

COMMITTENTE



COMUNE DI GENOVA

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
ALBERTO BITOSSI
IL DIRETTORE ESECUTORE DEL CONTRATTO
ANTONIO ROSSA

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER
IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE
CONNESSE)**

PROGETTAZIONE

MANDANTARIA



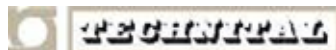
MANDANTE

MANDANTE

MANDANTE



Società



STUDIO DI FATTIBILITA' AMBIENTALE

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE

Dott. Ing. Alessandro Peresso

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

E 2 1 D 0 2 D Z 1 R H I M 0 0 0 2 0 0 4 D

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Angelotti	01/2022	A. Bettinetti	01/2021	M. Marinelli	01/2022	A. Peresso	01/2022
B	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Angelotti	02/2022	A. Bettinetti	02/2022	M. Marinelli	02/2022	A. Peresso	02/2022
C	VARIAZIONE TEAM DI COMMESSA	F. Angelotti	05/2022	A. Bettinetti	05/2022	M. Marinelli	05/2022	A. Peresso	05/2022
D	REVISIONE A SEGUITO DI ISTRUTTORIA	F. Angelotti	08/2022	A. Bettinetti	08/2022	M. Marinelli	08/2022	A. Peresso	09/2022

File: E21D 02 D Z1 RH IM0002 004 D

n. Elab.: 36

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>2 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	2 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	2 di 59								

Sommario

1	INTRODUZIONE	4
1.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2	INDIRIZZI METODOLOGICI GENERALI	5
2.1	OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE	5
2.2	REQUISITI DEL PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	5
2.3	CRITERI GENERALI DI SVILUPPO DEL PMA.....	6
2.4	INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE	7
2.5	STAZIONI/PUNTI DI MONITORAGGIO	8
2.6	PARAMETRI ANALITICI	8
2.7	ARTICOLAZIONE TEMPORALE DELLE ATTIVITÀ	9
3	FINALITA' DEL MONITORAGGIO PER IL PROGETTO IN ESAME	11
3.1	COMPONENTI AMBIENTALI DA MONITORARE	11
3.2	LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI MONITORAGGIO	12
3.3	FREQUENZA DEI RILIEVI	12
4	CRITERI SPECIFICI PER LE SINGOLE COMPONENTI.....	14
4.1	RIFERIMENTI NORMATIVI	14
4.1.1	<i>Leggi e norme vigenti in materia di rumore.....</i>	14
4.1.2	<i>Leggi e norme vigenti in materia di vibrazioni.....</i>	14
4.1.3	<i>Leggi e norme vigenti in materia di acque superficiali.....</i>	14
4.1.4	<i>Leggi e norme vigenti in materia di qualità dell'aria</i>	15
4.2	RUMORE.....	16
4.2.1	<i>Indicatori acustici.....</i>	17
4.2.2	<i>Metodiche di monitoraggio</i>	22
4.2.3	<i>Restituzione dei risultati e metodiche di analisi.....</i>	22
4.2.4	<i>Metodiche di monitoraggio del rumore.....</i>	24

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>3 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	3 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	3 di 59								

4.2.5	<i>Ricettori selezionati</i>	30
4.3	VIBRAZIONI	36
4.3.1	<i>Indicatori vibrometrici</i>	38
4.3.2	<i>Metodiche di monitoraggio</i>	41
4.3.3	<i>Restituzione dei risultati e metodiche di analisi</i>	41
4.3.4	<i>Metodiche di monitoraggio delle vibrazioni</i>	43
4.3.5	<i>Ricettori selezionati</i>	50
4.4	ACQUE SUPERFICIALI	50
4.4.1	<i>Premessa</i>	50
4.4.2	<i>Articolazione temporale del monitoraggio</i>	51
4.4.3	<i>Parametri</i>	51
4.4.4	<i>Modalità di campionamento</i>	51
4.4.5	<i>Ubicazione dei punti di monitoraggio</i>	52
4.5	QUALITÀ DELL'ARIA.....	53
4.5.1	<i>Articolazione temporale del monitoraggio</i>	53
4.5.2	<i>Parametri</i>	54
4.5.3	<i>Modalità di campionamento e di restituzione dei dati</i>	54
4.5.4	<i>Ubicazione dei punti di monitoraggio</i>	57

ALLEGATO A

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>4 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	4 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	4 di 59								

1 INTRODUZIONE

Il presente Progetto di Monitoraggio Ambientale (di seguito PMA) illustra i contenuti, i criteri, le metodologie, l'organizzazione e le risorse che saranno impiegate per attuare il Monitoraggio Ambientale (MA) nell'ambito del progetto definitivo del *Sistema degli assi di forza per il trasporto pubblico locale (rete filoviaria e strutture connesse)* da realizzarsi in Comune di Genova.

Il PMA è stato redatto secondo le “*Linee guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.; D.Lgs.163/2006 e s.m.i.)*”.

1.1 Documenti di riferimento

- MATTM – DVA - Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs 152/2006 e s.m.i.; D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.); data di pubblicazione: 26/01/2018.
- ISPRA - Elementi per l'aggiornamento delle norme tecniche in materia di valutazione ambientale – Manuali e Linee guida 109/2014.
- Commissione Speciale VIA – Linee Guida per il Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle infrastrutture strategiche ed insediamenti produttivi di cui al Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163 – Rev. 2 del 23 luglio 2007.
- Ercole S., Giacanelli V., Bacchetta G., Fenu G., Genovesi P. (ed.), 2016. Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: specie vegetali. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 140/2016.
- Stoch F., Genovesi P. (ed.), 2016. Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: specie animali. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 141/2016.
- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale e ss.mm.ii..
- Angelini P., Casella L., Grignetti A., Genovesi P. (ed.), 2016. Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: habitat. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 142/2016.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>5 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	5 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	5 di 59								

2 INDIRIZZI METODOLOGICI GENERALI

2.1 Obiettivi del monitoraggio ambientale

Gli obiettivi del monitoraggio ambientale (MA) e le conseguenti attività programmate e caratterizzate nell'ambito del PMA sono rappresentati da:

- verifica dello scenario ambientale di riferimento utilizzato nello Studio di Fattibilità Ambientale e caratterizzazione delle condizioni ambientali da confrontare con le successive fasi di monitoraggio mediante la rilevazione dei parametri caratterizzanti lo stato delle componenti ambientali e le relative tendenze in atto prima dell'avvio dei lavori per la realizzazione dell'opera (monitoraggio ante operam o monitoraggio dello scenario di base);
- verifica delle previsioni degli impatti ambientali e delle variazioni dello scenario di base mediante la rilevazione dei parametri presi a riferimento per le diverse componenti ambientali soggette ad un impatto significativo a seguito dell'attuazione dell'opera nelle sue diverse fasi (monitoraggio degli effetti ambientali in corso d'opera e post operam o monitoraggio degli impatti ambientali); tali attività consentono di:
 - verificare l'efficacia delle misure di mitigazione previste nel SIA per ridurre la significatività degli impatti ambientali individuati in fase di cantiere e di esercizio;
 - individuare eventuali impatti ambientali non previsti o di entità superiore rispetto alle previsioni contenute nello SFA e programmare le opportune misure correttive per la loro gestione/risoluzione;
 - comunicazione degli esiti delle attività di cui ai punti precedenti (alle autorità preposte ad eventuali controlli, al pubblico).

2.2 Requisiti del progetto di monitoraggio ambientale

Coerentemente con gli obiettivi da perseguire, il presente PMA soddisfa i seguenti requisiti:

- ha per oggetto la programmazione del monitoraggio delle componenti/fattori ambientali per i quali, in coerenza con quanto documentato nello Studio di Fattibilità Ambientale, sono stati individuati impatti ambientali significativi generati dall'attuazione dell'opera;
- è commisurato alla significatività degli impatti ambientali previsti nello Studio di Fattibilità Ambientale (estensione dell'area geografica interessata e caratteristiche di sensibilità/criticità delle aree potenzialmente soggette ad impatti significativi;

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>6 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	6 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	6 di 59								

ordine di grandezza qualitativo e quantitativo, probabilità, durata, frequenza, reversibilità, complessità degli impatti);

- ove possibile, è coordinato o integrato con le reti e le attività di monitoraggio svolte dalle autorità istituzionalmente preposte al controllo della qualità dell'ambiente;
- rappresenta uno strumento tecnico-operativo di programmazione delle attività di monitoraggio ambientale che discendono da dati, analisi e valutazioni già contenute nel Progetto e nello Studio di Fattibilità Ambientale, con contenuti sufficientemente efficaci, chiari e sintetici e senza duplicazioni: le descrizioni di aspetti a carattere generale, non strettamente riferibili alle specifiche finalità operative del PMA, sono ridotte al minimo.

2.3 Criteri generali di sviluppo del PMA

La predisposizione del PMA ha seguito il seguente percorso metodologico ed operativo:

1. identificazione delle azioni di progetto che generano, per ciascuna fase (ante operam, in corso d'opera, post operam), impatti ambientali significativi sulle singole componenti ambientali (fonte: progetto, nello Studio di Fattibilità Ambientale e studi specialistici);
2. identificazione delle componenti/fattori ambientali da monitorare (fonte: progetto, nello Studio di Fattibilità Ambientale e studi specialistici); sulla base delle azioni di progetto identificate sono state selezionate le componenti ambientali trattate nel PMA in quanto interessate da impatti ambientali significativi negativi e per le quali sono state individuate misure di mitigazione la cui efficacia deve essere verificata mediante monitoraggio ambientale.

Nell'ambito del PMA sono quindi definiti:

- le aree di indagine all'interno delle quali programmare le attività di monitoraggio e localizzare le stazioni/punti di monitoraggio;
- i parametri analitici descrittivi dello stato quali-quantitativo della componente/fattore ambientale attraverso i quali controllare l'evoluzione nello spazio e nel tempo delle sue caratteristiche, la coerenza con le previsioni effettuate nello Studio di Fattibilità Ambientale (stima degli impatti ambientali), l'efficacia delle misure di mitigazione adottate;
- le tecniche di campionamento, misura ed analisi e la relativa strumentazione;
- la frequenza dei campionamenti e la durata complessiva dei monitoraggi nelle diverse fasi temporali;

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>7 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	7 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	7 di 59								

- le metodologie di controllo di qualità, validazione, analisi ed elaborazione dei dati del monitoraggio per la valutazione delle variazioni nel tempo dei valori dei parametri analitici utilizzati;
- le eventuali azioni da intraprendere (comunicazione alle autorità competenti, verifica e controllo efficacia azioni correttive, indagini integrative sulle dinamiche territoriali e ambientali in atto, aggiornamento del programma lavori, aggiornamento del PMA) in relazione all'insorgenza di condizioni anomale o critiche inattese rispetto ai valori di riferimento assunti.

2.4 Individuazione delle aree di indagine

L'individuazione dell'area di indagine è stata effettuata in base ai criteri analitico-previsionali utilizzati nel SIA per la stima degli impatti sulle diverse componenti/fattori ambientali.

Le aree sono state differenziate in funzione dei criteri di indagine e delle potenzialità di interferenza con le diverse componenti ambientali in esame.

L'individuazione dell'area di indagine è stata effettuata tenendo conto delle caratteristiche del contesto ambientale e territoriale con particolare riguardo alla presenza di ricettori ovvero dei "bersagli" dei possibili effetti/impatti con particolare riferimento a quelli "sensibili".

I "ricettori" sono rappresentati dai sistemi, o elementi di un sistema naturale o antropico, che sono potenzialmente esposti agli impatti generati da una determinata sorgente di pressioni ambientali: la popolazione, i beni immobili, le attività economiche, i servizi pubblici, i beni ambientali e culturali.

La "sensibilità" del ricettore è definita in relazione a:

- tipologia di pressione cui è esposto il ricettore;
- valore sociale, economico, ambientale, culturale;
- vulnerabilità: è la propensione del ricettore a subire gli effetti negativi determinati dall'impatto in relazione alla sua capacità (o incapacità) di fronteggiare alla specifica pressione ambientale;
- resilienza: è la capacità del ricettore di ripristinare le sue caratteristiche originarie dopo aver subito l'impatto generato da una pressione di una determinata tipologia ed entità ed è pertanto anch'essa connessa alle caratteristiche intrinseche proprie del ricettore.

-

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>8 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	8 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	8 di 59								

2.5 Stazioni/punti di monitoraggio

All'interno dell'area di indagine sono stati individuati le stazioni/punti di monitoraggio necessarie alla caratterizzazione dello stato quali-quantitativo di ciascuna componente/fattore ambientale nelle diverse fasi (ante operam, corso d'opera e post operam).

La localizzazione e il numero dei punti di monitoraggio è stata effettuata sulla base dei seguenti criteri generali:

- significatività/entità degli impatti attesi (ordine di grandezza qualitativo e quantitativo, probabilità, durata, frequenza, reversibilità, complessità);
- estensione territoriale delle aree di indagine;
- sensibilità del contesto ambientale e territoriale (presenza di ricettori "sensibili");
- criticità del contesto ambientale e territoriale (presenza di condizioni di degrado ambientale, in atto o potenziali);
- presenza di altre reti/stazioni di monitoraggio ambientale gestite da soggetti pubblici o privati che forniscono dati sullo stato quali-quantitativo della componente/fattore ambientale monitorata e costituiscono un valido riferimento per l'analisi e la valutazione dei dati acquisiti nel corso del MA;
- presenza di pressioni ambientali non imputabili all'attuazione dell'opera (cantiere, esercizio) che possono interferire con i risultati dei monitoraggi ambientali e che devono essere, ove possibile, evitate o debitamente considerate durante l'analisi e la valutazione dei dati acquisiti nel corso del MA; la loro individuazione preventiva consente di non comprometterne gli esiti e la validità del monitoraggio effettuato e di correlare a diverse possibili cause esterne gli esiti del monitoraggio stesso.

2.6 Parametri analitici

La scelta dei parametri ambientali che caratterizzano lo stato quali-quantitativo di ciascuna componente/fattore ambientale, rappresenta l'elemento più rilevante per il raggiungimento degli obiettivi del MA ed è focalizzata sui parametri effettivamente significativi per il controllo degli impatti ambientali attesi.

La selezione dei parametri significativi da monitorare nelle varie fasi (ante operam, in corso d'opera, post operam) e la definizione della frequenza/durata delle rilevazioni e delle metodologie di campionamento ed analisi per ciascuna componente/fattore ambientale sono state effettuate sulla base dei Criteri specifici individuati nelle Linee Guida.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>9 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	9 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	9 di 59								

Per ciascun parametro analitico individuato per caratterizzare sia lo scenario di base delle diverse componenti/fattori ambientali (monitoraggio ante operam) che gli effetti ambientali attesi (monitoraggio in corso d'opera e post operam), il PMA indica:

- valori limite previsti dalla pertinente normativa di settore, ove esistenti; in assenza di termini di riferimento saranno indicati i criteri e delle metodologie utilizzati per l'attribuzione di valori standard quali-quantitativi;
- range di naturale variabilità stabiliti in base ai dati contenuti nello Studio di Fattibilità Ambientale, integrati, ove opportuno, da serie storiche di dati, dati desunti da studi ed indagini a carattere locale, analisi delle condizioni a contorno (sia di carattere antropico che naturale) che possono rappresentare nel corso del MA cause di variazioni e scostamenti dai valori previsti nell'ambito dello Studio di Fattibilità Ambientale.
- valori "soglia" derivanti dalla valutazione degli impatti ambientali effettuata nell'ambito dello Studio di Fattibilità Ambientale. Tali valori rappresentano i termini di riferimento da confrontare con i valori rilevati con il monitoraggio ambientale in corso d'opera e post operam al fine di:
 - verificare la correttezza delle stime effettuate nello Studio di Fattibilità Ambientale e l'efficacia delle eventuali misure di mitigazione previste,
 - individuare eventuali condizioni "anomale" indicatrici di potenziali situazioni critiche in atto, non necessariamente attribuibili all'opera.
- metodologie analitiche di riferimento per il campionamento e l'analisi;
- metodologie di controllo dell'affidabilità dei dati rilevati; le metodologie possono discendere da standard codificati a livello normativo, ovvero da specifiche procedure ad hoc, standardizzate e ripetibili.
- criteri di elaborazione dei dati acquisiti;
- gestione delle "anomalie", in presenza di "anomalie" evidenziate dal MA nelle diverse fasi (AO, CO, PO) sono definite opportune procedure finalizzate prioritariamente ad accertare il rapporto tra l'effetto riscontrato (valore anomalo) e la causa (determinanti e relative pressioni ambientali) e successivamente ad intraprendere eventuali azioni correttive.

2.7 Articolazione temporale delle attività

Il PMA è sviluppato nelle tre fasi temporali nelle quali si svolgerà l'attività di Monitoraggio Ambientale (MA), caratterizzate da specifiche finalità:



**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA
PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E
STRUTTURE CONNESSE)**

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	10 di 59

FASE	DESCRIZIONE	FINALITÀ
<p><u>ANTE OPERAM</u> <u>(AO)</u></p>	<p>Periodo che precede l'avvio delle attività di cantiere</p>	<p>definire lo stato fisico dei luoghi, le caratteristiche dell'ambiente naturale ed antropico, esistenti prima dell'inizio delle attività;</p> <p>rappresentare la situazione di partenza, rispetto alla quale valutare la sostenibilità ambientale dell'Opera, che costituisce termine di paragone per valutare l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione dell'Opera;</p> <p>consentire la valutazione comparata con i controlli effettuati in corso d'opera, al fine di evidenziare specifiche esigenze ambientali ed orientare opportunamente le valutazioni di competenza degli Enti preposti al controllo;</p>
<p><u>IN CORSO D'OPERA</u> <u>(CO)</u></p>	<p>Periodo che comprende le attività di cantiere per la realizzazione dell'opera quali l'allestimento del cantiere, le specifiche lavorazioni per la realizzazione dell'opera, lo smantellamento del cantiere, il ripristino dei luoghi.</p>	<p>analizzare l'evoluzione di quegli indicatori ambientali, rilevati nello stato iniziale, rappresentativi di fenomeni soggetti a modifiche indotte dalla realizzazione dell'Opera, direttamente o indirettamente (es.: allestimento del cantiere);</p> <p>controllare situazioni specifiche, al fine di adeguare la conduzione dei lavori;</p> <p>identificare le criticità ambientali, non individuate nella fase ante operam, che richiedono ulteriori esigenze di monitoraggio.</p>
<p><u>POST OPERAM</u> <u>(PO)</u></p>	<p>Periodo che comprende le fasi di esercizio e di eventuale dismissione dell'opera</p>	<p>confrontare gli indicatori definiti nello stato ante operam con quelli rilevati nella fase di esercizio dell'Opera;</p> <p>controllare i livelli di ammissibilità, sia dello scenario degli indicatori definiti nelle condizioni ante operam, sia degli altri eventualmente individuati in fase di costruzione;</p> <p>verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione e compensazione, anche al fine del collaudo.</p>

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>11 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	11 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	11 di 59								

3 FINALITA' DEL MONITORAGGIO PER IL PROGETTO IN ESAME

3.1 Componenti ambientali da monitorare

Così come previsto dalle Linee Guida per il PMA, sono state individuate le componenti ambientali che saranno oggetto di monitoraggio.

Nel caso specifico sulla base delle informazioni e delle caratteristiche ambientali delineate nel SIA e nel rispetto dei criteri generali per lo sviluppo del PMA si distinguono le seguenti fasi principali:

- individuazione delle componenti per cui sono necessarie operazioni di monitoraggio;
- articolazione temporale delle attività nelle tre fasi (*ante-operam, in corso d'opera, post-operam*);
- individuazione aree sensibili e ubicazione dei punti di misura.

Le componenti che necessitano di monitoraggio sono quelle per cui nella fase di valutazione degli impatti potenziali sono emerse potenziali criticità. Dalle evidenze degli studi ambientali effettuati, sono state desunte le componenti ambientali più sensibili in relazione alla natura dell'opera ed alle potenziali interferenze, che richiedono quindi un monitoraggio, in tutta l'area interessata o in specifiche aree.

Fatte salve eventuali indicazioni e prescrizioni che possano pervenire in fase autorizzativa e che potranno essere recepite nella struttura di PMA, saranno quindi oggetto di monitoraggio le seguenti componenti e fattori ambientali:

- **Atmosfera:** saranno effettuati controlli per le emissioni dovute al traffico (*ante e post operam*) e dei materiali polverulenti in fase di cantiere (*corso d'opera*).
- **Ambiente idrico superficiale:** saranno effettuati controlli per le interferenze sulle acque superficiali con particolare riguardo alla fase di cantiere.
- **Clima acustico e Vibrazioni:** al fine di verificare il rispetto dell'impatto acustico e delle vibrazioni, presso alcuni recettori sensibili, saranno eseguite alcune campagne di misura nella fase in corso d'operam e post operam.

Per quanto riguarda la componente **Suolo e sottosuolo**, ai fini della caratterizzazione ambientale dei materiali di scavo ai sensi del D.P.R. 120/2017 nonché per la loro ammissibilità in impianto di recupero e/o discarica, sono stati condotti campionamenti e analisi chimiche tra maggio e luglio 2021.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>12 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	12 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	12 di 59								

Per le componenti per cui si prevedono operazioni di monitoraggio, si descrivono di seguito i criteri specifici di tali operazioni.

3.2 Localizzazione delle aree di monitoraggio

Per ogni singola componente, nei paragrafi che seguono, sono indicati i punti in cui è previsto il monitoraggio.

La Tavola A (Tavola A1 e A2) riporta una sintesi dei punti di monitoraggio individuati per le diverse componenti. La localizzazione dei punti per Rumore e Vibrazione è riportata, poi, nel dettaglio nell'Allegato A al presente PMA E21D02DZ1RHIM0004001A mentre per acque superficiali e atmosfera si propongono figure di dettaglio nei successivi paragrafi specifici per le suddette componenti.

La scelta delle aree di monitoraggio è stata effettuata attraverso un'attenta analisi delle opere in progetto e del contesto antropico in cui esse si inseriscono.

In particolare si è ritenuto opportuno privilegiare quelle aree in cui sono ipotizzabili livelli di compromissione ambientale maggiori determinati dall'entità delle attività previste e dalla maggior vicinanza del sistema ricettivo alle zone oggetto di intervento.

In fase di implementazione delle attività di monitoraggio, a partire dalle aree individuate, si dovrà procedere alla scelta di dettaglio del ricettore in cui svolgere i rilievi. Tale scelta dovrà essere effettuata combinando la fattibilità operativa del rilievi con la possibilità di documentare le situazioni maggiormente gravose o gli impatti in corrispondenza di ricettori particolarmente sensibili.

3.3 Frequenza dei rilievi

Al fine di avere un quadro completo della situazione nelle tre fasi oggetto di monitoraggio (ante operam, corso d'opera, post operam), sarà necessario svolgere una serie di campagne di rilievo da localizzare temporalmente in maniera adeguata.

In particolare, per quanto attiene Clima acustico e Vibrazioni, si dovrà prevedere, per la fase ante operam, una campagna da sviluppare in anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e in un periodo rappresentativo della rumorosità e dei livelli vibrazionali che mediamente interessano l'area; in particolare andranno evitati periodi particolarmente anomali quali giorni festivi e mesi caratterizzati da una significativa riduzione della popolazione (agosto).

Per la fase di corso d'opera si prevede di svolgere eventualmente anche più campagne per ogni postazione. La scelta dei periodi in cui effettuare i rilievi dovrà essere concordata tra il proponente dell'opere e gli enti di controllo al fine di documentare le lavorazioni maggiormente rumorose nella loro fase di avvio. In tal modo sarà possibile individuare tempestivamente eventuali situazioni critiche e, se necessario, prevedere adeguati

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>13 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	13 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	13 di 59								

interventi di contenimento. Si ritiene opportuno sottolineare che in fase di implementazione del piano sarà possibile effettuare ridistribuzioni dei rilievi in base alle necessità che potranno emergere a seguito delle attività di monitoraggio.

Per la fase di post operam è previsto lo svolgimento di una campagna da effettuare a lavorazioni ultimate ed in concomitanza all'entrata in esercizio della metropolitana. Analogamente alla fase di ante operam, i rilievi andranno effettuati in un periodo rappresentativo della rumorosità e dei livelli vibrazionali che mediamente interessano l'area.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>14 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	14 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	14 di 59								

4 CRITERI SPECIFICI PER LE SINGOLE COMPONENTI

4.1 Riferimenti normativi

4.1.1 Leggi e norme vigenti in materia di rumore

- D.P.C.M. 01 marzo 1991 “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”.
- Legge 26 ottobre 1995, n.447 “*Legge quadro sull’inquinamento acustico*”.
- D.P.C.M. 5 dicembre 1997 “*Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*”.
- Legge Regionale della Regione Liguria n. 12 del 20 marzo 1998 “*Norme in materia di inquinamento acustico*”.

4.1.2 Leggi e norme vigenti in materia di vibrazioni

- UNI 9916:2014: Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
- UNI 9614:2017: Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo

4.1.3 Leggi e norme vigenti in materia di acque superficiali

- Dm Ambiente 15 luglio 2016 - Monitoraggio degli elementi di qualità biologica delle acque - Attuazione direttiva 2014/101/Ue Modifiche all'allegato 1, parte III, del Dlgs 152/2006.
- Dm Ambiente 17 luglio 2009. Attuazione degli obblighi comunitari e nazionali in materia di acque - Predisposizione rapporti conoscitivi.
- Dm Ambiente 14 aprile 2009, n. 56. Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici - Articolo 75, Dlgs 152/2006.
- D.lgs. 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Dm Ambiente 6 novembre 2003, n. 367. D.lgs. 152/1999 - Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>15 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	15 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	15 di 59								

- Dm Ambiente 18 settembre 2002. Qualità delle acque – D.lgs. 152/1999 - Comunicazioni ed informazioni - Regioni e Province autonome.
- Legge 5 gennaio 1994, n. 36. Disposizioni in materia di risorse idriche.
- D.lgs. 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- D.P.R. 24 maggio 1988, n. 236. Qualità delle acque destinate al consumo umano.
- R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775 - Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici.

4.1.4 Leggi e norme vigenti in materia di qualità dell'aria

- D. Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 - Norme in materia ambientale
- D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155 - Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa
- D.M. del 30 marzo 2017 - Procedure di garanzia di qualità per verificare il rispetto della qualità delle misure dell'aria ambiente, effettuate nelle stazioni delle reti di misura
- L.R. 5/2010 e s.m.i. (modificato dal D.Lgs. 104/2017) - Norme in materia di valutazione di impatto ambientale
- D.g.r. n. 2605 del 30 novembre 2011 – Zonizzazione del territorio regionale in zone e agglomerati per la valutazione della qualità dell'aria ambiente ai sensi dell'art. 3 del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155 - Revoca della d.g.r. n. 5290/07
- Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.; D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Atmosfera (Capitolo 6.1) Rev.1 del 16/06/2014 – ISPRA – 2013
- D.Lgs. n. 155 del 13/08/2010: “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”.
- D.Lgs. n. 152 del 03/04/2006: “Norme in materia ambientale” e sue s.m.i.
- D.G.P. Firenze 03/11/2009 – n. 213: “Adozione delle linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti”.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>16 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	16 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	16 di 59								

4.2 Rumore

Le finalità del monitoraggio acustico relativamente alle fasi di ante operam e di corso d'opera, sono in termini generali riferibili a tre ordini di motivazioni:

- il monitoraggio come supporto alla normativa ambientale
- il monitoraggio per prevenire le alterazioni e i rischi ambientali
- il monitoraggio come supporto all'intervento

Il monitoraggio assume un ruolo di supporto alla normativa ambientale in tutti i casi in cui si verifica la necessità di controllare il rispetto di standard o valori limite definiti dalle leggi nazionali, come ad esempio i limiti massimi di rumore nell'ambiente esterno e nell'ambiente abitativo definiti dal D.P.C.M. 14.11.1997 in base alle classi di zonizzazione acustica del territorio.

Il monitoraggio ha una funzione di prevenzione nelle aree in cui lo stato attuale dell'ambiente è caratterizzato da una significativa criticità, in termini di indicatori di rumore pregressi o di ricettori esposti: in questi casi il controllo è una esigenza che deve essere valutata con estrema attenzione in sede di programmazione delle attività di monitoraggio. Prevenire l'insorgere di situazioni critiche, garantire il controllo delle aree in cui l'ambiente sonoro richiederebbe caratteristiche di estrema qualità, consente di evitare che si consolidino situazioni di eccessivo carico ambientale e di rischio.

Il monitoraggio è da intendersi come supporto all'intervento poiché fornisce l'opportunità di verificare l'efficacia di specifiche opere di mitigazione, relative alla fase di cantieristica, sia in termini di variazione degli indicatori fisici (livelli di rumore), sia di risposta delle comunità esposte. Queste conoscenze consentono di migliorare gli interventi già realizzati e di ottimizzare quelli da realizzare evitando errori, inefficienze e sprechi.

Relativamente alla fase di post operam, il monitoraggio ha l'obiettivo di verificare gli effettivi impatti dell'opera determinati dal suo esercizio e l'efficacia degli interventi progettuali definiti per il loro contenimento.

Il controllo del rumore nelle aree interessate dalla filovia e dai cantieri si configura quindi, 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 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. Infine nella fase di post operam il monitoraggio permette di controllare la compatibilità ambientale dell'opera nel suo esercizio.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>17 di 59</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	17 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	17 di 59								

4.2.1 Indicatori acustici

La caratterizzazione acustica di un ambiente o di una sorgente richiede la definizione di una serie di indicatori fisici per mezzo dei quali "etichettare" il fenomeno osservato.

Tale caratterizzazione, ottenuta con strumentazione conforme alle prescrizioni delle 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'area.

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.

A tali indicatori è fondamentale affiancare anche la valutazione dei parametri definiti dalla normativa comunitaria L_{den} e L_{night} recepiti dalla legislazione italiana (D.Lgs n.194/2005).

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 ecc. 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.

Gli indicatori diretti di rumore devono inoltre poter essere correlati con gli indicatori indiretti di emissione (traffico veicolare, composizione e velocità) e con gli indicatori meteorologici.

Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A"

L'indicatore ambientale primario per la caratterizzazione acustica di un ricettore è fornito dal livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A" definito dalla relazione analitica:

$$Leq(A)_T = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{(p_A(t))^2}{(p_0)^2} dt \right] \quad (\text{dBA})$$

dove:

$p_A(t)$: valore istantaneo della pressione sonora ponderata secondo la curva A (norma I.E.C. n. 651);

p_0 : valore della pressione sonora di riferimento assunta uguale a 20 micropascal in condizioni standard;

T: intervallo di tempo di integrazione.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>18 di 59</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	18 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	18 di 59								

Il livello equivalente di rumore esprime il livello energetico medio del rumore ponderato in curva A ed è utilizzato dal DPCM 14.11.1997 per la definizione dei limiti di accettabilità. Il limite di accettabilità viene corretto in presenza di componenti tonali e/o di componenti impulsive.

L_{den} e L_{night}

I parametri L_{den} e L_{night} sono stati definiti dalla Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25/06/02 e recepiti dalla normativa italiana con il Decreto Legislativo n°194 del 19/8/05.

La definizione di L_{den} contenuta nella Direttiva 2002/49/CE combina i livelli di pressione sonora rilevati definiti come media annuale considerando tre periodi di riferimento.

$$L_{den} = 10 \cdot \log \left(\frac{T_{day}}{24} \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + \frac{T_{evening}}{24} \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + \frac{T_{night}}{24} \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right) \quad (\text{dBA})$$

I periodi di riferimento indicati nella direttiva europea prevedono i seguenti orari:

- periodo diurno (day): dalle 7.00 alle 19.00, T_{day} = 12
- periodo serale (evening): dalle 19.00 alle 23.00, T_{evening} = 4
- periodo notturno (night): dalle 23.00 alle 7.00, T_{night} = 8

Nella fase di recepimento i singoli stati hanno la facoltà di definire autonomamente i periodi di riferimento. Per ciò che riguarda lo stato italiano la definizione dei periodi di riferimento è stata effettuata secondo la seguente logica:

- periodo diurno (day): dalle 6.00 alle 20.00, T_{day} = 14
- periodo serale (evening): dalle 20.00 alle 22.00, T_{evening} = 2
- periodo notturno (night): dalle 22.00 alle 6.00, T_{night} = 6

Pertanto la definizione del parametro L_{den} assume la seguente forma:

$$L_{den} = 10 \cdot \log \left(\frac{14}{24} \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + \frac{2}{24} \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + \frac{8}{24} \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right) \quad (\text{dBA})$$

Il livello L_{night} è definito come il livello ponderato A medio rilevato in tutti i periodi notturni di un anno.

Componenti tonali

Nel caso in cui si riconosca soggettivamente la presenza di componenti tonali di rumore il Decreto 16 marzo 1998 richiede che venga svolta una analisi spettrale del rumore per bande di 1/3 di ottava. Quando all'interno di una banda di 1/3 di ottava il livello di pressione sonora supera di almeno 5 dB i livelli di pressione sonora di ambedue le bande adiacenti ed è tangente ad una isofonica che si mantiene costantemente al di sopra dello

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>19 di 59</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	19 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	19 di 59								

spettro, viene riconosciuta la presenza di componenti tonali penalizzanti nel rumore. In tal caso il valore del rumore misurato in $Leq(A)$ deve essere maggiorato di 3 dBA.

Componenti impulsive

Con componenti impulsive si intendono quelle emissioni sonore aventi le seguenti caratteristiche:

- durata dell'evento a - 10 dB dal valore di L_{AFMAX} inferiore a 1 s
- l'evento è ripetitivo
- la differenza tra L_{AIMAX} e L_{ASMAX} è superiore a 6 dB

Se esistono componenti tonali il valore del rumore misurato in $Leq(A)$ deve essere maggiorato di 3 dBA.

Componenti bassa frequenza

Se le analisi in frequenza svolte per la verifica delle componenti tonali rileva la presenza di componenti tonali tra 20 Hz e 200 Hz si applica, limitatamente al pe-riodo notturno, una correzione ulteriore di 3 dBA.

Livelli percentili e analisi statistiche

Il livello equivalente di rumore utilizzato dalla normativa italiana come indicatore di riferimento è, per sua definizione, un dato cieco per quanto riguarda la natura delle sorgenti. I valori di livello equivalente che il sistema di rilevamento fornisce devono quindi poter essere interpretati con l'ausilio di altri indicatori sensibili alle caratteristiche delle sorgenti di rumore.

Questa esigenza è particolarmente sentita nei casi in cui il monitoraggio del rumore è affidato a stazioni fisse che, funzionando autonomamente senza l'ausilio costante di un tecnico, non sono accompagnate da un responso di "fonometria auricolare".

Gli indicatori che possono consentire la valutazione e l'interpretazione dei rilievi di rumore sono i livelli percentili, i livelli minimo e massimo, l'andamento temporale in dBA Fast, lo spettro di frequenza, ecc. L'analisi della distribuzione statistica in bande può inoltre in alcuni casi fornire una significativa opportunità per migliorare l'interpretazione dei dati rilevati. Gli indicatori che tuttavia hanno dimostrato la più alta specificità sono i livelli percentili L1, L10, L50, L90, L95, il livello massimo L_{MAX} e il livello minimo L_{MIN} .

Livello percentile L1

L'indice percentile L1 connota gli eventi di rumore ad alto contenuto energetico (livelli di picco): valori di $L1,h$ nel periodo notturno maggiori di 70,80 dBA rappresentano un indicatore di disturbo sul sonno da incrociare con la verifica dei L_{max} rilevati dalla time-history in dBA Fast.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>20 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	20 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	20 di 59								

Livello percentile L10

In presenza di sorgenti quasi-gaussiane quali alti flussi di traffico, L10 assume valori di qualche decibel (circa 2.5 dBA) più alti dei relativi valori di Leq,h (livello equivalente orario). Questa differenza diminuisce in presenza di eventi ad alto contenuto energetico verificabili dall'andamento temporale dei LMAX e Leq,h può anche diventare più alto di L10.

Il livello percentile L10 è utilizzato nella definizione dell'indicatore "clima acustico", espresso dalla differenza tra L10 e L90 che rappresenta la variabilità degli eventi di rumore rilevati.

Livello percentile L50

L50 è utilizzabile come indice di valutazione del flusso autoveicolare: se il flusso veicolare totale aumenta, l'indice L50 tende al valore di Leq rispetto al quale si mantiene di 2-3 dBA più basso. Se il flusso veicolare ha caratteristiche di discontinuità ed è di natura "locale", tale differenza può raggiungere e superare i 20 dBA.

Nel caso in cui la postazione di misura non "vede" la sorgente di rumore, tanto più prevale il rumore da traffico lontano dalla postazione tanto più L50,h (livello percentile L50 su base oraria) si avvicina al valore di Leq,h . Una differenza $Leq,h - L50$ pari a $0.8 \div 1$ dBA è indice dell'assenza di sorgenti in transito nella zona del microfono.

La differenza $Leq-L50$ è quindi un indice di presenza o assenza di sorgenti transienti nella zona di vista del microfono.

L'efficacia di un intervento di bonifica acustica basato sulla limitazione del traffico può essere controllato dall'indicatore $Leq-L50$.

Livelli percentili L90, L95

Gli indici percentili L90 e L95 sono rappresentativi del rumore di fondo dell'area in cui è localizzata la stazione di monitoraggio e consentono di valutare il livello delle sorgenti fisse che emettono con modalità stazionarie.

La differenza L95 - LMIN aumenta all'aumentare della fluttuazione della sorgente stazionaria: L95 coincide in pratica con LMIN solo se l'energia dello spettro della sorgente stazionaria è dominata da una componente tonale che dimostra valori indipendenti da fluttuazioni statistiche.

Livello massimo LMAX

Il livello massimo LMAX connota gli eventi di rumore a massimo contenuto energetico quali il passaggio di moto, di autoambulanze, etc. e consente di individuare, se è disponibile la time-history in dBA fast, gli eventi statisticamente atipici da eliminare nella

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>21 di 59</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	21 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	21 di 59								

valutazione del rumore ambientale di breve o lungo periodo. Ad analoghe considerazioni si può tuttavia pervenire considerando il livello percentile L1.

LMAX è il migliore descrittore del disturbo e delle alterazioni delle fasi del sonno e di tutte le condizioni di esposizione dove conta di più il numero degli eventi ad alto contenuto energetico rispetto alla "dose" (fasi di apprendimento, disturbo alle attività didattiche, attività che richiedono concentrazione, etc.).

Livello minimo LMIN

La sequenza storica dei livelli minimi LMIN consente di verificare l'entità del rumore di fondo ambientale. In area urbana, dove il rumore di fondo è dovuto sostanzialmente al traffico veicolare, LMIN diventa un indicatore del volume di traffico complessivo in transito nell'area: i valori massimi di LMIN indicano i momenti in cui si verificano i flussi massimi.

Nel caso di sorgenti fisse che emettono rumore continuo, LMIN,h è l'unico riscontro oggettivo del loro livello e della loro durata.

Distribuzione statistica

L'analisi statistica della distribuzione dei livelli di rumore all'interno del periodo di misura integra le informazioni fornite dai livelli statistici e mette a disposizione ulteriori elementi di valutazione del clima di rumore. I parametri statistici di interesse generale sono:

- media "m"
- deviazione standard "s"
- skewness "s"
- curtosi "k"

La conoscenza dei parametri statistici fornisce indicazioni sulla forma della distribuzione dei livelli. Si ricorda in proposito che la distribuzione gaussiana ha le seguenti caratteristiche:

- $s = 0$
- $k = 3$

Per $s > 0$ si ha una asimmetria verso i livelli più bassi mentre, per $s < 0$, una asimmetria verso quelli più alti. Le distribuzioni temporali solo raramente sono gaussiane: viene chiamata pseudo-gaussiana una distribuzione caratterizzata da

- $0.1 < s < 0.1$
- $3 < k < 3.15$
- coefficiente di correlazione $> .998$ per i valori di Ln rispetto a quelli di una distribuzione normale

La distribuzione percentuale dei livelli di rumore nelle 24 ore (o multipli) presenta generalmente due massimi e quindi può essere approssimata da due distribuzioni non gaussiane sovrapposte (andamento bimodale): la bimodalità ad esempio è tipica delle

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>22 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	22 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	22 di 59								

strade in salita (i mezzi in transito sulla corsia in salita determinano li-velli sonori più elevati rispetto ai veicoli in discesa) o delle strade in piano a flusso discontinuo (il massimo assoluto o relativo è determinato dal fondo ambientale).

Nei casi in cui si verifichi una distribuzione con un solo massimo, è generalmente verificato che la distribuzione di Weibull è quella più corrispondente ai dati sperimentali. Generalmente la deviazione standard è minima per L1 e viceversa massima per L50.

Un traffico congestionato comporta generalmente valori alti di skewness e di curtosi; la skewness è in genere positiva con traffico intermittente, in quanto diventa apprezzabile l'intervento del rumore di fondo.

4.2.2 Metodiche di monitoraggio

Al fine di garantire uno svolgimento qualitativamente omogeneo delle misure ante operam, in corso d'opera e post operam, la ripetibilità delle misure 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.

Il monitoraggio è programmato sulla base di metodiche unificate in grado di fornire le necessarie garanzie di riproducibilità e di attendibilità al variare dell'ambiente di riferimento e del contesto emissivo. Le metodiche di monitoraggio e la strumentazione impiegata considerano inoltre 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.

4.2.3 Restituzione dei risultati e metodiche di analisi

Attività ordinarie

Lo svolgimento delle campagne di monitoraggio consente di acquisire informazioni dirette sui parametri ambientali condizionanti la propagazione del rumore e sugli indicatori di rumore necessari per una corretta caratterizzazione acustica dell'ambiente.

Le informazioni prodotte dalle attività di monitoraggio consistono in:

- descrizione del punto di monitoraggio
- ipotesi di zonizzazione acustica del territorio e dei limiti di legge
- basi cartografiche in scala idonea con la localizzazione dei punti di misura
- documentazione fotografica dei punti di misura
- parametri temporali del monitoraggio
- caratteristiche territoriali influenti sui processi di propagazione del rumore

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>23 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	23 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	23 di 59								

- caratteristiche meteorologiche di fonte pubblica/privata rilevate in stazioni meteo significative ai fini dello studio (posizione e denominazione della stazione, sintesi statistica degli indicatori osservati, etc.)
- descrizione delle sorgenti di rumore rilevate
- indicatori meteorologici rilevati
- note ai rilievi
- analisi delle registrazioni;
- sintesi dei risultati;
- verifica dei limiti normativi.

Una volta rilevati i dati grezzi, non validati, saranno trasmessi al proponente e agli enti di controllo preposti.

Entro un periodo di tempo da concordare con gli enti sarà trasmessa la scheda in forma definitiva; gli enti di controllo saranno tenuti a validare i dati o sollevare eventuali osservazioni da discutere con il proponente, fino ad arrivare ad una condivisione dei risultati.

Gestione delle anomalie

Relativamente alla fase di corso d'opera i dati frutto delle attività di monitoraggio dovranno consentire di individuare tempestivamente eventuali situazioni critiche e, di conseguenza, innescare le opportune procedure di correzione delle anomalie.

Al fine di evidenziare immediatamente eventuali situazioni critiche in fase di analisi dei dati è prevista una procedura di individuazione delle "anomalie acustiche".

Il metodo ipotizzato prevede di considerare anomalie acustiche i livelli di impatto acustico che risultano superiori a quei livelli valutati in sede di richiesta in deroga.

La tipologia dei cantieri e la loro durata, infatti, richiederà inevitabilmente la richiesta di deroga dei limiti previsti dalla zonizzazione acustica, come proposto dalla DR n° VII/15179 del 21/11/2003.

A seguito dell'individuazione di un'"anomalia" il proponente dovrà tempestivamente indire un confronto con gli enti di controllo per verificare l'effettiva consistenza dell'"anomalia", ossia se essa è direttamente correlabile alle attività di cantiere e se rischia di protrarsi nel tempo. Qualora fosse necessario, in tale fase potranno essere previste attività di monitoraggio aggiuntive.

Se dal suddetto confronto emergesse che l'"anomalia" risulta consistente si dovrà convocare un tavolo tecnico a cui parteciperanno gli enti di controllo, il proponente e il direttore dei lavori per individuare le attività più idonee da porre in essere per il contenimento degli impatti individuati.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>24 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	24 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	24 di 59								

4.2.4 Metodiche di monitoraggio del rumore

Riferimenti normativi

- EN 60651-1994 Class 1 Sound Level Meters (CEI 29-1)
- EN 60804-1994 Class 1 Integrating-averaging sound level meters (CEI 29-10)
- EN 61094/1-1994 Measurements microphones
- Part 1: Specifications for laboratory standard microphones
- EN 61094/2-1993 Measurements microphones
- Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique
- EN 61094/3-1994 Measurements microphones
- Part 3: Primary method for free-field calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique
- EN 61094/4-1995 Measurements microphones
- Part 4: Specifications for working standard microphones
- EN 61260-1995 Octave-band and fractional-octave-band filters (CEI 29-4)
- IEC 942-1988 Electroacoustics - Sound calibrators (CEI 29-14)
- ISO 226-1987 Acoustics - Normal equal - loudness level contours
- UNI 9884-1991 Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale
- DPCM 1/3/1991 Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno
- Legge 447-1996 Legge quadro sull'inquinamento acustico
- DPCM 14/11/1997 Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore
- DM 16/03/1998 Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico

Strumentazione

La strumentazione di misura deve essere conforme alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994. La catena di misura da adottarsi è generalmente costituita da un fonometro, un preamplificatore ed un microfono.

Il microfono utilizzato deve essere del tipo da esterni a campo libero. Qualora la sorgente non sia localizzabile o si sia in presenza di più sorgenti deve essere adottato un microfono da esterni ad incidenza casuale. Il microfono deve essere dotato di schermo antivento.

Al fine di verificare la presenza di componenti tonali devono essere utilizzati filtri di banda normalizzata di 1/3 di ottava nel dominio 20 Hz ÷ 20 KHz. Per evidenziare 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 ($n \geq 6$).

I filtri e i microfoni utilizzati per le misure devono essere conformi, rispettivamente, alle norme EN 61260/1995 e EN 61094-1/1994, EN 61094-2/1993, EN 61094-3/ 1995, EN 61094-4/1995. I calibratori devono essere conformi alla norma IEC 942/1988 (CEI 29-14).

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>25 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	25 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	25 di 59								

Per l'utilizzo di altri elementi a completamento della catena di misura, deve essere assicurato il rispetto dei limiti di tolleranza della classe 1 sopra richiamata.

Campo di applicazione della strumentazione

La catena di misura adottata ha il seguente campo di applicazione:

Risposta in frequenza:	20 Hz ÷ 20 KHz
Gamma dinamica:	15 ÷ 139 dB
Range di temperatura:	- 10 ÷ 50°C
Umidità relativa massima:	90% a 40°C

Taratura e calibrazione della strumentazione

La strumentazione di misura deve essere provvista di certificato di taratura e controllata almeno ogni due anni per la verifica della conformità alle specifiche tecniche. Il controllo periodico deve essere eseguito presso laboratori accreditati S.I.T. e deve comunque avvenire ogniqualvolta vi sia un evento traumatico per la strumentazione o la riparazione della stessa.

Sono da considerarsi tarati gli strumenti acquistati da meno di due anni se corredati da certificato di conformità alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994.

La strumentazione e/o la catena di misura, prima e dopo ogni ciclo di misura, deve essere controllata con un calibratore di classe 1, secondo la norma IEC 942/1988 (CEI 29-14). Le misure fonometriche eseguite sono valide se le calibrazioni effettuate prima e dopo ogni ciclo di misura, differiscono al massimo di 0,5 dB. In caso di utilizzo di un sistema di registrazione e di riproduzione, i segnali di calibrazione devono essere registrati.

Operazioni di misura

Finalità dell'indagine è la determinazione del livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A LAeq,TR nei tempi di riferimento TR (TR = 6÷22h per il giorno e TR = 22÷6h per la notte) secondo l'Allegato B, comma 2a, del D.M. 16/3/98.

Le misurazioni avvengono in ambiente esterno. Esso devono essere eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve; la velocità del vento deve essere non superiore a 5 m/s. Il microfono deve essere comunque munito di cuffia antivento.

La catena di misura deve essere compatibile con le condizioni meteorologiche del periodo in cui si effettuano le misurazioni e comunque in accordo con le norme CEI 29-10 ed EN 60804/1994.

Si riporta nel seguito la sequenza delle operazioni di misura.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>26 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	26 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	26 di 59								

Calibrazione iniziale

Inserimento del microfono all'interno del calibratore. Regolazione della dinamica del fonometro o dell'alimentatore in modo tale da evitare fenomeni di saturazione. Registrazione del segnale di calibrazione e valutazione dello scostamento rispetto al livello di riferimento caratteristico del calibratore. La calibrazione è da ritenersi accettabile se il livello misurato differisce di massimo $\pm 0,5$ dB rispetto al livello di calibrazione. In caso contrario, agendo sul fonometro, si procede ad una taratura reiterata sino al raggiungimento della condizione suddetta.

Posizionamento del microfono

La postazione di misura deve essere scelta in modo da caratterizzare completamente la rumorosità che colpisce uno o più edifici esistenti o in progetto, tenendo per esempio conto della direzione prevalente di provenienza del rumore, della forma dell'edificio, dell'eventuale presenza di ostacoli o di situazioni che potrebbero pregiudicare l'esecuzione o non ripetibilità delle misure (presenza di cani, divieti di accesso, ecc.).

Nel caso di edifici con facciata a filo della sede stradale, il microfono deve essere collocato a 1 m dalla facciata stessa. Nel caso di edifici con distacco dalla sede stradale o di spazi liberi, il microfono deve essere collocato nell'interno dello spazio fruibile da persone o comunità e, comunque, a non meno di 1 m dalla facciata dell'edificio.

L'altezza del microfono sia per misure in aree edificate che per misure in altri siti, deve essere scelta in accordo con la reale o ipotizzata posizione del ricettore. Esso, munito di cuffia antivento, deve essere montato tramite apposito supporto microfonico su treppiede telescopico e deve essere collocato ad una altezza non inferiore a + 1,5 m dal piano campagna. E' ammesso il posizionamento della postazione su balcone purché la soletta dello stesso non costituisca un ostacolo alla propagazione del rumore.

Nei casi in cui non sia possibile rispettare le suddette prescrizioni se ne deve fornire indicazione nel rapporto di misura.

Misurazione

La tecnica di monitoraggio consiste nella misura in continuo del rumore. 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 LAeq,1min
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (LAI_{max}, LAF_{max}, LAS_{max})
- i livelli statistici L1, L5, L10, L50, L90, L99

Il livello sonoro continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nei periodi di riferimento diurno (06.00 ÷ 22.00 h) e notturno (22.00 ÷ 06.00 h) è ricavato in laboratorio per mascheramento del dominio temporale esterno al periodo considerato.

Riconoscimento di componenti impulsive

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>27 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	27 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	27 di 59								

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 LAImax e LASmax superiore a 6 dB
- durata dell'evento a -10 dB dal valore LAFmax 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.

Compilazione data-sheet

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.

La 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 display del fonometro. 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.

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

Operazioni di analisi

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>28 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	28 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	28 di 59								

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, documentazione di componenti tonali e/o impulsive, ecc.) ed essere rappresentato in forma grafica.

Verranno 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.

Le schede, in formato A4, conterranno i seguenti parametri:

- il codice, il nome e l'indirizzo del ricettore
- la descrizione del ricettore
- la classificazione del ricettore in base alla zonizzazione acustica
- la caratterizzazione delle sorgenti di rumore
- la strumentazione adottata
- il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A diurno e notturno, eventualmente corretto per la presenza di componenti tonali e/o impulsive
- la data di esecuzione misure, il nominativo e la firma del tecnico competente responsabile delle misure

Per i rilievi relativi ai periodi 24 ore, diurno e notturno, verranno indicati:

- il codice identificativo, riferimenti temporali (data, ora), eventuali note
- il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nel tempo TR (LAeq,TR)
- i livelli statistici L1, L5, L10, L50, L90, L95, L99
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (LAI_{max}, LAF_{max}, LAS_{max})
- le componenti impulsive (presenza KI = 3; assenza KI = 0)
- le componenti tonali (presenza KT = 3; assenza KT = 0)
- le componenti tonali alle basse frequenze (presenza KT = 3; assenza KT = 0)
- il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nel tempo TR (LAeq,TR) corretto in presenza di componenti tonali e/o impulsive (LAeq,TRC)
- i flussi veicolari stradali in 4 intervalli temporali diurni e 2 intervalli temporali notturni
- i parametri meteorologici in 4 intervalli temporali diurni e 2 intervalli temporali notturni
- la documentazione fotografica del ricettore
- la localizzazione planimetrica in scala del ricettore

Gli output grafici delle analisi, anch'essi in formato A4, contengono per ciascuna misura:

- le informazioni sulla postazione e sui parametri di misura
- la time history del livello di pressione sonora ponderata A
- la time history del livello equivalente di pressione sonora ponderata A
- la time history del livello L10
- la time history del livello L90

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>29 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	29 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	29 di 59								

- la time history di eventuali componenti tonali
- i parametri acustici descrittivi della misura (LAeq,TR; Ln, LAImax, LAFmax, LASmax)
- analisi distributiva dei livelli di rumore
- analisi cumulativa dei livelli di rumore

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 20 Hz ÷ 20 KHz (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.

Metodica R1

La metodica R1 prevede l'impiego di postazioni semi-fisse per 24 ore al fine di valutare il disturbo per la popolazione ai sensi del D.P.C.M. 14/11/97. La valutazione è effettuata in ambiente esterno, in corrispondenza di ricettori sede di attività umana ai sensi del Decreto del Ministero dell'Ambiente 16/3/98.

Per i rilievi relativi ad un periodo di 24 ore, diurno e notturno, dovranno essere acquisiti e indicati:

- il codice identificativo, riferimenti temporali (data, ora), eventuali note
- il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nel tempo TR (LAeq,TR)
- i livelli statistici L1, L5, L10, L50, L90, L95, L99
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (LAImax, LAFmax, LASmax)
- le componenti impulsive (presenza KI = 3; assenza KI = 0)
- le componenti tonali (presenza KT = 3; assenza KT = 0)
- le componenti tonali alle basse frequenze (presenza KT = 3; assenza KT = 0)
- il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nel tempo TR (LAeq,TR) corretto in presenza di componenti tonali e/o impulsive (LAeq,TRC)
- i flussi veicolari stradali in 4 intervalli temporali diurni e 2 intervalli temporali notturni
- i parametri meteorologici in 4 intervalli temporali diurni e 2 intervalli temporali notturni
- la documentazione fotografica del ricettore
- la localizzazione planimetrica in scala del ricettore

Metodica R2

La metodica R2 prevede l'impiego di postazioni semi-fisse per una durata di 1 ora al fine di valutare il disturbo per la popolazione ai sensi del D.P.C.M. 14/11/97. La valutazione è effettuata in ambiente esterno, in corrispondenza di ricettori sede di attività umana ai sensi del Decreto del Ministero dell'Ambiente 16/3/98.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>30 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	30 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	30 di 59								

Per i rilievi relativi ad un periodo di 1 ora, in periodo diurno, dovranno essere acquisiti e indicati:

- il codice identificativo, riferimenti temporali (data, ora), eventuali note
- il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nel tempo TR (LAeq,TR)
- i livelli statistici L1, L5, L10, L50, L90, L95, L99
- il livello massimo con costanti di tempo impulse, fast, slow (LAI_{max}, LAF_{max}, LAS_{max})
- le componenti impulsive (presenza KI = 3; assenza KI = 0)
- le componenti tonali (presenza KT = 3; assenza KT = 0)
- le componenti tonali alle basse frequenze (presenza KT = 3; assenza KT = 0)
- il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A nel tempo TR (LAeq,TR) corretto in presenza di componenti tonali e/o impulsive (LAeq,TRC)
- i flussi veicolari stradali medi nel periodo di misura
- i parametri meteorologici medi nel periodo di misura
- la documentazione fotografica del ricettore
- la localizzazione planimetrica in scala del ricettore

4.2.5 Ricettori selezionati

A seguito di attento esame dei luoghi si è provveduto alla definizione del Piano di Monitoraggio con identificazione dei ricettori sensibili e della ripetitività delle misure di rumore e vibrazioni da eseguire nell'ambito delle tre fasi operative:

- Ante Operam
- Corso d'Opera
- Post Operam

I ricettori individuati risultano di interesse e sono da ritenersi rappresentativi di classi omogenee più ampie. Pertanto, stante che la prossima fase operativa prevede la presa di contatto con i ricettori per l'ottenimento della disponibilità agli accessi e per la definizione degli accordi operativi, sarà possibile sostituire i ricettori selezionati con altri ricettori parimenti rappresentativi, mantenendo inalterato il numero complessivo o rimodulando lo stesso sulla base di un accordo trasversale tra le parti e la Committenza, avendo cura in ogni caso di mantenere un adeguato livello di rappresentatività del singolo ricettore ed una distribuzione sul territorio adeguata allo sviluppo dell'infrastruttura.

I ricettori identificati verranno interessati complessivamente da 3 diverse metodiche di prova, due relative alle misure di rumore ed una relativa alle misure di vibrazione:

- la metodica V1 prevede un rilievo vibrazionale di 24 ore con una o due postazioni di misura accelerometriche poste a centro solaio in posizione rappresentativa a seconda delle possibilità operative all'interno del ricettore
- la metodica R1 prevede un rilievo acustico di 24 ore con definizione dei livelli equivalenti diurno notturno, con una postazione di misura fonometrica in corrispondenza della facciata del ricettore medesimo
- la metodica R2 prevede un rilievo acustico di 1 ora, con una postazione di misura fonometrica in corrispondenza della facciata del ricettore medesimo ed in

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>31 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	31 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	31 di 59								

corrispondenza di una fascia oraria di interesse su cui attivare il confronto con misure di 24 ore prossime

La tabella di seguito riportata fornisce un quadro sinottico dei ricettori individuati, poi meglio esplicitati nelle allegate tavole di dettaglio A1 ÷ A24 in cui sono riportati gli inquadramenti urbani di dettaglio e gli stralci planimetrici dell'area di riferimento.

Legenda

	Punti di monitoraggio acustico con metodica R1
	Punti di monitoraggio acustico con metodica R2
	Punti di monitoraggio acustico con metodica R1 e monitoraggio vibrazioni

Si precisa che i punti indicati a livello indicativo nelle figure seguenti sono rappresentati nel dettaglio nell'elaborato E21D02DZ1RHIM0004001A_ALLEGATO A PMA.



**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA
PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E
STRUTTURE CONNESSE)**

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
E21D 02 D Z1 RH IM 002 004 D 32 di 59

Ricettore	Componente	Metodica	A.O.	C.O.	P.O.
P1	RUM + VIB	R1 + V1	1	2	1
P2	RUMORE	R1	1	2	1
P3	RUMORE	R2	1	1	1
P4	RUMORE	R1	1	1	1
P5	RUMORE	R2	1	1	1
P6	RUMORE	R2	1	1	1
P7	RUMORE	R2	1	1	1
P8	RUM + VIB	R1 + V1	1	1	2
P9	RUM + VIB	R1 + V1	1	1	1
P10	RUMORE	R2	1	1	1
P11	RUMORE	R1	1	1	1
P12	RUMORE	R2	1	1	1
P13	RUM + VIB	R1 + V1	1	2	1
P14	RUMORE	R2	1	2	1
P15	RUMORE	R2	1	1	1
P16	RUMORE	R2	1	1	1
P17	RUM + VIB	R1 + V1	1	1	1
P18	RUMORE	R2	1	1	1
P19	RUM + VIB	R1 + V1	1	2	1
P20	RUMORE	R1	1	2	1
P21	RUMORE	R2	1	1	1
P22	RUMORE	R2	1	1	1
P23	RUM + VIB	R1 + V1	1	2	1
P24	RUMORE	R1	1	1	2
P25	RUMORE	R2	1	1	1
P26	RUMORE	R2	1	1	1
P27	RUM + VIB	R1 + V1	1	1	1
P28	RUMORE	R1	1	1	1
P29	RUMORE	R2	1	1	1
P30	RUM + VIB	R1 + V1	1	1	1
P31	RUMORE	R2	1	1	1
P32	RUM + VIB	R1 + V1	1	2	1
P33	RUMORE	R2	1	2	1
P34	RUM + VIB	R1 + V1	1	2	1
P35	RUMORE	R2	1	2	1
P36	RUMORE	R2	1	2	1
P37	RUMORE	R2	1	2	1
P38	RUMORE	R2	1	1	1
P39	RUMORE	R1	1	1	2
P40	RUM + VIB	R1 + V1	1	1	1
P41	RUMORE	R2	1	1	1
P42	RUMORE	R2	1	1	1
P43	RUM + VIB	R1 + V1	1	1	1
P44	RUMORE	R2	1	1	1
P45	RUM + VIB	R1 + V1	1	2	2
P46	RUM + VIB	R1 + V1	1	2	2
P47	RUMORE	R1	1	2	2
P48	RUMORE	R2	1	1	1
P49	RUM + VIB	R1 + V1	1	1	1
P50	RUMORE	R1	1	1	2
P51	RUMORE	R2	1	1	1
P52	RUMORE	R2	1	1	1
P53	RUMORE	R2	1	1	1
P54	RUMORE	R2	1	1	1
P55	RUMORE	R1	1	2	2
P56	RUM + VIB	R1 + V1	1	2	2
P57	RUMORE	R2	1	1	1
P58	RUMORE	R1	1	2	2
P59	RUM + VIB	R1 + V1	1	2	2
P60	RUMORE	R2	1	1	1
P61	RUMORE	R2	1	1	1
P62	RUM + VIB	R1 + V1	1	1	1
P63	RUMORE	R2	1	1	1
P64	RUMORE	R2	1	1	2
P65	RUMORE	R1	1	1	2



**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA
PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E
STRUTTURE CONNESSE)**

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	33 di 59



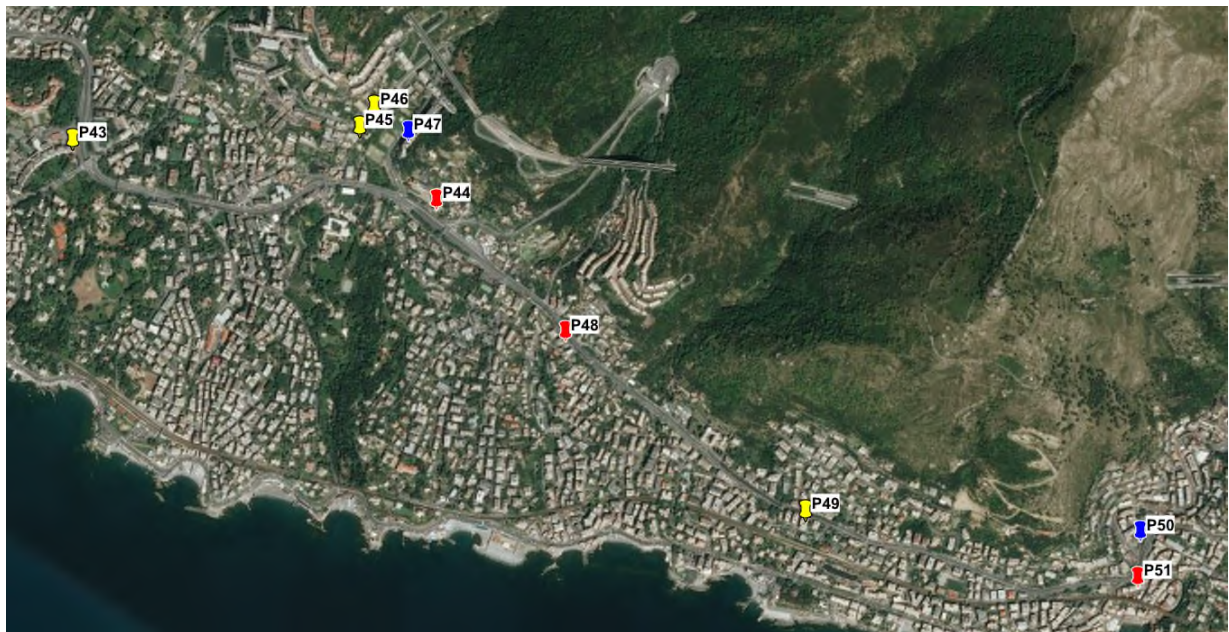
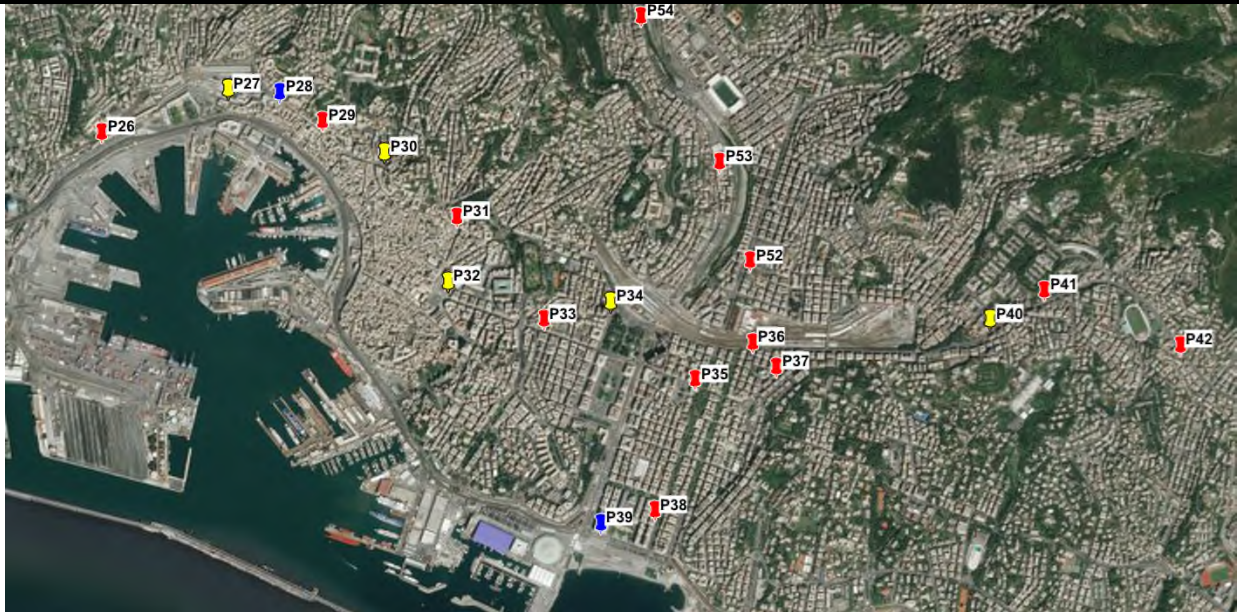
Tratta verso ponente



**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA
PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E
STRUTTURE CONNESSE)**

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	34 di 59



Tratta verso levante



PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA
PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E
STRUTTURE CONNESSE)

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	35 di 59



Tratta lungo Bisagno

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">02 D Z1</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">IM 002 004</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">36 di 59</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	36 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	36 di 59								

TABELLA SINOTTICA RILIEVI ACUSTICI E VIBRAZIONALI										
METODICA	A.O.			C.O.			P.O.			TOTALE
	Ric.	Rip.	Tot.	Ric.	Rip.	Tot.	Ric.	Rip.	Tot.	
V1	19	1	19	19	1-2	29	19	1-2	24	72
R1	31	1	31	31	1-2	46	31	1-2	43	120
R2	34	1	34	34	1-2	39	34	1-2	35	108
TOTALE	84	-	84	84	-	114	84	-	102	300

Verranno pertanto complessivamente eseguiti:

- n. 72 rilievi vibrazionali con metodica V1 di cui
 - ✓ n. 19 rilievi in fase di Ante Operam
 - ✓ n. 29 rilievi in fase di Corso d'Opera
 - ✓ n. 24 rilievi in fase di Post Operam
- n. 120 rilievi acustici con metodica R1 di cui
 - ✓ n. 31 rilievi in fase di Ante Operam
 - ✓ n. 46 rilievi in fase di Corso d'Opera
 - ✓ n. 43 rilievi in fase di Post Operam
- n. 108 rilievi acustici con metodica R2 di cui
 - ✓ n. 34 rilievi in fase di Ante Operam
 - ✓ n. 39 rilievi in fase di Corso d'Opera
 - ✓ n. 35 rilievi in fase di Post Operam

4.3 Vibrazioni

Il monitoraggio delle vibrazioni per l'opera in progetto 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 e di esercizio. Queste verifiche riguardano, principalmente, gli effetti di "annoyance" sulla popolazione.

E' esclusivo compito delle imprese adottare tutti gli accorgimenti operativi finalizzati a garantire la compatibilità delle vibrazioni nei confronti dei possibili danni materiali alle strutture (fessurazioni, lesioni, cedimenti, etc.).

Il monitoraggio, limitatamente ad alcuni punti a rischio identificati lungo il tracciato, è di tipo preventivo e si pone lo scopo duplice di segnalare il raggiungimento di soglie di attenzione e di consolidare elementi di garanzia per il cittadino e per gli Enti Pubblici.

a) Verifica degli effetti sulla popolazione

Il disturbo sulle persone, classificato come "annoyance", dipende in misura variabile dall'intensità e dalla frequenza dell'evento disturbante e dal tipo di attività svolta.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>37 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	37 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	37 di 59								

L'"annoyance" deriva dalla combinazione di effetti che coinvolgono la percezione uditiva e la percezione tattile delle vibrazioni.

Gli effetti sulle persone non hanno un organo bersaglio, ma sono estesi all'intero corpo e possono essere ricondotti genericamente ad un aumento dello stress, con conseguente attivazione di ripetute reazioni di orientamento e di adattamento, e con eventuale insorgenza o aggravamento di malattie ipertensive.

Le campagne di monitoraggio delle vibrazioni sono prevalentemente indirizzate alla caratterizzazione dei livelli e degli spettri di accelerazione ante-operam, corso d'opera e post-operam nel campo di frequenze compreso, come minimo, tra 1 Hz e 80 Hz.

Le indagini dovranno essere svolte all'interno degli edifici per i quali gli indicatori di esposizione e di interazione opera-ambiente testimoniano la possibile presenza di situazioni problematiche e consentono di "etichettare" gli indicatori di disturbo sulla popolazione in conformità alla ISO 2631-2.

b) Verifica dell'interferenza con attività produttive e ospedaliere

Alcuni settori dell'industria, della ricerca e della diagnostica in campo medico utilizzano apparecchiature di precisione, microscopi ottici ed elettronici, potenzialmente disturbabili da livelli di vibrazioni inferiori alla soglia di percezione umana. La sensibilità di queste strumentazioni dipende, oltre che dalle caratteristiche costruttive, anche dalla presenza di sistemi atti a isolare il basamento della macchina dalle vibrazioni.

c) Verifica degli effetti su edifici e beni storico-monumentali

Le vibrazioni possono in alcune situazioni, o in presenza di caratteristiche di estrema suscettività strutturale o di elevati/prolungati livelli di sollecitazione dinamica, causare danni a edifici e beni storico-monumentali.

L'indicatore utilizzato per valutare gli effetti delle vibrazioni sugli edifici è la velocità massima di vibrazione, intesa come valore di picco nel campo di frequenze compreso, come minimo, tra 1 Hz e 300 Hz.

E' generalmente riconosciuto che i livelli di vibrazione in grado di determinare danni alle strutture sono più alti di quelli normalmente tollerati dalle persone. Questo implica che, se in un'area è soddisfatto l'obiettivo prioritario di garantire alle comunità livelli vibrometrici accettabili, risulta automaticamente soddisfatto l'obiettivo di salvaguardare il patrimonio architettonico.

Il controllo delle vibrazioni nelle aree interessate dai cantieri della filovia, si configura quindi, nella fase di monitoraggio ante operam, come strumento di conoscenza dello stato attuale dell'ambiente e di verifica dei limiti normativi, per poi assumere in corso d'opera il

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>38 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	38 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	38 di 59								

ruolo di strumento di controllo della dinamica degli indicatori di riferimento, sia in termini di azioni preventive che di azioni correttive.

Infine nella fase di post operam, anche per la componente vibrazioni, il monitoraggio permette di controllare la compatibilità ambientale dell'opera nel suo esercizio

4.3.1 Indicatori vibrometrici

Gli indicatori di disturbo alle vibrazioni di tipo psicofisico, legati cioè alla capacità percettiva dell'uomo, vengono definiti in base alla risposta dell'organismo umano alla sollecitazione vibratoria. La grandezza fisica di interesse per valutare il disturbo alle persone è l'accelerazione e, trattandosi di fenomeni periodici, è necessario fare riferimento al valore efficace RMS.

La determinazione delle leggi di variazione della sensibilità in funzione della frequenza e dei livelli è stata definita in ambito normativo ISO ed ha permesso di elaborare un criterio di valutazione delle vibrazioni che tiene conto dello spettro delle vibrazioni. La norma UNI utilizza invece indicatori globali integrati in tutto l'intervallo di frequenza, a cui si applicano opportune curve di pesatura.

Gli indicatori diretti di vibrazione vengono correlati nel corso delle misure agli indicatori di emissione e alle caratteristiche geolitologiche del sottosuolo desunte da sondaggi, sezioni stratigrafiche, ecc.

La propagazione della perturbazione in un mezzo elastico che altera lo stato di quiete delle particelle del mezzo può essere descritta e quindi misurata tramite tre grandezze:

- lo spostamento, grandezza vettoriale intesa come lo scostamento (misurato in m) della superficie di discontinuità del solido dalla posizione statica e riferito ad una terna inerziale;
- la velocità, grandezza vettoriale (misurata in m/s) intesa come variazione dello spostamento nell'unità di tempo della superficie di discontinuità solido-aria;
- l'accelerazione, grandezza vettoriale (misurata in m/s^2) intesa come la variazione della velocità di vibrazione nella unità di tempo della superficie di discontinuità considerata.

In pratica per le misure di vibrazioni il trasduttore meccanico elettrico che si impiega comunemente è l'accelerometro: un trasduttore la cui risposta è lineare e costante in frequenza se costante è l'accelerazione a cui è sottoposto, al variare della frequenza. Si deduce quindi che avendo a disposizione un segnale elettrico proveniente dall'accelerometro, è possibile ottenere un segnale proporzionale alla velocità o allo spostamento operando una o due integrazioni successive del segnale.

Valore efficace a_{RMS} dell'accelerazione

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>39 di 59</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	39 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	39 di 59								

Le vibrazioni di livello non costante vengono caratterizzate misurando il valore efficace o valore quadratico medio a_{RMS} dell'accelerazione o il corrispondente livello per un intervallo di tempo rappresentativo. Il valore efficace dell'accelerazione è definito come:

$$a_{RMS} = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a(t)^2 dt \right]^{\frac{1}{2}}$$

dove:

$a(t)$: accelerazione in funzione del tempo

T : durata dell'integrazione nel tempo del quadrato dell'accelerazione

Questa definizione non è applicabile alle vibrazioni intermittenti e con grande fattore di cresta: in tal caso il valore che può indicare in via predittiva la presenza del disagio è proporzionale al valore medio dell'accelerazione alla quarta potenza:

$$a_{RMS} = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a(t)^4 dt \right]^{\frac{1}{4}}$$

Accelerazione equivalente $a_{w,eq}$

Le vibrazioni di livello non costante possono essere valutate in termini di disturbo a partire dall'indicatore livello equivalente di accelerazione $a_{w,eq}$ rilevato/calcolato in un intervallo di tempo prestabilito:

$$a_{w,eq} = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w(t)^2 dt \right]^{\frac{1}{2}}$$

L'intervallo di tempo significativo dipende dallo specifico fenomeno vibrometrico osservato.

Livelli di accelerazione, di velocità e di spostamento

In analogia con il suono, anche le vibrazioni possono essere espresse in unità logaritmiche mediante le relazioni:

$$L_a = 20 \log \frac{a_{RMS}}{a_0} \quad \text{livello di accelerazione in [dB]}$$

$$L_v = 20 \log \frac{v_{RMS}}{v_0} \quad \text{livello di velocità in [dB]}$$

$$L_s = 20 \log \frac{s_{RMS}}{s_0} \quad \text{livello di spostamento in [dB]}$$

dove:

$$a_0 = 10^{-6} \quad [\text{m/s}^2]$$

$$v_0 = 10^{-9} \quad [\text{m/s}]$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>40 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	40 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	40 di 59								

$$s_0 = 10^{-12} \quad [\text{m}]$$

Accelerazione equivalente $a_{w,eq}$ ponderata in frequenza

La misura delle grandezze precedentemente elencate consente una valutazione oggettiva del fenomeno intesa come descrizione della realtà fisica. Se si vuole invece fornire degli indicatori di tipo psico-fisico, legati cioè alla capacità percettiva dell'uomo, occorre conoscere la risposta dell'organismo umano alla sollecitazione vibratoria e definire un criterio di pesatura dei valori oggettivi ottenuti con la misurazione della grandezza. La determinazione delle leggi di variazione della sensibilità in funzione della frequenza e dei livelli consente di elaborare un criterio di valutazione delle vibrazioni che tenga conto dello spettro delle vibrazioni.

Gli studi svolti in questo campo indicano che:

- per vibrazioni sull'asse Z il corpo, sia in posizione eretta che seduta, ha il massimo di sensibilità in termini di accelerazione nel campo di frequenza 4÷8 Hz;
- per vibrazioni sugli assi X e Y esiste un massimo di sensibilità nell'intervallo di frequenza 1÷2 Hz;
- la tolleranza a vibrazioni orizzontali è minore sotto i 5 Hz rispetto a quella per vibrazioni sull'asse Z, ma è più grande (di circa 10 dB) a frequenze maggiori;
- per quanto concerne la posizione, la sensibilità è maggiore in posizione seduta, e questo è particolarmente accentuato alle frequenze più basse;
- per soggetti in posizione eretta esiste un minimo di sensibilità a 1.7 Hz e un massimo tra 6 e 15 Hz.

In termini operativi le leggi di variazione utilizzate al fine di stabilire la sensibilità in funzione della frequenza sono quelle indicate dalla ISO 2631-2.

Valori limite di immissione

I valori limite di immissione sono definiti in sede internazionale dalla ISO 2631-2 e in ambito nazionale dalla UNI9614: i primi, riferiti alla destinazione d'uso dell'immobile, al periodo notturno/diurno, agli assi di applicazione della sollecitazione e alla frequenza, sono di difficile uso se l'obiettivo è quello di fornire un valore unico immediatamente confrontabile con i rilievi sperimentali.

A tale esigenza rispondono viceversa perfettamente i limiti stabiliti in ambito UNI che sono espressi in termini di accelerazioni equivalenti globali ponderate variabili con la destinazione d'uso, il periodo di riferimento e l'asse di applicazione.

Valori di attenzione

Come valori di attenzione possono essere assunti i livelli di accelerazione equivalente ponderata (riferiti al tempo di esposizione se in presenza di evento riconoscibile nella time-

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>41 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	41 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	41 di 59								

history) che superano per non più di 6 dB i limiti stabiliti per le diverse classi di sensibilità del ricettore della UNI 9614.

Il limite superiore di questo campo di esistenza corrisponde pertanto ad un raddoppio dei valori di accelerazione.

4.3.2 Metodiche di monitoraggio

La determinazione ante operam, corso d'opera e post operam delle vibrazioni dovrà essere effettuata mediante una serie di rilievi in punti di monitoraggio fisicamente coincidenti con i ricettori (edifici, industrie, ospedali), selezionati internamente alle aree di monitoraggio.

Le metodiche applicate sono in grado di fornire le necessarie garanzie di riproducibilità e di attendibilità al variare dell'ambiente di riferimento e del contesto emissivo e considerano i riferimenti normativi nazionali e gli standard indicati in sede di unificazione nazionale (norme UNI) ed internazionale (Direttive CEE, norme ISO). Gli standard vibrometrici internazionali elaborati dalla ISO (International Standards Organization) sono contenuti nella ISO 2631-1 e ISO 2631-2. Questi ultimi esaminano l'esposizione umana alle vibrazioni all'interno degli edifici.

L'American National Standard Institution ANSI S3.29/1983 contiene degli standard che sono sostanzialmente in sintonia con quanto indicato dalla ISO2631-2 come pure le norme inglesi (BS6472/1984), tedesche (DIN 4150/2/1986) e la norma italiana (UNI 9614).

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.

La metodica di monitoraggio che, in ragione della tipologia di opera e di contesto, si è ritenuto opportuno utilizzare è la V1, caratterizzata da due rilievi di breve periodo (1 h) finalizzati alla valutazione del disturbo con postazioni presidiate, da realizzarsi in corrispondenza del piano terra e di un piano in elevazione del ricettore oggetto di monitoraggio.

4.3.3 Restituzione dei risultati e metodiche di analisi

Attività ordinarie

Lo svolgimento delle campagne di monitoraggio consente di acquisire informazioni dirette sui parametri ambientali condizionanti la propagazione delle vibrazioni e sugli indicatori dei livelli vibrazionali necessari per una corretta caratterizzazione dell'ambiente.

Le informazioni prodotte dalle attività di monitoraggio consistono in:

- descrizione del punto di monitoraggio;
- basi cartografiche in scala idonea con la localizzazione dei punti di misura;

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>42 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	42 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	42 di 59								

- documentazione fotografica dei punti di misura;
- parametri temporali del monitoraggio;
- caratteristiche geologiche influenti sui processi di propagazione delle vibrazioni;
- caratteristiche tipologiche e strutturali degli edifici;
- descrizione delle sorgenti di vibrazione rilevate;
- note ai rilievi;
- analisi delle registrazioni;
- sintesi dei risultati;
- verifica dei limiti normativi.

Una volta rilevati i dati grezzi, non validati, saranno trasmessi al proponente e agli enti di controllo preposti.

Entro un periodo di tempo da concordare con gli enti sarà trasmessa la scheda in forma definitiva; gli enti di controllo saranno tenuti a validare i dati o sollevare eventuali osservazioni da discutere con il proponente, fino ad arrivare ad una condivisione dei risultati.

Gestione delle anomalie

Relativamente alla fase di corso d'opera i dati frutto delle attività di monitoraggio dovranno consentire di individuare tempestivamente eventuali situazioni critiche e, di conseguenza, innescare le opportune procedure di correzione delle anomalie.

Al fine di evidenziare immediatamente eventuali situazioni critiche in fase di analisi dei dati è prevista una procedura di individuazione delle "anomalie vibrometriche".

Si considerano "anomalie vibrometriche" tutti i superamenti dei rilievi rispetto ai valori limite di immissione definiti dalla norma UNI 9614 relativamente alle aree critiche.

L'eventuale individuazione di un'"anomalia" dovrà essere tempestivamente comunicata agli enti di controllo.

A seguito della comunicazione il proponente dovrà indire un confronto con gli enti di controllo per verificare l'effettiva consistenza dell'"anomalia", ossia se essa è direttamente correlabile alle attività di cantiere e rischia di protrarsi nel tempo. Qualora fosse necessario, in tale fase potranno essere previsti rilievi aggiuntivi.

Se dal suddetto confronto emergesse che l'"anomalia" risulta consistente, si dovrà convocare un tavolo tecnico a cui parteciperanno gli enti di controllo, il proponente e il direttore dei lavori per individuare le attività più idonee da porre in essere per il contenimento degli impatti individuati.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>43 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	43 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	43 di 59								

4.3.4 Metodiche di monitoraggio delle vibrazioni

Riferimenti normativi

- UNI 9916:2014: Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
- UNI 9614:2017: Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo
- ISO 2631-2 Valutazione dell'esposizione degli individui alle vibrazioni globali del corpo - Parte 2: Vibrazioni continue ed indotte da urti negli edifici
- UNI 9670 Risposta degli individui alle vibrazioni - Apparecchiature di misura
- UNI ISO 5805 Vibrazioni meccaniche e urti riguardanti l'uomo – Vocabolario
- UNI 11048 Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo
- ISO 5347 Metodi per la calibrazione dei rilevatori di vibrazioni e di urti
- ISO 5348 Vibrazioni meccaniche ed urti - Montaggio meccanico degli accelerometri
- IEC 184 Metodi per specificare le caratteristiche dei trasduttori elettromeccanici per la misura di vibrazioni ed urti
- IEC 222 Metodi per specificare le caratteristiche degli apparecchi ausiliari per la misura di vibrazioni ed urti
- IEC 225 Filtri in banda di ottava, 1/2 di ottava e 1/3 di ottava usati nell'analisi di suoni e vibrazioni

Strumentazione

La strumentazione di misura deve essere conforme alle norme IEC 184, IEC 222 e IEC 225. La catena di misura standard è costituita da un accelerometro, da un preamplificatore e da diversi altri elementi a seconda che la misura sia eseguita direttamente od indirettamente.

Gli accelerometri utilizzati sono del tipo piezoelettrico e sono caratterizzati da una sensibilità non inferiore a 100 mV/g ed una risposta lineare in frequenza di $\pm 10\%$ nel dominio 1÷10 KHz. I preamplificatori, aventi la funzione di adattare il segnale al resto della catena di misura in tutto il campo delle frequenze, devono avere una gamma di frequenza di ampiezza 1÷10 KHz (o superiore) e devono possedere una sensibilità in accelerazione adeguata al fenomeno vibratorio osservato.

Nel caso in cui la misura avvenga in modo diretto viene acquisito il valore efficace dell'accelerazione (r.m.s.) in modalità lineare con un analizzatore dotato di filtri passabanda per limitare il dominio delle frequenze e filtri digitali real time di 1/3 d'ottava. Il segnale può essere integrato direttamente dallo strumento od essere immagazzinato in opportuni file di misura da analizzarsi in un secondo tempo in laboratorio.

Nel caso in cui la misura avvenga in modo indiretto il segnale è registrato analogicamente su supporto magnetico tramite l'ausilio di registratori DAT (Digital Audio Tape-corder). Questo sistema, da preferirsi in presenza di vibrazioni non stazionarie, consente di registrare il segnale originale per poi, in un secondo tempo, filtrarlo e analizzarlo in laboratorio. La catena di registrazione deve avere una risposta in frequenza conforme alle

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>44 di 59</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	44 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	44 di 59								

norme UNI 9614 ed UNI 9916 ed una dinamica adeguata al fenomeno in esame. I supporti magnetici devono contenere prima e dopo ogni ciclo di misura un segnale di calibrazione.

Entrambe le soluzioni dovranno consentire di monitorare le vibrazioni contemporaneamente in tre direzioni (x, y, z).

Campo di applicazione della strumentazione

Le catene di misura sopraindicate hanno il presente campo di applicazione:

- Risposta in frequenza (deviazione $\pm 10\%$): $1 \div 10.000$ Hz
- Range di temperatura (deviazione $\pm 5\%$): $- 10 \div 50^{\circ}\text{C}$
- Umidità relativa massima: 90% a 40°C
- Sensibilità assiale accelerometro ($\pm 5\%$ a 25°C): maggiore di 100 mV/g
- Sensibilità trasversale accelerometro: 5% della assiale

Taratura e calibrazione della strumentazione

La taratura della strumentazione deve essere verificata entro un periodo non superiore a due anni. Il controllo deve comunque avvenire dopo un evento traumatico per la strumentazione o per la riparazione della stessa.

La taratura è ottenibile tramite il confronto delle funzioni di risposta in frequenza prodotte dall'accelerometro da calibrarsi e da un accelerometro di riferimento sottoposti alla medesima funzione di sollecitazione su tavola vibrante. Se la funzione di trasferimento non risulta conforme con il margine di errore dichiarato dal produttore, la strumentazione è inviata ad un centro di taratura accreditato Accredia per le necessarie verifiche.

Sono da considerarsi tarati gli strumenti acquistati nuovi da meno di due anni se corredati da certificato di conformità alle norme IEC 184, IEC 222 e IEC 225.

La calibrazione dell'accelerometro avviene tramite la verifica della funzione di eccitazione prodotta da un eccitatore di calibrazione in conformità norma ISO 5347. Essa deve essere effettuata all'inizio ed al termine di ciascun ciclo di misure. Tale controllo deve comunque avvenire dopo un evento traumatico per l'accelerometro.

Operazioni di misura

Finalità dell'indagine sono la valutazione dei livelli vibrazionali agenti sulle strutture secondo la norma UNI 9916 e la determinazione dell'accelerazione efficace complessiva ponderata secondo la norma UNI 9614 nel dominio di frequenza $1 \div 80$ Hz. Quest'ultimo aspetto risulta di gran lunga il più importante nel caso specifico, atteso che i livelli vibrazionali attesi dall'esercizio della filovia non dovrebbero poter arrecare danni ai fabbricati, neppure di natura cosmetica.

Le operazioni di monitoraggio avvengono in edifici sedi di attività umana. I rilievi vibrometrici sono da effettuarsi nei locali abitati in corrispondenza dei quali il fenomeno

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>45 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	45 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	45 di 59								

vibratorio è presumibilmente maggiore. E' 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 gli assi orizzontale X e Y.

Si riporta nel seguito la sequenza delle operazioni di misura.

Calibrazione iniziale

Avvitamento dell'accelerometro sulla testa vibrante del calibratore. Regolazione della dinamica dell'analizzatore o del preamplificatore in modo tale da evitare fenomeni di saturazione. Registrazione del segnale di calibrazione e valutazione dello scostamento rispetto al livello di riferimento caratteristico del calibratore.

La calibrazione è da ritenersi accettabile se il livello di accelerazione misurato è pari a 140 ± 2 dB (errore di $\pm 3\%$). In caso contrario, agendo sull'analizzatore, si procede ad una taratura reiterata sino al raggiungimento della condizione suddetta.

Fissaggio dell'accelerometro

Le modalità di fissaggio devono essere conformi alla norma ISO 5348. Esse si differenziano a seconda dell'ambiente di misura e delle condizioni ambientali.

Negli ambienti interni, in presenza di superfici lisce e pulite (piastrelle, marmo, legno), l'accelerometro si fissa direttamente sulla superficie vibrante mediante un sottile strato di c'era d'api. In caso contrario, si ricorre ad un blocchetto metallico da appoggiare sulla superficie, opportunamente maschiato. Nel caso in cui il contatto si realizzi attraverso una superficie costituita da materiale non rigido (moquette, tappeto in gomma), è possibile utilizzare una lastra metallica di idoneo spessore alla quale fissare il trasduttore. Negli ultimi due casi si deve comunque aver cura di evitare che la massa dell'accelerometro e del suo supporto sia inferiore al 5% della massa vibrante. Qualora si opti per l'adozione di resine incollanti ad essiccazione rapida, l'accelerometro deve risultare avvitato su apposita piastrina maschiata al fine di evitare il danneggiamento dello stesso durante il distacco. Sono sconsigliati sistemi di fissaggio con dischi biadesivi o con puntale.

Qualora si rendano necessarie misure in ambienti esterni si deve evitare il fissaggio dell'accelerometro con cera d'api in presenza di superfici sporche e ruvide e di temperature superiori a 40°C. In tal caso si predilige l'utilizzo di un'apposita massa metallica maschiata di 10÷20 Kg da appoggiare direttamente sulla superficie vibrante.

Il fissaggio deve essere tale da evitare la presenza di correnti di terra o di fenomeni di interferenza elettromagnetica dovuti alla presenza di macchinari elettrici o linee elettriche. Al fine di impedire la comparsa di rumore triboelettrico il cavo di collegamento tra

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>46 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	46 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	46 di 59								

accelerometro e preamplificatore deve essere fissato alla superficie vibrante con nastro adesivo in modo da evitarne il movimento relativo.

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 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 (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.

Compilazione data-sheet

Contestualmente alle operazioni di misura devono essere annotati su apposita scheda i dati relativi al ricettore (codice, toponomastica, indirizzo, classificazione UNI 9614 e UNI 9916), la descrizione delle postazioni individuate, l'indicazione per ogni rilievo del codice identificativo, dei riferimenti temporali, dell'asse 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

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>47 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	47 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	47 di 59								

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, acquisito secondo le procedure riportate al punto 6.4, 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. Le modalità di acquisizione sono analoghe a quelle riportate al punto 6.4. 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. In tal caso le procedure da seguirsi sono analoghe a quelle riportate al punto 6.1.

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 della norma UNI 9916 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 nelle norme UNI 9916 ed 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.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>48 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	48 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	48 di 59								

Presentazione dei risultati

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

Le schede, in formato A4, contengono:

- il codice, il nome e l'indirizzo del ricettore
- l'indicazione della tipologia di vibrazioni (stazionarie, transitorie)
- la classificazione del ricettore in base alla sensibilità secondo le norme UNI 9614 ed UNI 9916
- la descrizione delle postazioni di misura individuate
- l'indicazione, per ogni rilievo, del codice identificativo, dei riferimenti temporali, dell'asse di misura, del valore e del livello di accelerazione, della compatibilità delle vibrazioni rispetto alla norme suddette
- eventuali annotazioni alle misure
- documentazione fotografica e localizzazione planimetrica in scala del ricettore

Gli output grafici delle analisi, anch'essi in formato A4, contengono:

- le informazioni sulla postazione e sui parametri di misura
- l'andamento del parametro "accelerazione vs time" con eventuale evidenziazione del mascheramento degli istanti esterni al dominio temporale in cui si verifica la vibrazione
- il valore dell'accelerazione complessiva ponderata ed il relativo livello di accelerazione
- lo spettro dell'accelerazione in bande di 1/3 di ottava nel dominio di frequenze 1÷80 Hz (in forma grafica e tabellare)

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. In tal caso le procedure da seguirsi sono analoghe a quelle riportate al punto 6.1.

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

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>49 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	49 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	49 di 59								

Filtraggio FFT

Il segnale viene analizzato in lineare con filtri FFT (Fast Fourier Transform) nel dominio delle frequenze. La risoluzione in frequenza RF è funzione della frequenza massima di analisi ($B = 2.5 \div 10$ KHz), del numero di righe selezionato ($N = 100 \div 800$) e del fattore di zoom ($ZF = 1 \div 512$). 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) : $B = 2.5$ KHz
- Numero di righe : $N = 400$
- Fattori di ingrandimento (Zoom Factor) : $ZF = 2 \div 16$
- Finestra temporale : Hanning

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 $1 \div 80$ 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.

Presentazione dei risultati

Redazione di schede di apposite sintesi. Queste, similmente alle schede compilate in campo, oltre a riportare la descrizione del ricettore e delle postazioni, contengono anche i risultati delle analisi dei rilievi. Tali schede sono corredate dagli output grafici delle analisi delle misure.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>50 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	50 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	50 di 59								

Le schede, in formato A4, contengono:

- il codice, il nome e l'indirizzo del ricettore
- l'indicazione della tipologia di vibrazioni (impulsive)
- la stima del numero N di eventi impulsivi al giorno
- la classificazione del ricettore in base alla sensibilità secondo la norma 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, dell'asse di misura, del valore e del livello di accelerazione efficace, della compatibilità delle vibrazioni rispetto alla norma UNI 9614
- eventuali annotazioni alle misure
- documentazione fotografica e localizzazione planimetrica in scala del ricettore

Gli output grafici delle analisi, anch'essi in formato A4, contengono:

- le informazioni sulla postazione e sui parametri di misura
- il valore dell'accelerazione efficace ponderata ed il relativo livello di accelerazione di picco ponderata
- lo spettro dell'accelerazione FFT nel dominio di frequenze 1÷80 Hz (in forma grafica)

4.3.5 Ricettori selezionati

I recettori selezionati sono i medesimi della componente rumore; si rimanda pertanto a quanto detto al § 4.2.5.

4.4 Acque superficiali

4.4.1 Premessa

Il Progetto di Monitoraggio ha lo scopo di identificare le eventuali interferenze sull'ambiente idrico dovute all'attività di cantiere, soprattutto per i Cantieri Base collocati in corrispondenza di corpi idrici o di aree a rischio idraulico.

Le operazioni di cantiere non richiedono in genere l'utilizzo di sostanze inquinanti che possano essere disperse nell'ambiente.

La scelta dei punti di monitoraggio è basata sulla sensibilità e vulnerabilità dei luoghi interessati dall'opera in rapporto all'interferenza potenziale connessa agli interventi in progetto.

Nello specifico si monitorerà il T. Bisagno, interessato da due campi base (CB B01 e CB P02).

Non si ritiene poi necessario il monitoraggio nella fase di esercizio dato che non si evidenziano criticità specifiche per la gestione delle acque della piattaforma stradale rispetto allo stato attuale.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>51 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	51 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	51 di 59								

4.4.2 Articolazione temporale del monitoraggio

Nella fase CO il monitoraggio ha l'obiettivo di individuare i possibili impatti durante i lavori. Sarà quindi installata una stazione per l'effettuazione di misure in continuo (temperatura, pH, conducibilità, torbidità, ossigeno disciolto), al fine di consentire di intercettare eventuali criticità e, di conseguenza, attivare campionamenti mirati per condurre ulteriori approfondimenti analitici.

Altri campionamenti in fase CO avranno una frequenza trimestrale per i parametri fisico-chimici.

Nella fase di Corso d'Opera i parametri monitorati potranno subire variazioni nelle frequenze e nei periodi sopra indicati, modulati in funzione delle attività cantieristiche previste.

La misura dei parametri di monte e valle avverrà nello stesso giorno, in un intervallo temporale il più possibile contenuto.

4.4.3 Parametri

Nella fase CO è prevista l'analisi dei seguenti parametri:

- Parametri chimico-fisici in situ: temperatura dell'acqua, ossigeno disciolto (espressa sia come concentrazione che come saturazione), pH, conducibilità elettrica, torbidità.
- Parametri chimico-fisici in laboratorio: solidi sospesi totali, cloruri, solfati, idrocarburi totali, azoto ammoniacale, tensioattivi anionici, tensioattivi non ionici, COD, TOC, alluminio, ferro, cromo tot, cromo VI, Escherichia coli.

4.4.4 Modalità di campionamento

I campionamenti e le analisi di acque superficiali saranno effettuati in accordo con la normativa vigente e con metodi ufficiali riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale. Premettendo che il protocollo analitico dovrà essere approvato dagli Enti di controllo, la metodologia di riferimento potrà essere quella IRSA –CNR.

Nello specifico, il campione sarà:

- prelevato in modo tale che mantenga inalterate le proprie caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche fino al momento dell'analisi;
- conservato in modo tale da evitare modificazioni dei suoi componenti e delle caratteristiche da valutare.

Per quanto riguarda i parametri Temperatura dell'acqua, Temperatura dell'aria, Conducibilità elettrica e Ossigeno disciolto saranno rilevati mediante sonda multiparametrica.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>52 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	52 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	52 di 59								

Per il rilievo dei parametri chimico-fisici in situ durante la fase CO è previsto il posizionamento di una centralina di misurazione in continuo nei punti a valle dei tre cantieri base citati (CP B01, CPB02).

Le analisi chimiche saranno svolte presso laboratori accreditati ai sensi della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

4.4.5 Ubicazione dei punti di monitoraggio

E' prevista una stazione di monitoraggio a valle di ciascun campo base che sarà attrezzata con postazione per la misura in continuo.

Di seguito si riporta la collocazione indicativa del punto di misura la cui ubicazione definitiva dovrà essere individuata previo adeguato sopralluogo una volta che la perimetrazione dei campi base sia definitiva.





Figura 4.4-1: Ubicazione indicative dei punti di monitoraggio delle acque superficiali per i cantieri base B01 e B02

4.5 Qualità dell'aria

4.5.1 Articolazione temporale del monitoraggio

Allo scopo di effettuare il monitoraggio dell'Atmosfera per il Progetto in esame, si prevede di eseguire un programma di campagne di monitoraggio della qualità dell'aria, prima dell'inizio dei lavori (AO), per tutta la durata del cantiere (CO) e al termine delle opere (PO).

Fasi AO e PO

Una campagna annuale per ciascuna fase, avente durata complessiva pari a 8 settimane, equamente distribuite nel corso dell'anno mediante quattro campagne trimestrali (una per stagione) di 2 settimane ciascuna.

Come previsto dalla normativa di riferimento, il rendimento per ciascun inquinante monitorato durante ogni campagna dovrà essere pari almeno al 90%.

Fase CO

Nella fase CO il monitoraggio ha l'obiettivo di individuare i possibili impatti durante i lavori. Saranno pertanto effettuate campagne annuali, per tutta la durata dei lavori, con

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>54 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	54 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	54 di 59								

frequenza trimestrale (una campagna per stagione) in correlazione con il cronoprogramma dei lavori ed in considerazione delle fasi di lavorazione potenzialmente più impattanti.

Ciascuna campagna avrà una durata tale da permettere una raccolta di almeno 14 giorni di dati validi relativi a giorni non piovosi, intendendo per giornata piovosa un a giornata con più di 1.0 mm di pioggia cumulata giornaliera. In caso di eventi di questo tipo, la campagna sarà prolungata fino ad un massimo di 21 giorni, al termine dei quali la campagna sarà considerata comunque valida.

4.5.2 Parametri

Fasi AO e PO

Si effettuerà la misura di:

- parametri chimici: NO₂, NO, NO_x, CO, Benzene, Ozono, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, PTS.
- parametri meteorologici: precipitazione, umidità relativa, temperature dell'aria, pressione atmosferica, velocità e direzione del vento.

Fase CO

Essendo l'impatto legato prevalentemente al risollevarimento di polveri, il monitoraggio avrà per oggetto:

- parametri chimici: PM10 e PM2.5.
- parametri meteorologici: precipitazione, umidità relativa, temperature dell'aria, pressione atmosferica, velocità e direzione del vento.

4.5.3 Modalità di campionamento e di restituzione dei dati

Per tutte le fasi (AO, CO, PO) il campionamento sarà effettuato in accordo al D.Lgs. 155/2010 e s.m.i., in particolare per:

- Allegato I: obiettivi di qualità dei dati
- Allegato III: ubicazione su microscala
- Allegato VI: metodi di riferimento.

La valutazione degli eventuali impatti sarà effettuata utilizzando come termine di confronto le rilevazioni delle stazioni della Zona IT0711 Agglomerato di Genova. Nella valutazione dell'impatto sarà considerato oltre al confronto con i limiti normativi, anche l'eventuale incremento delle concentrazioni degli inquinanti monitorati a causa dell'impatto dell'opera investigando in particolare se l'incremento sia superiore all'impatto atteso previsto in fase di VIA.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>55 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	55 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	55 di 59								

Per la valutazione dell'impatto della realizzazione dell'opera (CO - fase di cantiere) sarà definita, in accordo con ARPA, la curva limite per individuare dati anomali, che necessitano di opportuno approfondimento. Per la costruzione di suddetta curva si utilizzeranno i dati dei tre anni solari precedenti l'inizio del CO di misure di stazioni della qualità dell'aria, individuate tra tutte quelle facenti parte della stessa zona individuata nella Zona IT0711 Agglomerato di Genova.

Per ciascun giorno dell'anno saranno calcolate la concentrazione media e la concentrazione massima tra le stazioni considerate e poi messe in un grafico cartesiano. Dalla retta di interpolazione passante per l'origine si calcoleranno la pendenza m della retta e l'errore standard σ_y sulla determinazione dell'ordinata calcolata come:

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - mx_i)^2$$

La curva limite avrà pertanto la seguente forma:

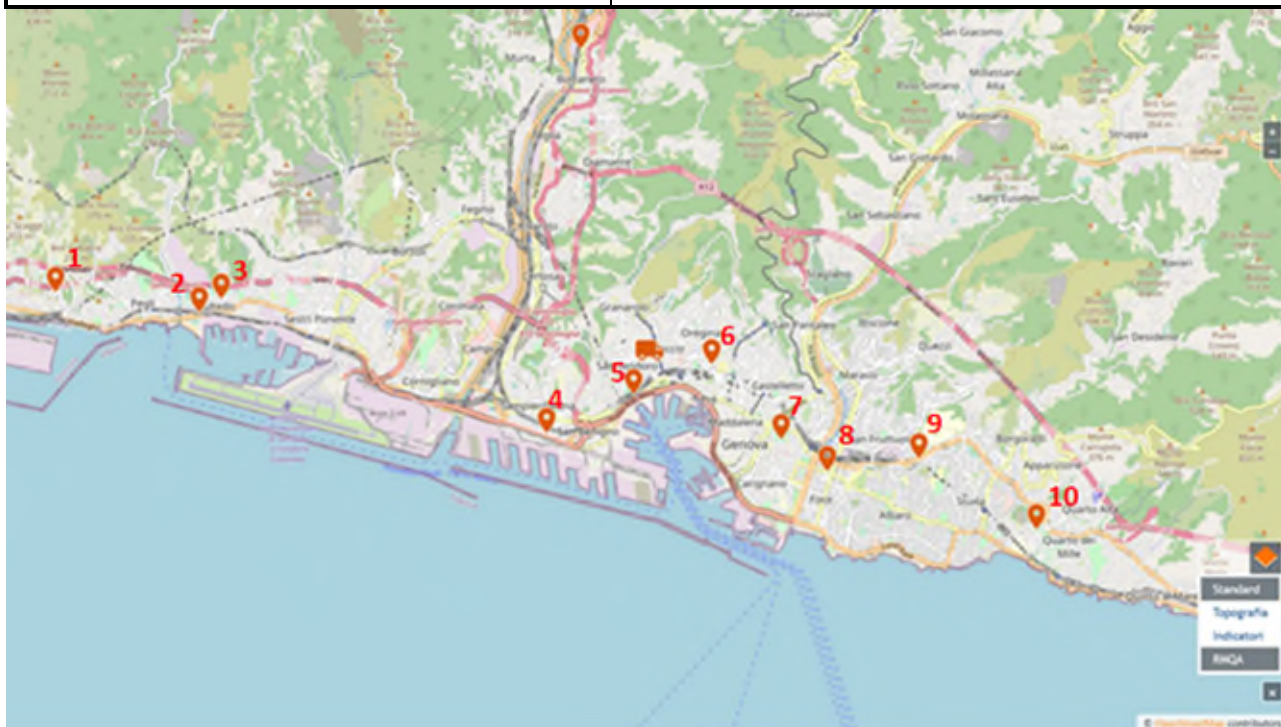
$$y = m \cdot x + b \quad \text{per valori di } y \text{ superiori a } 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$y = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3 \quad \text{negli altri casi}$$

dove m è la pendenza della retta ottenuta dall'interpolazione dei valori medi e massimi delle stazioni prese a riferimento e b è la somma dell'errore standard sulla determinazione dell'ordinata della retta di correlazione calcolata in precedenza (σ_y) e dell'eventuale incremento massimo accettato in fase autorizzativa.

Durante il monitoraggio CO, i dati rilevati nei siti indagati saranno confrontati con le contemporanee concentrazioni medie delle stazioni di riferimento. In caso di superamento della curva limite sopra descritta, risulterà evidenziata la presenza di una situazione di potenziale impatto da parte dell'attività di cantiere che dovrà essere opportunamente indagata, anche attraverso la valutazione dei rapporti giornalieri PM2.5/PM10.

Per valutare la variazione della qualità dell'aria nella fase di PO, si considereranno le misure di PM₁₀ e NO_x (in particolare NO₂) effettuate nelle stazioni della rete di monitoraggio ARPCAL site nella Zona IT0711 Agglomerato di Genova, cui appartiene il sito oggetto di monitoraggio.



Numero	Nome stazione
1	Pegli, Via Ungaretti
2	Genova - Ronchi
3	Genova - Villa Chiesa
4	Mezzo Mobile Iveco GE
5	Genova - Buozi
6	Genova - Firenze
7	Genova - Acquisola
8	Genova - Buenos Aires
9	Genova - Europa/Via San Martino
10	Genova - Quarto

Figura 4.5-1: Stazioni di misura della qualità dell'aria di ARPA nell'area di Genova

Quali valori di riferimento soglia indicativi di situazioni critiche saranno assunti i valori individuati dal D.Lgs. 155/2010 quali soglie e valori limite per la protezione della salute umana per ciascun inquinante.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>02 D Z1</td> <td>RH</td> <td>IM 002 004</td> <td>D</td> <td>57 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	57 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	57 di 59								

4.5.4 Ubicazione dei punti di monitoraggio

L'ubicazione dei punti di monitoraggio è effettuata in considerazione delle informazioni riportate nel SIA in merito a recettori sensibili e insediamenti abitativi potenzialmente più impattati dall'opera, nonché, per la fase CO, dell'articolazione delle attività sui sette cantieri base.

Nella scelta dei punti di monitoraggio si è posta particolare attenzione all'evitare situazioni in cui attività non correlate all'opera o al relativo cantiere possano influenzare le misure.

Per le fasi AO e PO, al fine di verificare la correttezza delle previsioni formulate in fase di Studio di Fattibilità in merito ai benefici attesi sulla qualità dell'aria, andrà verificato l'atteso miglioramento dei dati di qualità nel contesto urbano, considerando le stazioni di misura di ARPA Liguria riportate nella Figura 4.5-1.

Per la fase CO si prevede un punto di monitoraggio in corrispondenza di ciascuna area di cantiere dei Campi Base con misurazioni a frequenza trimestrale.

L'ubicazione dei cantieri (in giallo) e dei punti di monitoraggio (in blu) proposti sono riportati nelle figure seguenti. L'elenco dei punti è poi sintetizzato nella tabella in calce alle figure. Si forniscono anche le coordinate dei punti che risultano essere indicative dato che l'individuazione finale dei punti di monitoraggio sarà effettuata in campo.



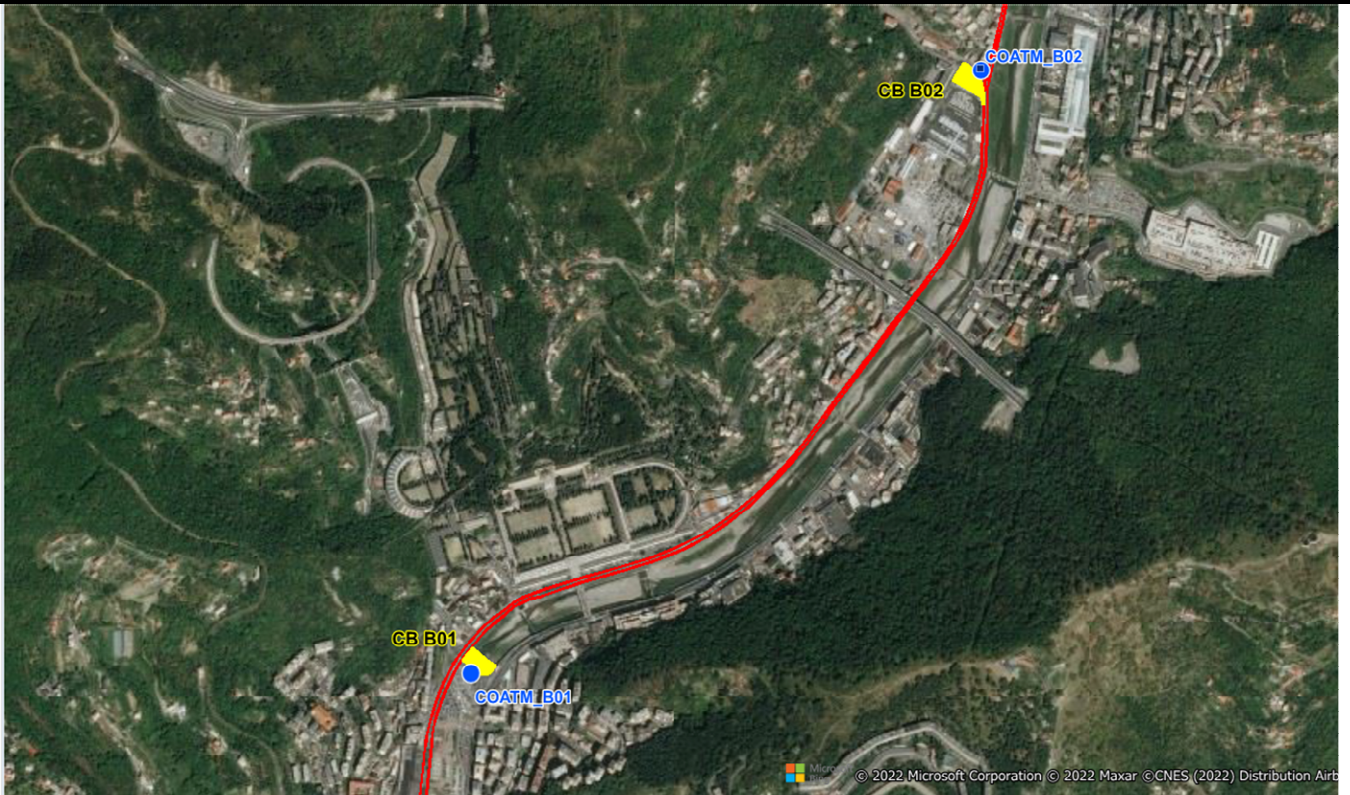
Ponente



PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA
PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E
STRUTTURE CONNESSE)

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	02 D Z1	RH	IM 002 004	D	58 di 59

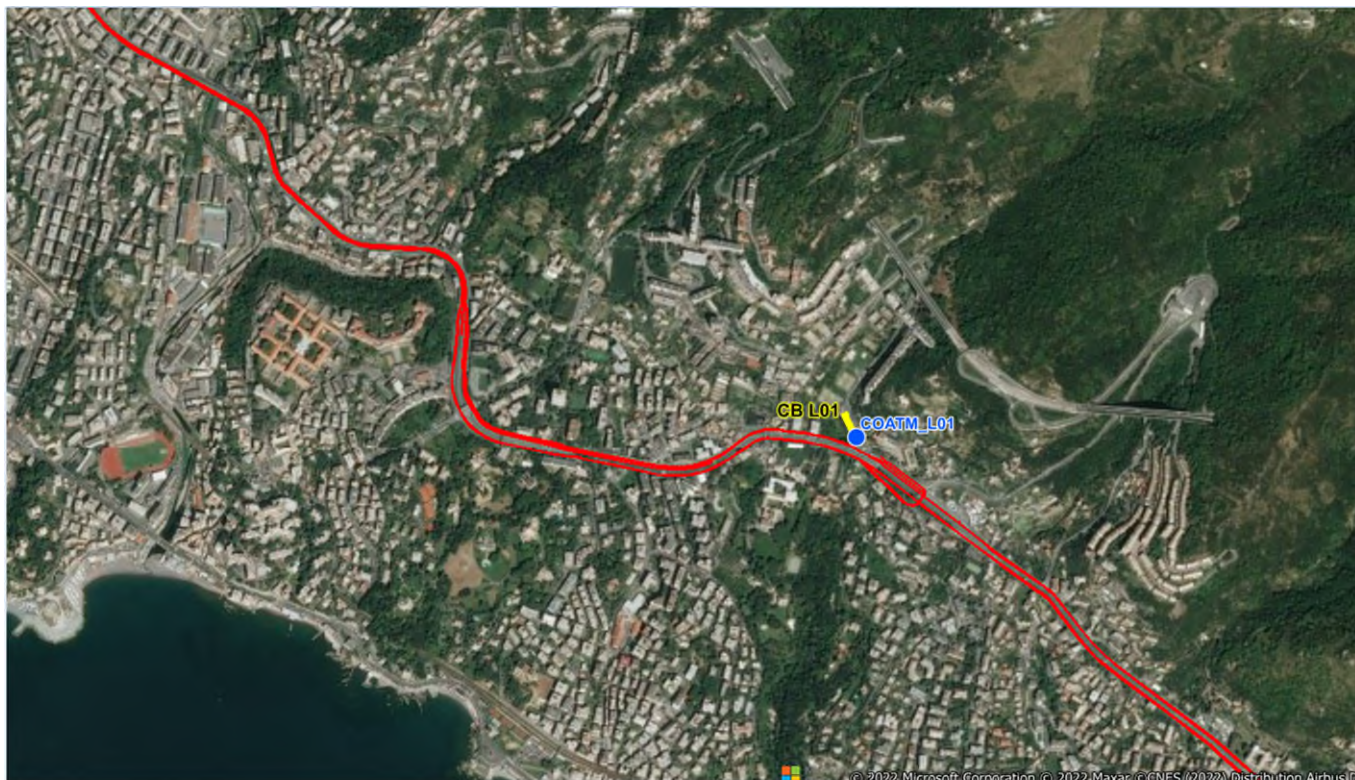


Bisagno



Centro

Levante



Codice	Coordinate sistema WGS84 32N	
	Est	Nord
COATM_P01	486.887	4.919.353
COATM_P02	489.210	4.917.994
COATM_B01	495.892	4.919.240
COATM_B02	496.967	4.920.501
COATM_C01	495.621	4.915.781
COATM_C02	498.390	4.917.018
COATM_L01	500.389	4.915.728

Figura 4.5-2: Ubicazione dei Cantieri base dove saranno individuate i punti di misura della qualità dell'aria in fase CO

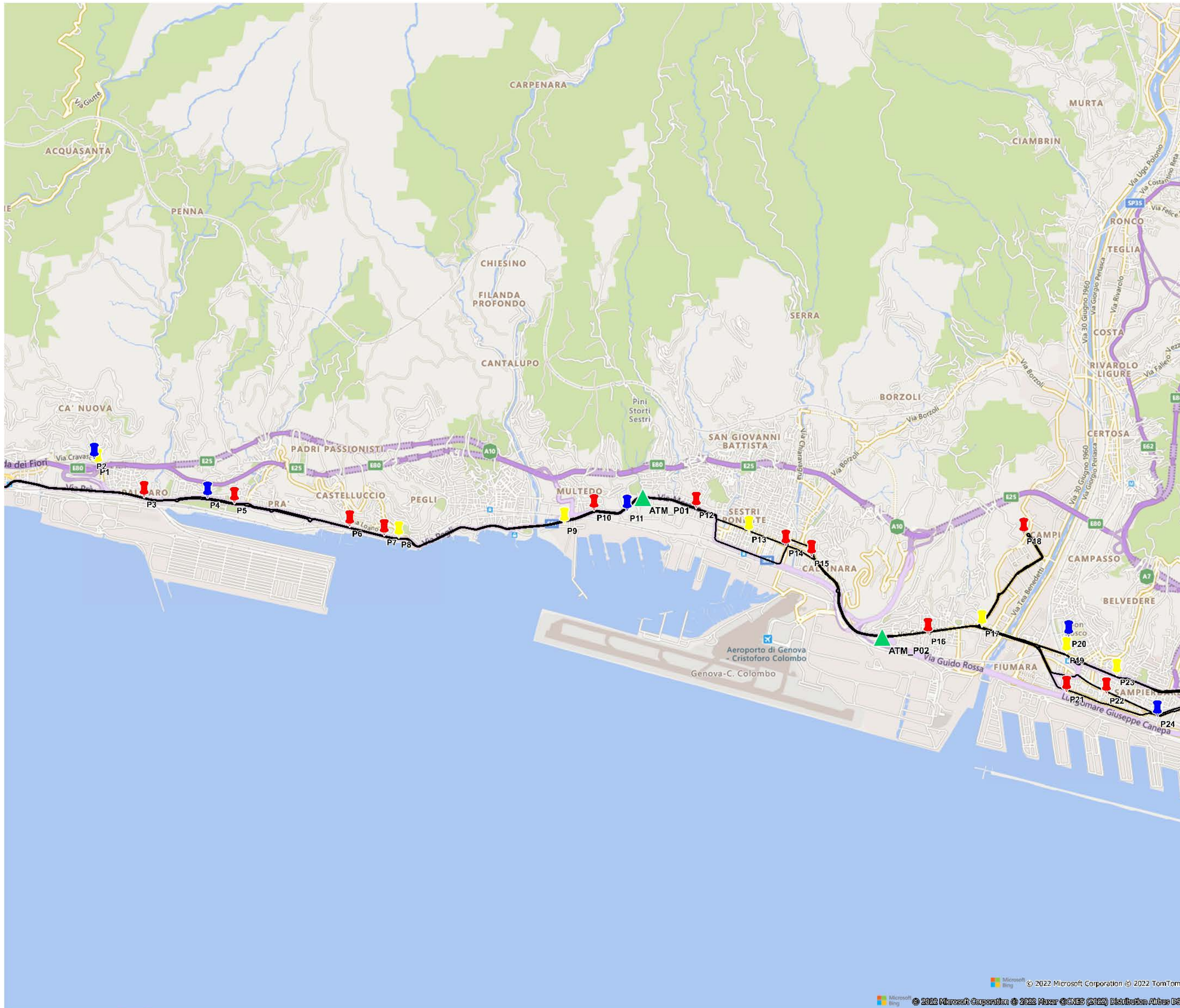
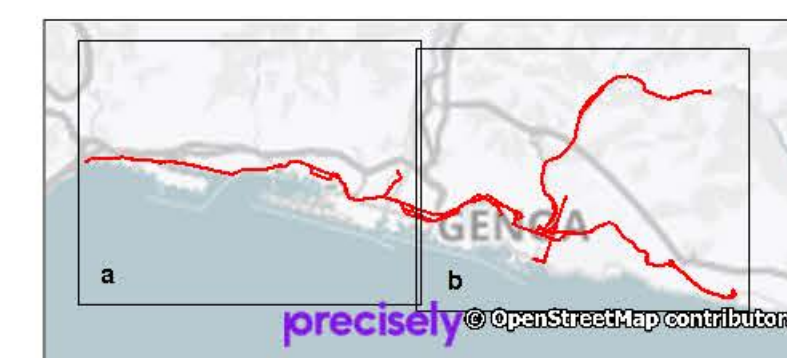


COMUNE DI GENOVA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE

STUDIO DI FATTIBILITA' AMBIENTALE
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Tavola A1-Sintesi dei punti di monitoraggio



Legenda

Punti di Monitoraggio rumore e vibrazioni-Pxx

- Punti di monitoraggio acustico con metodica R1
- Punti di monitoraggio acustico con metodica R1 e monitoraggio vibrazioni
- Punti di monitoraggio acustico con metodica R2

Punti di monitoraggio aria - ATMxx

- Monitoraggio aria-Fase di Cantiere

Punti di monitoraggio acque superficiali - ACQxx

- Monitoraggio acque superficiali-Fase di Cantiere

Progetto

- Tracciato in progetto
- Parcheggio Campanule

Microsoft Bing © 2022 Microsoft Corporation © 2022 TomTom

Microsoft Bing © 2022 Microsoft Corporation © 2022 Maxar © CNES (2022) Distribution Airbus DS

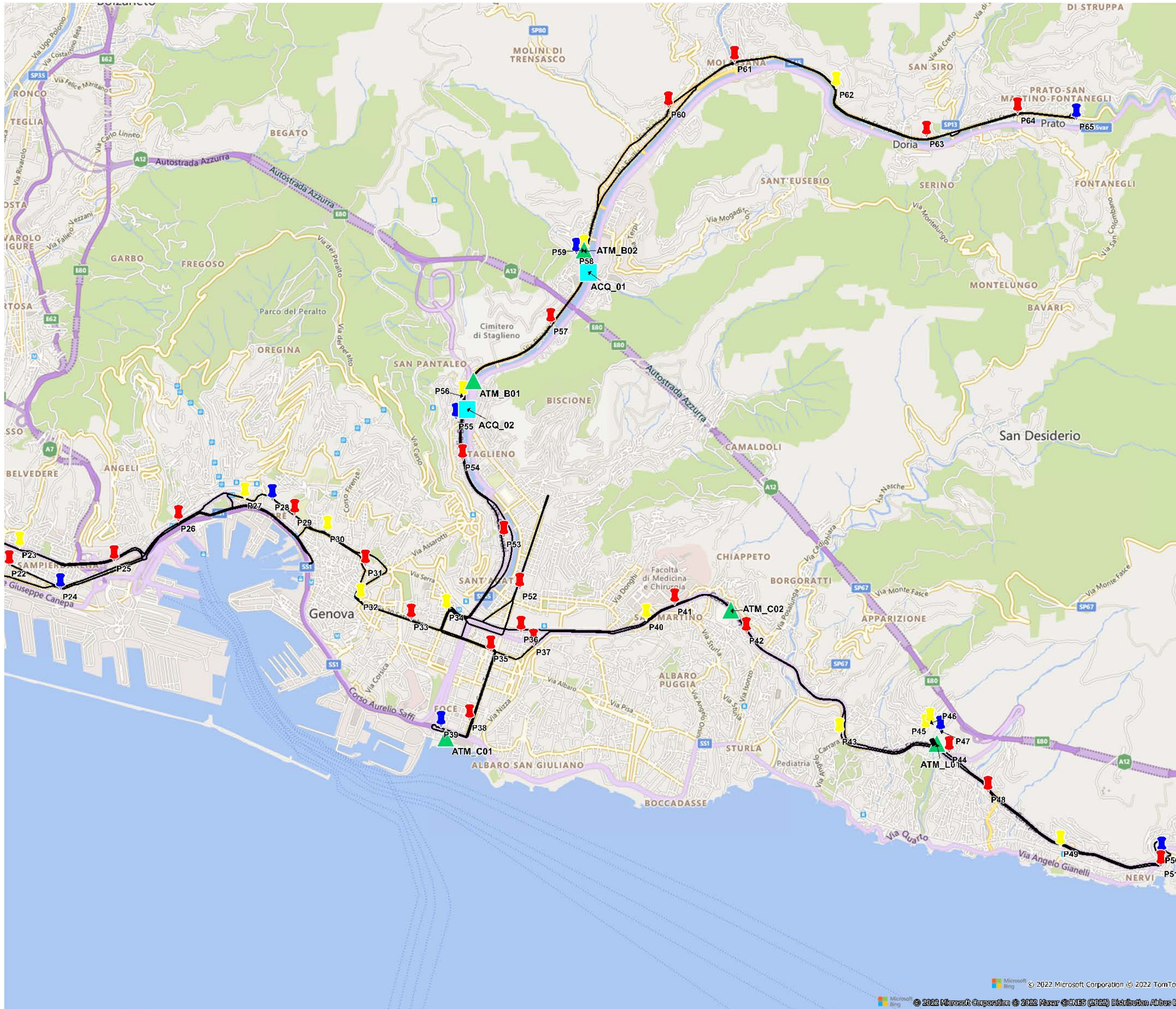
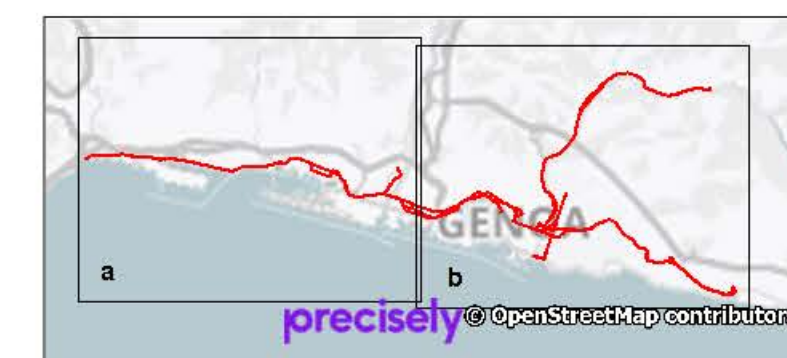


COMUNE DI GENOVA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE

STUDIO DI FATTIBILITA' AMBIENTALE
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Tavola A2-Sintesi dei punti di monitoraggio



Legenda

Punti di Monitoraggio rumore e vibrazioni-Pxx

- Punti di monitoraggio acustico con metodica R1
- Punti di monitoraggio acustico con metodica R1 e monitoraggio vibrazioni
- Punti di monitoraggio acustico con

Punti di monitoraggio aria - ATMxx

- Monitoraggio aria-Fase di Cantiere

Punti di monitoraggio acque superficiali - ACQxx

- Monitoraggio acque superficiali-Fase di Cantiere

Progetto

- Tracciato in progetto
- Parcheggio Campanule