscono il cimitero in oggetto, è inferiore a 40, quindi, di una vulnerabilità bassa. Si prevede di installare n. 3 postazioni inclinometriche e piezometriche integrandole, in corso d'opera, con controlli topografici.

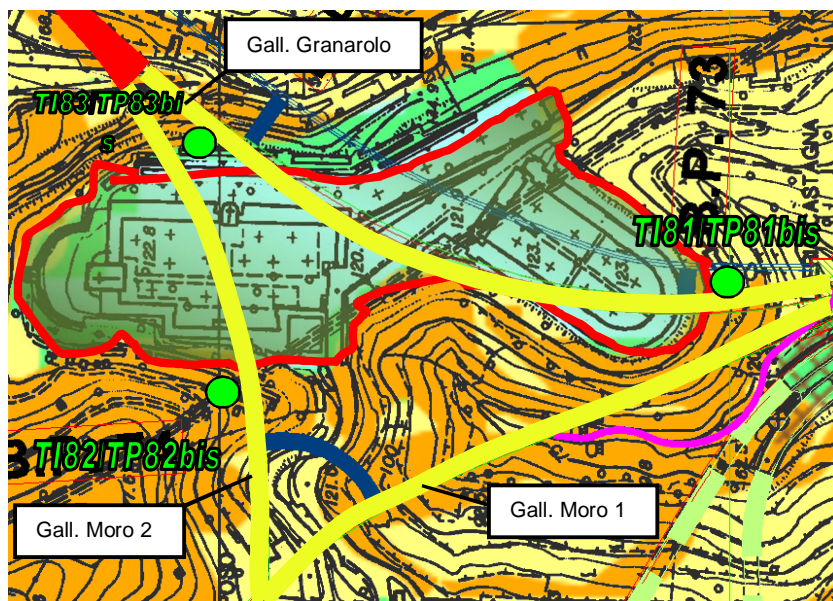


Figura 12 È Sito Moro1 - Granarolo



Strumentazione di monitoraggio prevista dal piano di monitoraggio

| Codice Area | Sito/Opera                          | Strumentazione geotecnica da installare                      |
|-------------|-------------------------------------|--|
| NG-GE-VE    | Vesima                              | TI01/TP01bis<br>TI02/TP02bis<br>TI03/TP03bis<br>TI04/TP04bis |
| NG-GE-VS03  | Viabilità di Servizio VS03          | TI11/TP01bis<br>TI12/TP02bis<br>TI13/TP02bis                 |
| NG-GE-DG    | Voltri . Delle Grazie               | TI21/TP21bis<br>TI22/TP22bis<br>TI23/TP23bis                 |
| NG-GE-GA    | Parco di Villa Duchessa di Galliera | TI31/TP31bis<br>TI32/TP32bis<br>TI33/TP33bis                 |
| NG-GE-ME    | Monterosso Est                      | TI41/TP41bis<br>TI42/TP42bis<br>TI43/TP43bis                 |
| NG-GE-SR    | San Rocco                           | TI51/TP51bis<br>TI52/TP52bis<br>TI53/TP53bis                 |
| NG-GE-BB    | Villa Bensa - Via del Brasile       | TI61/TP61bis<br>TI62/TP62bis<br>TI63/TP63bis                 |
| NG-GE-TO    | Torbella                            | TI71/TP71bis<br>TI72/TP72bis<br>TI73/TP73bis                 |
| NG-GE-MG    | Moro1-Granarolo                     | TI81/TP81bis<br>TI82/TP82bis<br>TI83/TP83bis                 |

Tabella 24 - Strumentazione geotecnica

Fasi di monitoraggio

Nella fase di monitoraggio in ante operam verrà effettuato un numero di campagne di misura inclinometriche e piezometriche tali da fornire una caratterizzazione significativa dello stato deformativo delle aree potenzialmente interessate dalle lavorazioni.

Indicativamente si prevedono le frequenze seguenti, da variare in funzione dei primi risultati acquisiti, a seguito dell'inizio delle attività ritenute critiche e del comportamento delle opere osservato:

- fase di ante operam

Eventuali monitoraggi pregressi e tre letture, comprensive della lettura di zero, prima dell'inizio delle fasi critiche delle attività realizzative.

- fase di corso d'opera

La frequenza dei rilievi è individuata in uno ogni trenta giorni.

Tale frequenza è puramente indicativa e potrà essere variata in funzione delle criticità riscontrate durante le fasi realizzative dell'opera prevedendo una diversa distribuzione temporale del numero di rilievi previsti. Si potrà ad esempio prevedere un rilievo ogni 10÷15 giorni, in condizioni di particolare criticità, per poi passare ad una frequenza minore nelle restanti fasi (ad es. 1 rilievo ogni tre mesi).

- fase di post operam

Un rilievo ogni tre mesi per il primo anno successivo alla realizzazione dell'opera sensibile.

In tabella 25 si riassume la frequenza di misure stabilita secondo la tipologia strumentale per i siti individuati:

| Tipologia di misura             | Ante Operam | Corso d'opera | Post Operam |
|---------------------------------|-------------|---------------|-------------|
| Piezometri (TP)                 | Trimestrali | Mensili*      | Trimestrali |
| Inclinometri (TI)               | Trimestrali | Mensili*      | Trimestrali |
| Estensimetri (TE)               | Trimestrali | Mensili*      | Trimestrali |
| Mire ottiche su fabbricato (MO) | -           | Mensili*      | -           |
| Vetrini graduati (VG)           | -           | Mensili*      | -           |

Tabella 25 - Frequenza di misura per le diverse tipologie strumentali previste nei siti individuati

\* la frequenza delle letture potrà subire variazioni considerando una possibile intensificazione delle stesse durante le fasi di scavo in galleria in prossimità dei ricettori sensibili individuati.

## 5. ASPETTI ORGANIZZATIVI

Per il coordinamento e l'esecuzione delle attività di monitoraggio risulta necessario un tipo di organizzazione ben strutturata e impostata secondo i seguenti criteri:

- uniformità e organicità delle risorse e delle procedure operative tra i vari settori di indagine;
- massima efficienza tecnica conseguente all'impiego di risorse di alto livello in tutte le componenti del sistema operativo (personale qualificato, strumentazione, supporti informatici) e alla stretta integrazione tra attività di campo e gestione dei dati nei diversi ambiti tematici del monitoraggio;
- massimo grado di oggettivazione di tutte le fasi di attività, attraverso l'esplicitazione e la visibilità esterna delle risorse professionali e strumentali impiegate, delle procedure di validazione e di trattamento informatico dei dati, delle modalità di diffusione delle informazioni;
- gestione unitaria di tutte le funzioni connesse con l'attività di monitoraggio: dalle operazioni di misura e trattamento dati, ai rapporti con enti esterni di controllo e di interscambio di informazioni, alla consulenza specialistica relativa ad interventi ed azioni preventive o mitigative degli impatti sull'ecosistema, alla gestione di situazioni di emergenza.

Il raggiungimento di tali obiettivi è possibile solo attraverso una organizzazione in grado di coprire tutte le competenze necessarie alle diverse fasi dell'attività e alle diverse componenti ambientali considerate.

Di seguito si riportano sinteticamente alcune indicazioni relative alla struttura funzionale del sistema.

### 5.1. Struttura operativa

La struttura operativa dedicata all'esecuzione del monitoraggio si baserà su una organizzazione finalizzata alla garanzia dei risultati nell'esecuzione delle misure ed alla possibilità di gestire, analizzare ed accorpate i singoli rilievi in modo da monitorare la qualità dell'ambiente nelle tre fasi ante, corso e post operam; l'intero sistema dovrà pertanto essere strutturato in modo da risultare operativo durante tutte le fasi di realizzazione dell'opera fino ai primi 12 mesi dalla sua entrata in esercizio.

L'attiva collaborazione con i tecnici della D.LL consentirà di gestire le eventuali situazioni di emergenza che si dovessero presentare nel corso delle lavorazioni, minimizzando gli impatti e mitigando quelli residui.

Per quanto riguarda le attività operative, queste possono essere sintetizzate in tre momenti salienti:

- Esecuzione di misure . affidata alla squadra di campo e, in parte, a laboratori di analisi chimiche, in grado di garantire la qualità e l'attendibilità delle singole misurazioni;
- Organizzazione dei dati . affidata ad un gruppo di lavoro interdisciplinare, formato da tecnici delle diverse componenti ambientali e territoriali, in grado di gestire la mole dei dati provenienti dalle diverse campagne di misura e gestire la complessa banca dati;
- Analisi e commento dei risultati . sviluppato dallo stesso gruppo di lavoro interdisciplinare, ma verificato da esperti nelle singole componenti ambientali e

territoriali in grado di garantire l'esperienza e la conoscenza scientifica necessaria alla comprensione dei fenomeni in atto e di rappresentare un valido supporto specialistico nei rapporti con gli Enti di controllo.

Lo strumento operativo informatico che consentirà tale organizzazione è rappresentato dal Sistema Informativo di Gestione del Monitoraggio Ambientale (SIGMA), attraverso il quale vengono unificati gli standard di input e output delle informazioni e vengono messi in relazione i dati acquisiti nei diversi settori di monitoraggio. L'adozione di un sistema GIS ad esso collegato consentirà, inoltre, di proiettare sul territorio le singole misure sperimentali e le successive elaborazioni.

Lo sviluppo del monitoraggio prevede infatti un controllo dei singoli dati strumentali e sperimentali attraverso procedure interne alle singole componenti in modo che, al momento dell'inserimento nel SIM, essi possano rappresentare e descrivere l'effettivo livello dell'indicatore misurato e fornire una base attendibile per le successive elaborazioni.

## 5.2. Definizioni soglie monitoraggio ambientale

Al fine di tutelare l'ambiente eventualmente impattato dalle lavorazioni dei cantieri autostradali, oltre ai controlli ordinari, l'attività di monitoraggio ambientale comprende anche la gestione delle criticità ambientali; nell'ambito delle procedure per la gestione di tali criticità svolge quindi un ruolo di primaria importanza la definizione di soglie di attenzione ed attivazione che consentano l'attivazione di procedure di emergenza prima del superamento dei limiti di legge.

Alla luce dell'esperienza maturata per i lavori della Variante di Valico e della terza corsia Barberino di Mugello - Firenze Sud e al contributo fornito su questo tema dall'Osservatorio Ambientale, dai Supporti Tecnici (ARPAT e ARPA) e dal prof. S. Malcevski (Università di Pavia), viene illustrata nel presente documento una proposta per la definizione di soglie di intervento in caso di eventi anomali causati dalle attività di cantiere.

In generale nella gestione delle anomalie e delle criticità è necessaria una accurata valutazione dei dati acquisiti nella fase ante operam e delle eventuali cause esterne alle lavorazioni autostradali. Specifiche valutazioni devono essere effettuate nelle situazioni in cui si registrano valori di ante operam già prossimi ai valori di soglia o addirittura superiori, al fine di individuare le giuste procedure ed i criteri che consentano di coniugare gli obiettivi di tutela ambientale con la realizzazione delle opere secondo i tempi e le modalità previste.

Si riportano sinteticamente i criteri proposti sulle soglie di azione per il monitoraggio ambientale, nel quale sono individuati tre approcci metodologici per la definizione dei valori di soglia.

### Definizione delle soglie tramite il criterio C1

Le soglie vengono definite partendo dai riferimenti normativi presenti anche se non strettamente cogenti, si veda ad esempio il settore idrico, dove partendo dalla classificazione delle acque a specifica destinazione d'uso (acque destinate alla vita dei pesci, produzione di acqua potabile, ex 152/99 . sostituita dal 152/06) o in base agli obiettivi di qualità ambientale (ex 152/99, 2000/60/CE e nuovo 152/06) si perveniva alla definizione dei valori di soglia per numerosi parametri.

### Definizione delle soglie tramite criteri C2 e C3

Nella proposta di soglie vengono individuati alcuni criteri statistici per definire le soglie di azione; il primo criterio (C2) individua una soglia di azione in funzione dei dati di ante operam (soglia di attenzione = media dell'ante operam più 2 volte la deviazione standard, soglia di attenzione così calcolata è pari al 75% del valore di attivazione); il secondo (C3) si basa sul concetto di peggioramento progressivo utilizzando cioè i dati delle ultime cinque campagne di misure (soglia di attenzione = media degli ultimi 5 valori più due volte il valore della deviazione standard; la soglia di attenzione risulta pari al 75% del valore di attivazione).

Pertanto al termine della fase ante operam, al fine di definire i valori di tutela ambientale che esprimano effettivamente la compatibilità con le attività previste per la realizzazione del progetto autostradale, saranno stabilite le **soglie di azione** da attribuire ai principali indicatori ambientali individuati per le diverse componenti monitorate.

### **5.3. Procedure di prevenzione delle criticità**

Un elemento essenziale dell'attività di monitoraggio è costituito dalla gestione delle eventuali emergenze ambientali che si dovessero verificare nell'ambito dei lavori autostradali di ampliamento alla terza corsia; le procedure qui proposte dovranno naturalmente essere oggetto di confronto e di definizione di maggior dettaglio con gli Enti di controllo interessati.

In linea generale la gestione delle emergenze ambientali è basata sul confronto tra i dati rilevati dal monitoraggio e gli eventuali limiti normativi esistenti e sulla successiva definizione degli interventi necessari in caso di superamento dei limiti stessi.

Il confronto dei parametri con i limiti normativi non si applica in ogni caso a tutti i parametri ambientali monitorati, ma soltanto ad un numero ridotto di questi, costituito da quei parametri che presentano un preciso significato come indicatori di qualità/criticità.

Nell'ottica del controllo dei limiti imposti dalla normativa non sono invece considerati i parametri facenti parte delle due seguenti categorie:

- descrittori delle condizioni al contorno, su cui non ci possono essere interventi da parte dei soggetti gestori (in pratica i parametri meteo-climatici);
- descrittori di caratteristiche delle variabili ambientali effettivamente utilizzate come indicatori di qualità/criticità, che aiutano ad interpretare i risultati ma non offrono di per sé specifici orientamenti valutativi.

Al verificarsi del superamento del valore preso a riferimento per la variabile ambientale considerata, il Responsabile del Monitoraggio è tenuto ad informare gli Enti di controllo - individuati come referenti del monitoraggio ambientale - della anomalia riscontrata.

Successivamente lo staff tecnico del monitoraggio, con il supporto degli esperti nei settori interessati, procede ai necessari sopralluoghi e ad una prima analisi, da cui possono derivare le seguenti considerazioni:

- assenza di anomalia (per esempio nel caso in cui si riscontri una variazione strumentale o si verifichi il carattere naturale dei fenomeni in corso);
- presenza di uno stato di criticità ambientale di origine antropica la cui causa sia inequivocabilmente esterna all'ambito dei lavori (per esempio un fenomeno di inquinamento di corsi d'acqua dovuto a scarichi prodotti da altre attività);

- presenza di uno stato di criticità ambientale di origine antropica la cui causa non sia immediatamente identificabile o sia attribuibile all'ambito dei lavori.

Nei primi due casi non si dà luogo ad azioni particolari, ma si dà ugualmente evidenza del fenomeno producendo la necessaria documentazione interpretativa che verrà trasmessa agli Enti di controllo.

Nel terzo caso il Responsabile del monitoraggio, con il supporto di tutto lo staff tecnico e attraverso il confronto con la D.LL., procede all'analisi del fenomeno registrato e successivamente alla trasmissione di una nota informativa tecnica, avendo cura di evidenziare quali provvedimenti immediati siano stati intrapresi e/o che si prevede di attuare, ivi compresa la eventuale sospensione delle attività causa dell'anomalia, per evitare il raggiungimento dei valori limite o il perdurare di una situazione critica.

## 6. SISTEMA INFORMATIVO

Come sopra specificato, per rispondere alle esigenze legate alla gestione delle misure eseguite nell'ambito del Monitoraggio Ambientale si prevede la realizzazione di un Sistema Informativo di Gestione del Monitoraggio Ambientale (SIGMA), che costituisce uno degli elementi fondanti l'intero sistema predisposto per l'esecuzione del monitoraggio.

Il monitoraggio ambientale comporta lo svolgimento di attività sul campo in un dato intervallo di tempo, e quindi una conseguente attività di registrazione, elaborazione e diffusione dei dati rilevati. Tutti i dati provenienti dalle attività di monitoraggio confluiranno in questo sistema di gestione informatizzato.

Per poter gestire dati rilevanti sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo, è di fondamentale importanza l'architettura del sistema informativo che prende in carico le informazioni; infatti il SIGMA deve tener conto della diversità di dati che sono raccolti a seconda degli indicatori, raggruppati nelle varie componenti ambientali e territoriali:

- **ATMOSFERA**
  - Sensori remoti con acquisizione in automatico e trasmissione in continuo attraverso la rete
  - Misure strumentali con operatore
- **RUMORE**
  - Misure strumentali con operatore
- **VIBRAZIONI**
  - Misure strumentali con operatore
- **ACQUE SUPERFICIALI**
  - Campagne di misura e rilievo in situ
- **ACQUE SOTTERRANEE**
  - Campagne di misura e rilievo in situ
- **ACQUE MARINE**
  - Campagne di misura e rilievo in situ
- **VEGETAZIONE**
  - Campagne di misura e rilievo in situ
- **FAUNA**
  - Campagne di misura e rilievo in situ
- **ASSETTO FISICO DEL TERRITORIO**
  - Misure strumentali con operatore

L'esecuzione dei rilievi, quale attività di routine, può avvenire per mezzo di campagne periodiche di misura o stazioni fisse strumentali con registrazione in continuo; a ciò si aggiungono le attività di acquisizione dati con accertamenti mirati per la gestione delle criticità e con sopralluoghi in situ per seguire da vicino l'andamento dei lavori o specifiche problematiche.

In particolare il Sistema Informativo di Gestione del Monitoraggio Ambientale servirà ad automatizzare i processi di caricamento e validazione dei dati, a preservare in forma strutturata i dati rilevati, ad estrarre i dati per analisi specialistiche e a supportare la produzione di elaborati che rispettino gli standard Spea e quelli richiesti dalla Committenza e dagli Enti di Controllo.

Il sistema sarà integralmente on-line e basato su tecnologie web; i principali vantaggi di tale scelta sono: informazioni e funzionalità disponibili sempre ed ovunque (basta avere una connessione internet); accessibili da qualsiasi dispositivo (pc, mac, tablet, smartphone, ecc.); nessun software da installare in locale per la consultazione dei dati (è sufficiente disporre di un comune browser, ormai disponibile gratuitamente su tutti i sistemi operativi).

Il SIGMA consentirà quindi la gestione dei dati attraverso una stretta integrazione fra elementi cartografici, dati alfanumerici descrittivi delle aree di monitoraggio e dati quali - quantitativi provenienti dalle misurazioni periodiche, nonché il confronto di tutti i parametri appartenenti ad un determinato ambito di monitoraggio nel corso del tempo; la peculiarità del sistema sarà quella di essere in grado di ospitare in forma organizzata, senza limitazione alcuna, qualsiasi tipologia di informazione numerica, alfanumerica, grafica o documentale proveniente da attività di monitoraggio del territorio.

Il sistema sarà composto da ~~motori~~ motori+di gestione indipendenti, controllati da un modulo principale; queste componenti, denominate ~~motori~~ motori+, saranno configurabili dagli utenti (amministratori di sistema) e garantiranno una capacità di adattamento a potenziali nuove esigenze..

I motori saranno dedicati a:

- interfacciamento con l'utente
- importazione dati e pre-elaborazione
- elaborazione/validazione dati
- ricerca e visualizzazione dati
- esportazione dei dati

Diversi livelli di accesso al sistema permetteranno all'utente connesso di accedere alle sole parti di competenza e alle sole funzioni ad esso assegnate (inserimento, validazione, estrazione, ecc.).

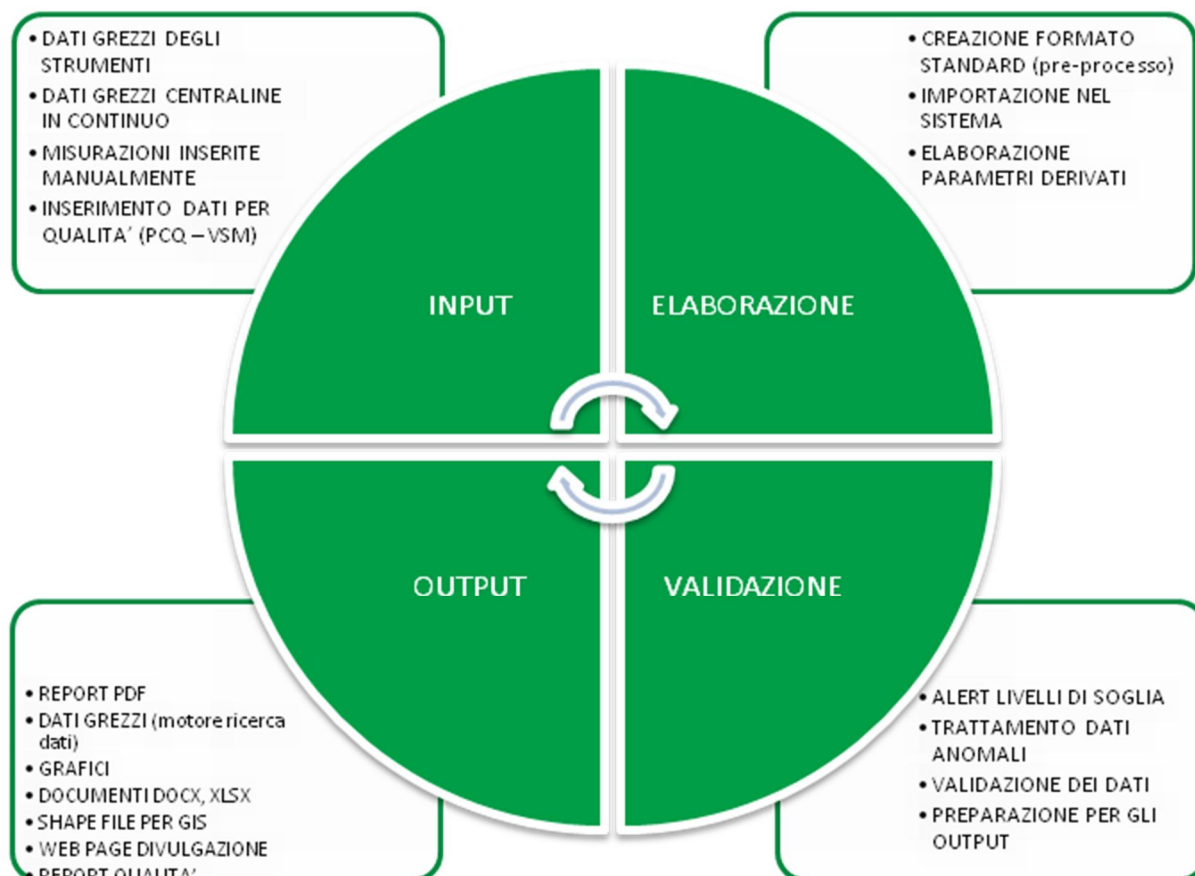
Gli utenti amministratori saranno invece in grado di configurare e gestire tutte le componenti del sistema, dalla gestione dei siti di misura alla configurazione dei parametri misurati, dalla grafica degli output alla ~~adozione~~ adozione di una nuova strumentazione, ecc.

Il SIGMA si baserà su quattro componenti funzionali:

1. **INPUT**: funzionalità di importazione automatizzata o semi-automatizzata dei dati provenienti dagli strumenti e inserimento manuale dei dati (reperti di laboratorio, censimenti, ecc).
2. **ELABORAZIONE**: funzionalità (automatizzate e/o manuali) che operano sui dati importati/inseriti consentendo di ricavare dati derivati o aggregati.
3. **VALIDAZIONE**: funzionalità di validazione (automatica e/o manuale) dei dati rispetto a soglie/limiti predefiniti.



4. **OUTPUT**: funzionalità (automatizzate e/o manuali) per ricercare ed estrarre i dati in funzione delle specifiche esigenze e per esportare gli stessi in diversi formati, anche tramite report



I dati potranno essere inseriti nel sistema manualmente dagli utenti abilitati oppure automaticamente. Tramite il sistema sarà possibile associare ogni singolo strumento ad uno degli algoritmi di decodifica predefiniti per la sua successiva importazione automatica.

Una volta importati i dati, SIGMA è in grado di riconoscere automaticamente (grazie ad opportune configurazioni) se l'inserimento effettuato richiede il calcolo di parametri derivati o aggregati (es. indici) che devono diventare essi stessi nuovi parametri da immagazzinare nella base dati.

Il processo di validazione dei dati è basato su due diversi criteri: i valori soglia e la % approvazione del dato.

I valori soglia sono dei limiti numerici predefiniti a livello di parametro oltrepassati i quali i dati inseriti saranno segnalati agli operatori tramite un sistema di allarme (invio immediato di e-mail/ SMS). I dati che superano i livelli di soglia sono isolati in attesa di un controllo manuale.

I valori soglia di ogni singolo parametro possono essere anche collegati allo spazio (es. sito di misura) e/o al tempo (periodo).

L'approvazione del dato è un processo manuale tramite il quale viene confermata la congruità del dato. I dati importati nel sistema non sono disponibili per i successivi trattamenti fino a quando non vengono certificati dagli operatori incaricati.

SIGMA consente la libera interrogazione della base dati attraverso un motore di interrogazione. I dati estratti tramite le query vengono visualizzati a video e possono essere esportati in formati standard per successivi trattamenti o elaborazioni.