

Tronco

A52 - TANGENZIALE NORD DI MILANO

Oggetto

Potenziamento interconnessione A4-A52 ramo di svincolo tra A4 dir. Torino e A52 dir. Rho e svincolo Monza S. Alessandro - Opera connessa Olimpiadi 2026

CUP: -

Fase progettuale

**PROGETTO ESECUTIVO**

LA CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE  
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

LA CONCESSIONARIA



MILANO SERRAVALLE  
MILANO TANGENZIALI S.p.A  
IL DIRETTORE TECNICO  
dott. ing. Giuseppe Colombo

Il progettista



Descrizione elaborato

**SIA - STUDIO AMBIENTALE**

-  
Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA)  
Componente Vibrazioni  
Relazione specialistica

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	29/02/2024	EMISSIONE	B. Gagliardi D. Roverselli	M. Tomasin	M. Mariani
B	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-

Codifica elaborato

5	0	2	3	E	S	I	A	0	2	3	R	0	X	X	X	X	X	X	A	
Codice				Fase	Ambito			Progressivo				Tipo	Lotto	Zona		Opera			Tratto	Rev

Scala

-

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA MILANO SERRAVALLE MILANO TANGENZIALI S.P.A..  
OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.

THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF MILANO SERRAVALLE MILANO TANGENZIALI S.P.A..  
UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTE BY LAW.

## INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
1.1	OGGETTO DELLA RELAZIONE SPECIALISTICA.....	3
1.2	ESITI DELLE ANALISI AMBIENTALI SVOLTE.....	3
1.3	MOTIVAZIONE DEI CONTROLLI PREVISTI E OBIETTIVI.....	9
1.4	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	9
2	TIPOLOGIE DI ATTIVITA' DI MONITORAGGIO.....	10
3	STAZIONI DI MONITORAGGIO.....	10
3.1	CRITERI ADOTTATI.....	10
3.2	IDENTIFICAZIONE DELLE STAZIONI.....	11
4	ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO.....	13
4.1	ATTIVITÀ PRELIMINARI.....	13
4.2	ATTIVITÀ ESECUTIVE.....	16
4.3	ATTIVITÀ DI ANALISI DEI DATI ACQUISITI.....	18
5	ARTICOLAZIONE TEMPORALE.....	24
5.1	FASI DEL MONITORAGGIO.....	24
5.2	FREQUENZA DELLE ATTIVITÀ DI CONTROLLO.....	24
6	MODALITÀ DI RESTITUZIONE DELLE INFORMAZIONI.....	25
	APPENDICE: SCHEDE STAZIONI DI MONITORAGGIO.....	26

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 OGGETTO DELLA RELAZIONE SPECIALISTICA

La presente relazione costituisce la sezione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) dedicata alla componente Vibrazioni.

Le scelte operate per la definizione delle attività di controllo e delle aree da sottoporre a monitoraggio sono direttamente correlate agli esiti analitico-valutativi della sezione 4.2 “*Geologia e acque*” e sezione 4.4 “*Rumore e Vibrazioni*” del Quadro ambientale dello Studio di Impatto Ambientale, di cui il presente PMA è parte integrante, come disciplinato dall’art. 22, comma 3, del D.lgs. n. 152/2006.

### 1.2 ESITI DELLE ANALISI AMBIENTALI SVOLTE

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova galleria monodirezionale affiancata alla galleria A52 esistente sotto il quartiere di S. Alessandro a Monza, tra via Marconi e la linea ferroviaria Milano-Monza. In tale porzione territoriale sono presenti unità residenziali, commerciali e istituti scolastici.

E’ prevista l’attuazione delle opere mediante il metodo “Milano”, ossia mediante il sistema Top-Down, consentendo di minimizzare i volumi di scavo e di conseguenza le interferenze con la viabilità locale.

Vengono dapprima eseguiti i diaframmi perimetrali in c.a., successivamente viene realizzato il primo scavo previsto a -1 m dalla testa dei diaframmi al termine del quale sarà possibile gettare la soletta di copertura, seguito dallo scavo di ribasso fino a quota – 8.80 m.

Segue la realizzazione della soletta di fondo. Previa prosecuzione dell’impermeabilizzazione, saranno realizzate le fodere interne gettate in opera che spiccano dalla soletta inferiore fino a ricongiungersi con la soletta superiore.

Data la presenza di più edifici in stretta prossimità, si è resa necessaria la realizzazione di opere provvisorie. Gli scavi di queste opere raggiungeranno all’incirca i 3 m di profondità da piano campagna; il progetto ha definito che gli scavi non dovranno mai raggiungere la quota delle fondazioni degli edifici esistenti per evitarne lo scalzamento.

Per le opere provvisorie si prevede l’impiego di paratie di micropali mediante diametro di perforazione  $\Phi = 250$  mm, all’interno del quale verrà posizionata un’armatura tubolare 193,7 mm, spessore 12,5 mm e posizionati ad interasse di 0,30 m.

I micropali avranno lunghezza 9 m e saranno collegati in testa da un cordolo avente dimensioni 0,50 m x 0.50 m.

I dimensionamenti e le verifiche delle paratie sono stati sviluppati in accordo alle normative vigenti, con specifico riferimento ad alcune sezioni progettuali di particolare interesse.

Nel dettaglio, le sezioni di calcolo corrispondono alle seguenti: sezione alla progr. km. 0+220 (a ridosso di alcuni condomini in prossimità dell’imbocco della nuova galleria); sezione alla progr. km. 0+410; sezione alla progr. km. 0+470; sezione alla progr. km. 0+560.

Figura 1.1 – Sezione di scavo con utilizzo di paratie alla sezione progr. km. 0+470

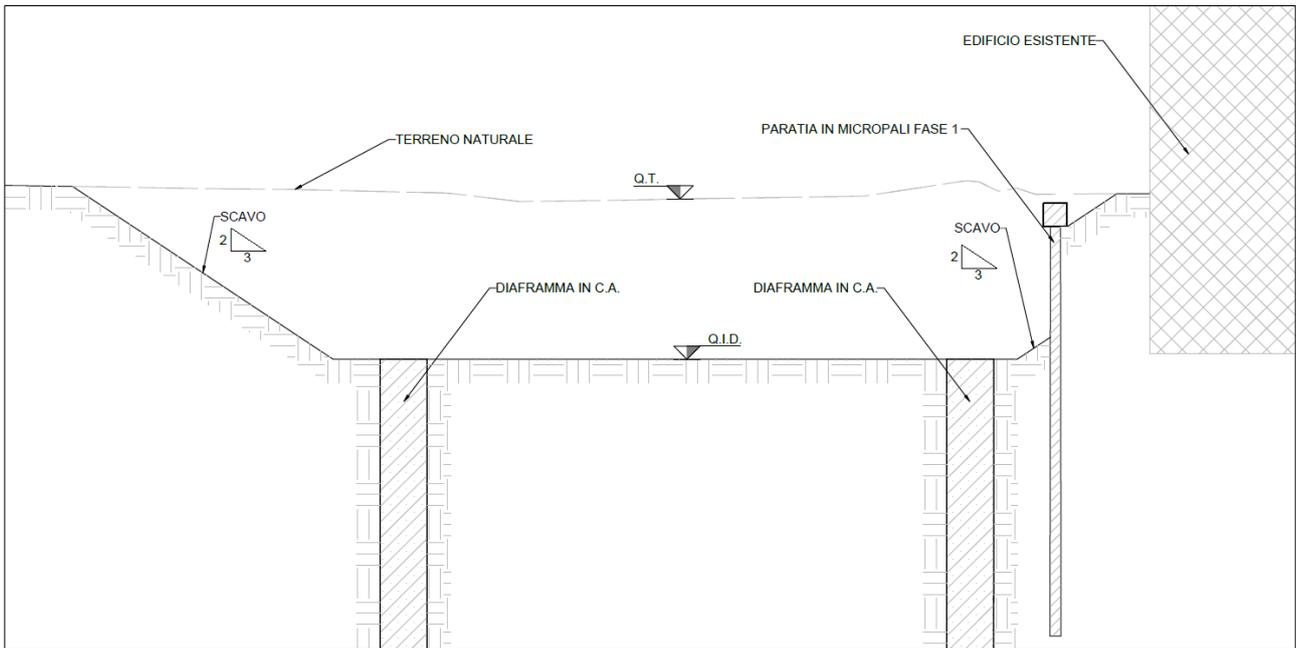


Figura 1.2 – Fasi realizzazione copertura galleria del Piano di Sicurezza di progetto illustrativo della fase A di scavo della galleria

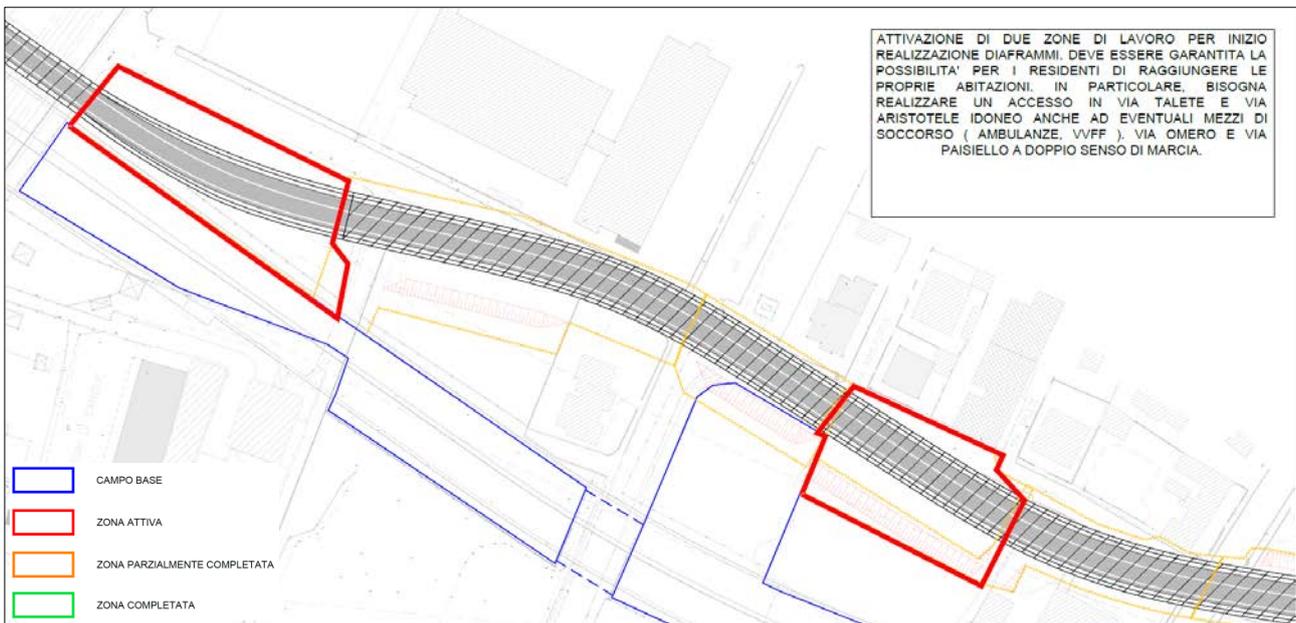


Figura 1.3 – Fasi realizzazione copertura galleria del Piano di Sicurezza di progetto illustrativo della fase B di scavo della galleria

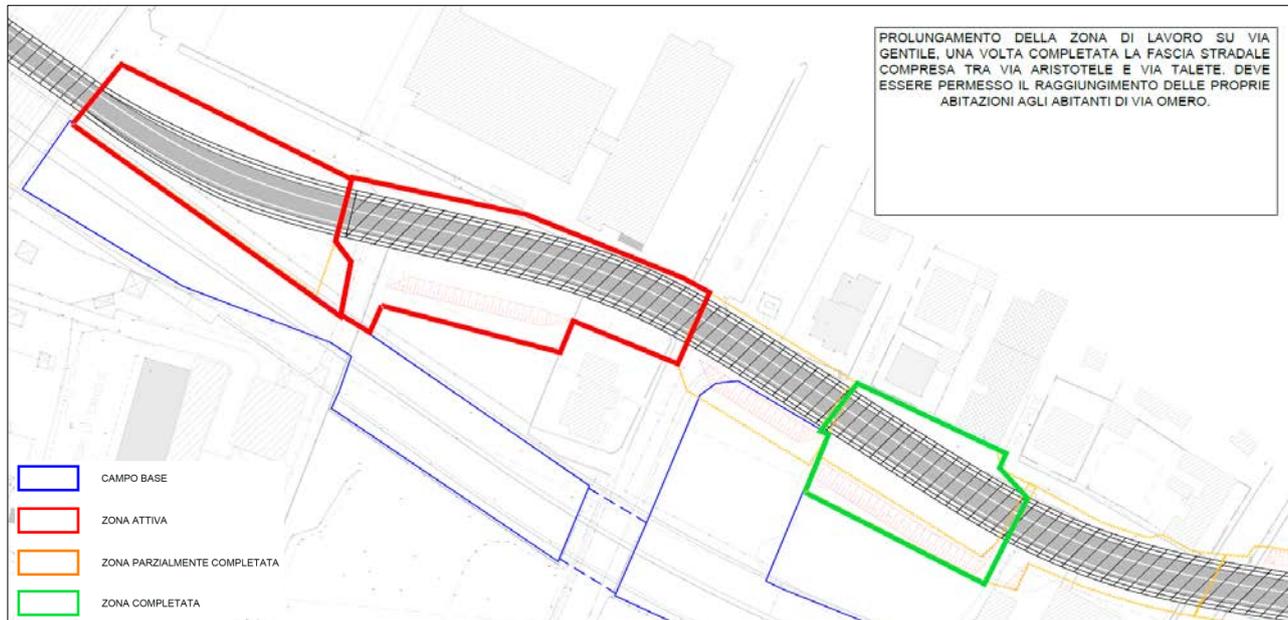


Figura 1.4 – Fasi realizzazione copertura galleria del Piano di Sicurezza di progetto illustrativo della fase C di scavo della galleria

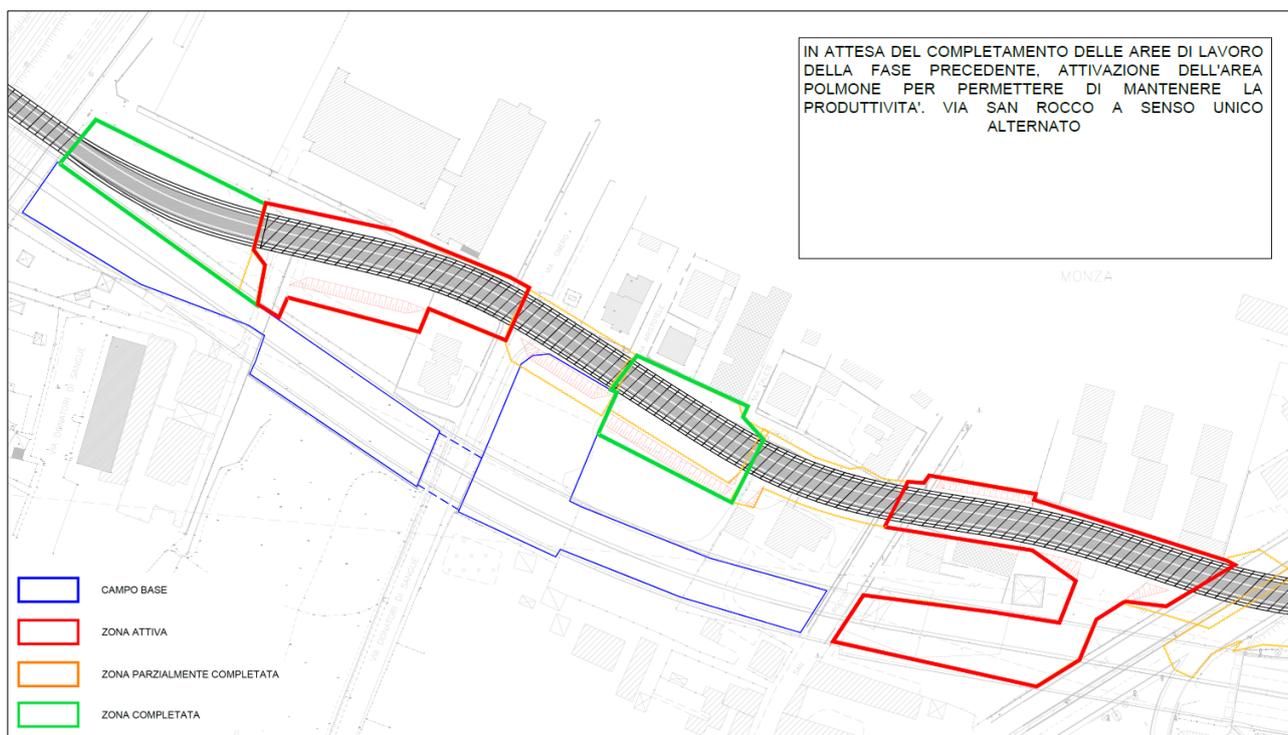


Figura 1.5 – Fasi realizzazione copertura galleria del Piano di Sicurezza di progetto illustrativo della fase D di scavo della galleria

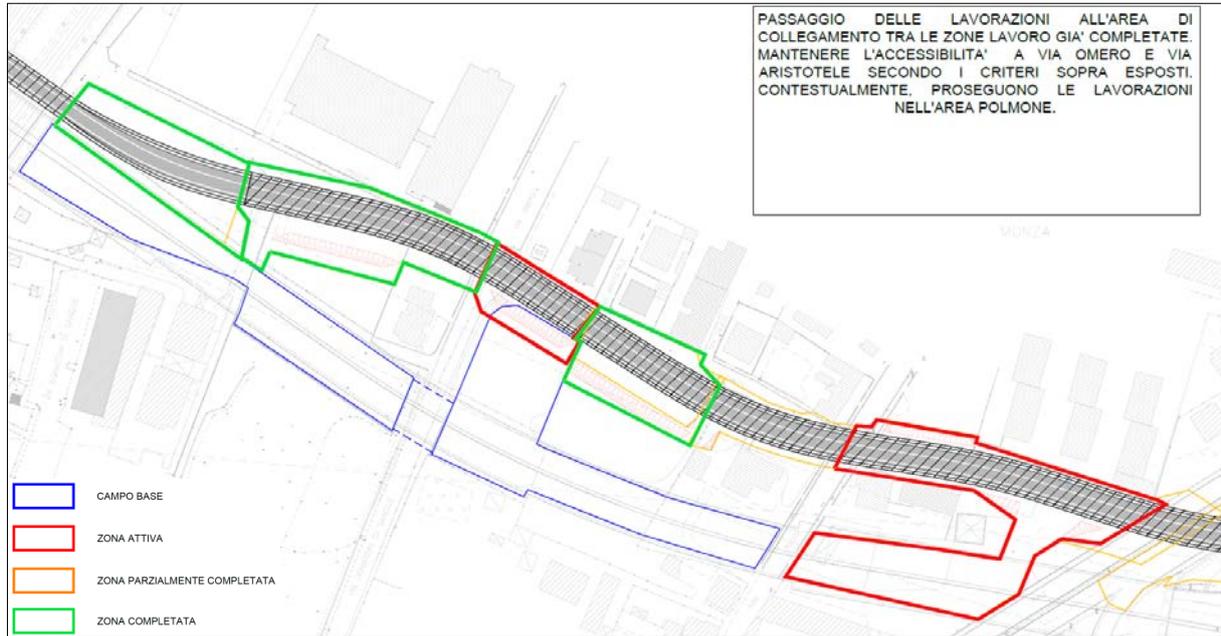


Figura 1.6 – Fasi realizzazione copertura galleria del Piano di Sicurezza di progetto illustrativo della fase E di scavo della galleria

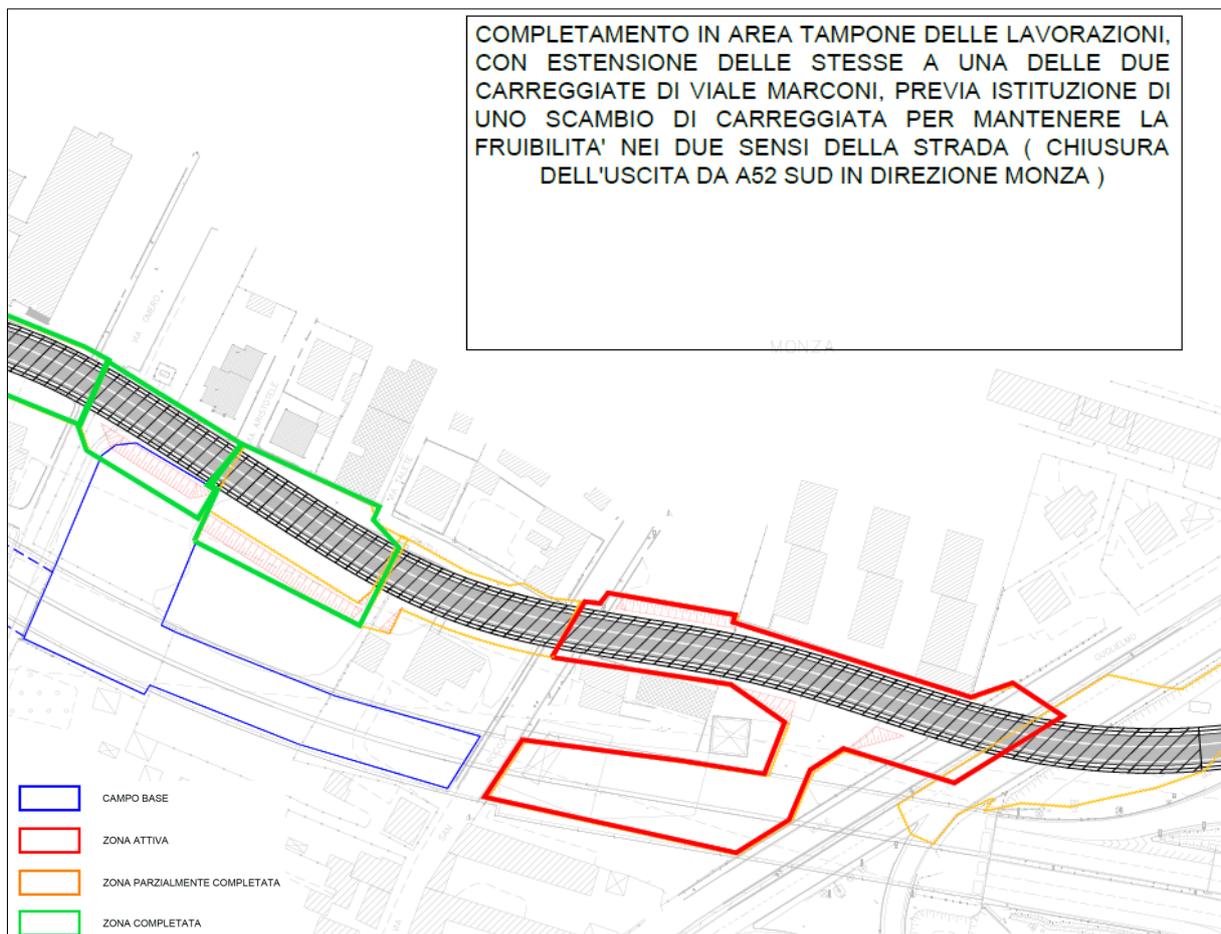


Figura 1.7 – Fasi realizzazione copertura galleria del Piano di Sicurezza di progetto illustrativo della fase F di scavo della galleria

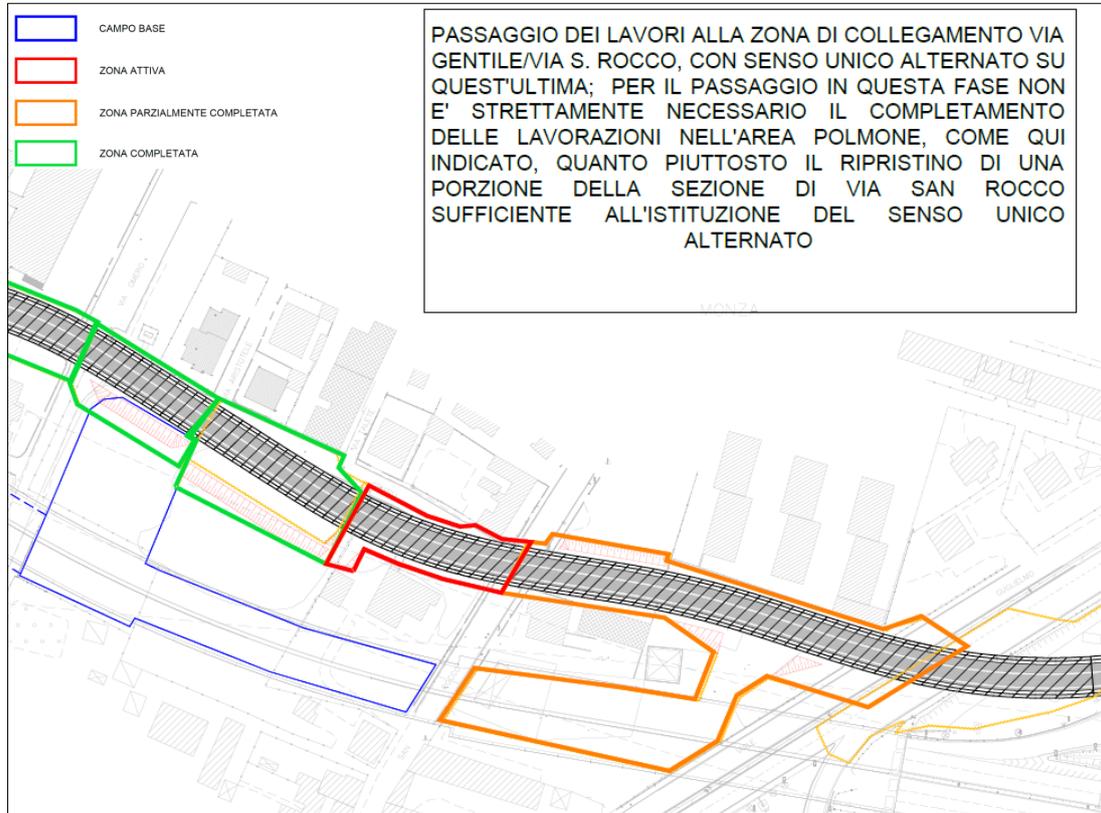


Figura 1.8 – Fasi realizzazione copertura galleria del Piano di Sicurezza di progetto illustrativo della fase G di scavo della galleria

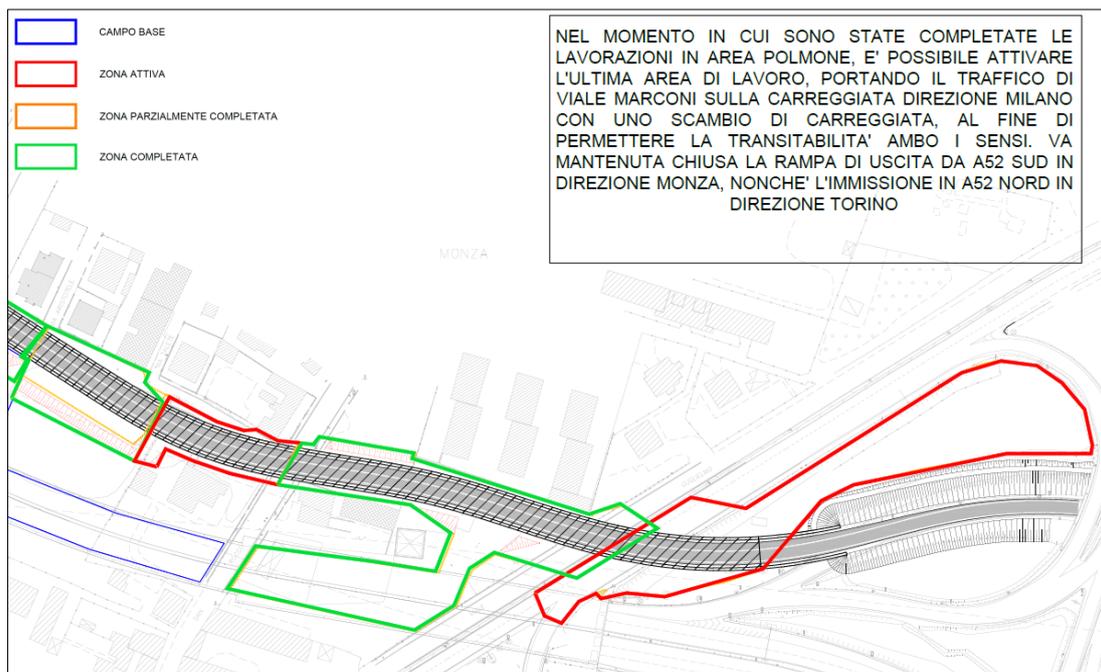


Figura 1.9 – Fasi realizzazione copertura galleria del Piano di Sicurezza di progetto illustrativo della fase H di scavo della galleria

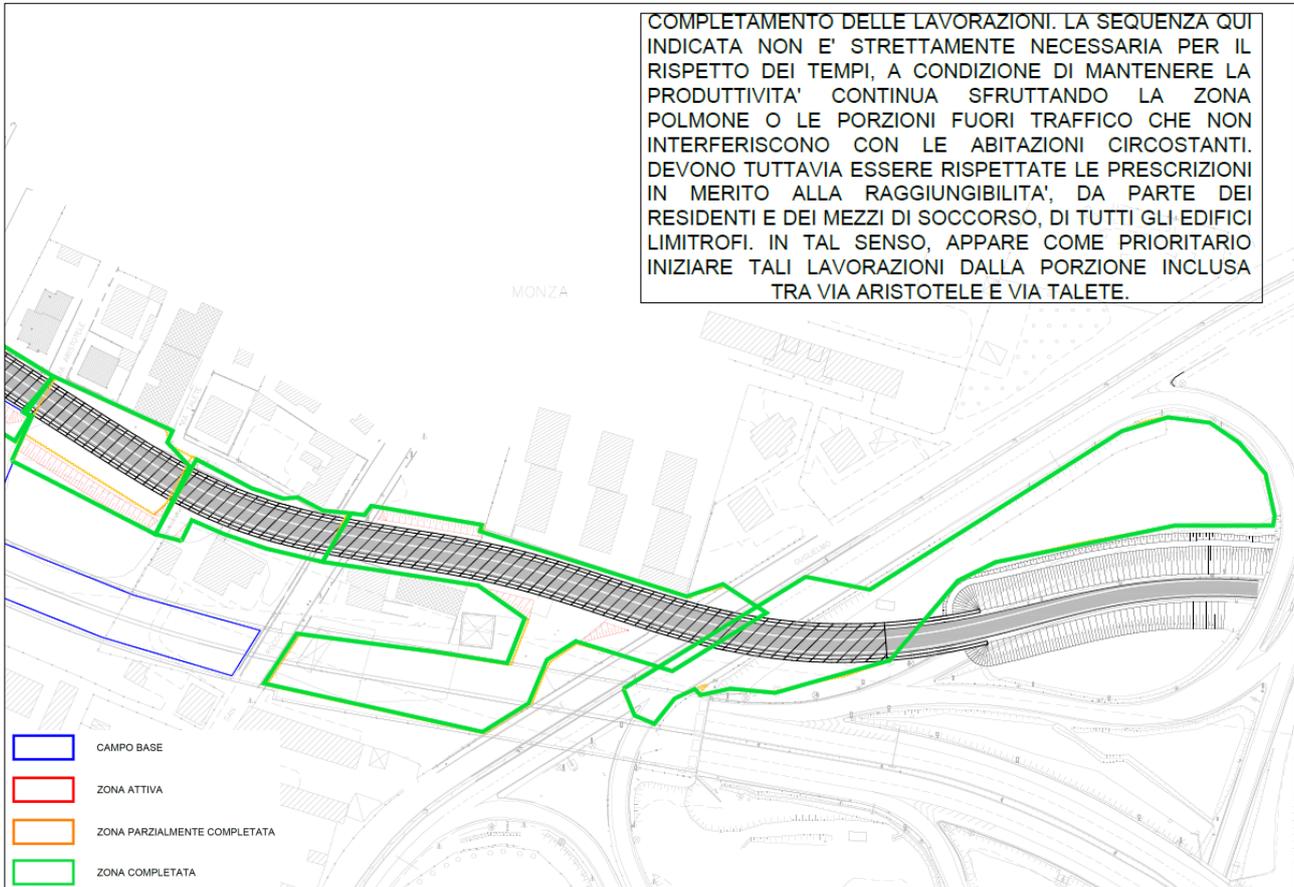
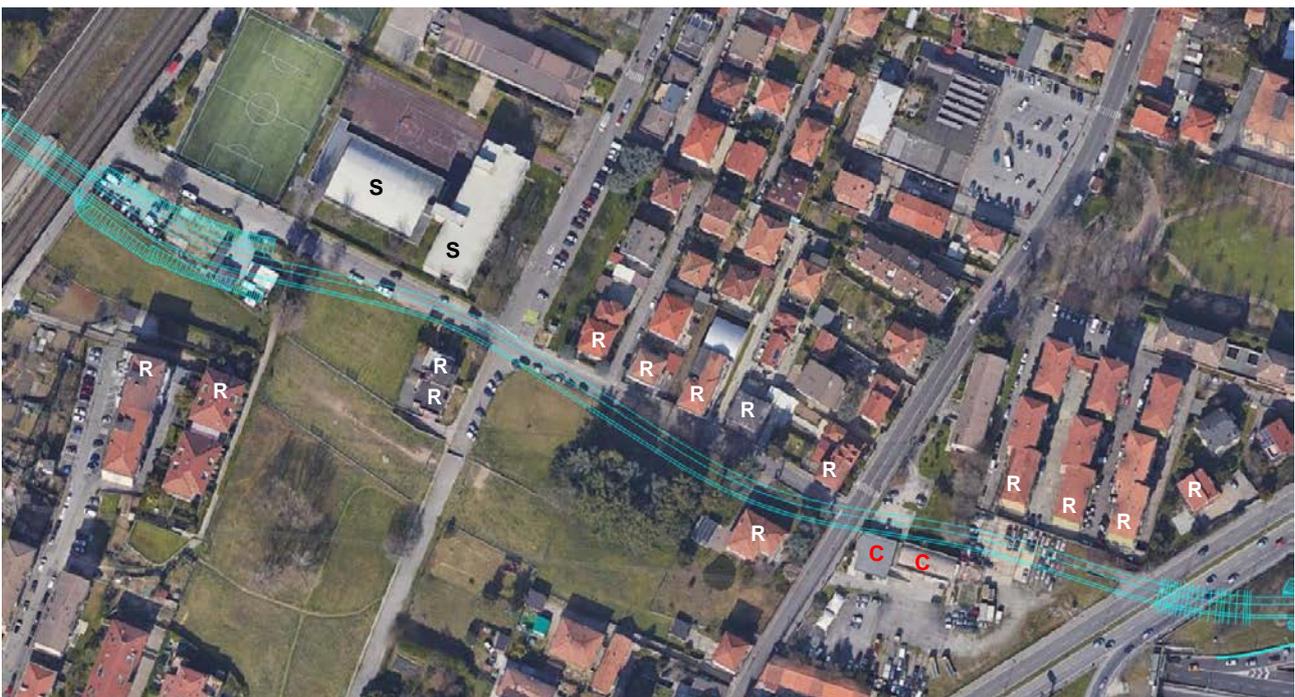


Figura 1.10 – Edifici presenti in stretta attiguità alle aree di scavo e realizzazione della nuova galleria (destinazioni da PGT: R residenziale; C commerciale; S istituti scolastici)



Nell'ambito delle analisi ambientale svolte dal SIA, sono state stimate le condizioni di danno potenzialmente producibile dallo scavo della galleria artificiale sugli edifici presenti a margine, valutando come la fase di fondo scavo risulti essere la più sfavorevole in termini di possibili cedimenti indotti. Le analisi degli edifici sono state condotte considerando gli effetti combinati dovuti ai cedimenti verticali e orizzontali.

Le analisi condotte hanno evidenziato l'attesa di danni potenziali di intensità trascurabile e lieve.

Dalle analisi è emerso come la popolazione presente negli stessi edifici possa essere esposta a possibili condizioni di disturbo da un punto di vista sensoriale per le vibrazioni prodotte in fase di cantiere.

Gli effetti attesi nelle condizioni post operam sono risultati da un punto di vista vibrazionale lungo l'intero tratto in galleria. Su tutti i punti esterni alla galleria, i livelli di vibrazione in post operam sono risultati confrontabili con i livelli previsti in ante operam e comunque sempre compatibili con i limiti normativi.

### 1.3 MOTIVAZIONE DEI CONTROLLI PREVISTI E OBIETTIVI

Il monitoraggio ambientale ha lo scopo di verificare che i ricettori antropici presenti in prossimità delle aree di cantiere in cui sono previsti scavi e operazioni nel sottosuolo siano soggetti a livelli vibrazionali in linea con le previsioni progettuali e con gli standard di riferimento, e che eventuali condizioni di alterazione strutturale degli immobili presenti siano tempestivamente rilevate e connesse a immediate risposte di contenimento.

### 1.4 RIFERIMENTI NORMATIVI

Si è fatto riferimento agli strumenti normativi attualmente vigenti sia in ambito nazionale che internazionale. Tali norme definiscono le grandezze e i parametri che devono essere misurati, i sistemi di rilevazione e le caratteristiche della strumentazione che deve essere impiegata.

In particolare, la valutazione delle vibrazioni deve essere eseguita in relazione al loro effetto sull'uomo e sulle strutture.

Gli effetti delle vibrazioni sull'uomo all'interno degli edifici sono descritti nel Regolamento locale di igiene tipo, nella norma ISO 2631-2 (2003) e nella UNI 9614 (2017).

In particolare, per quanto riguarda la norma UNI 9614, a settembre 2017 la stessa ha subito un aggiornamento che ha modificato l'analisi vibrazionale, sia in termini di metodica per la realizzazione delle misure, sia nella elaborazione dei dati rilevati.

Per la valutazione dei danni strutturali, le normative di riferimento sono la ISO 4866 e la UNI 9916, che riportano essenzialmente gli stessi contenuti tecnici.

Di seguito sono elencati i principali riferimenti normativi adottati per la stesura del progetto di monitoraggio ambientale relativamente alla componente Vibrazioni.

#### Normativa internazionale

*DIN 4150-3 (prima edizione 1986, sostituita da edizione 1999) Le vibrazioni nelle costruzioni Parte 3: Effetti sui manufatti;*

*Norma ISO 2631/1 (prima edizione 1985, attuale edizione 2014) Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 1: Specifiche generali;*

*Norma ISO 4866 (prima edizione 1990, attuale edizione 2010) Vibrazioni meccaniche ed impulsi - Vibrazioni degli edifici - Guida per la misura delle vibrazioni e valutazione dei loro effetti sugli edifici;*

*Norma ISO 2631/2 (prima edizione 1989, attuale edizione 2018) Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 2: Vibrazioni continue ed impulsive negli edifici (da 1 a 80 Hz).*

Normativa nazionale

*Norma UNI 9916 (gennaio 2014) Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici;*

*Norma UNI 9614 (settembre 2017) Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.*

*Norma UNI 9513 (1989) Vibrazioni e Urti. Vocabolario.*

Normativa regionale

*D.G.R n. 3/49784 del 28/03/1985 e successiva deliberazione n. 219 del 24 aprile 2008 "Regolamento locale di igiene-tipo (ex art. 53 della L.R. 26 ottobre 1981, n.64)", con successive modifiche ed integrazioni.*

Nella elaborazione del progetto si terranno in considerazioni circolari ed indicazioni ARPA in merito alla scelta ed opportunità dei luoghi e punti di monitoraggio.

## **2 TIPOLOGIE DI ATTIVITA' DI MONITORAGGIO**

L'attività prevede di verificare che i recettori antropici posti in prossimità dei cantieri siano soggetti a livelli vibrazionali in linea con le previsioni progettuali e con gli standard di riferimento, e che gli edifici presenti non subiscano danneggiamenti dovute dalle lavorazioni.

Nello specifico sono, pertanto, previste le seguenti tipologie di attività di controllo:

- a) monitoraggio delle eventuali condizioni di disturbo sensoriale indotte in fase di cantiere e di esercizio;
- b) ricerca e controllo di eventuali fessurazioni e conseguenti alterazioni strutturali edifici esistenti nelle aree contermini ai cantieri.

## **3 STAZIONI DI MONITORAGGIO**

### **3.1 CRITERI ADOTTATI**

Le indagini, in particolare durante la fase di corso d'opera, devono essere effettuate in corrispondenza dei ricettori più prossimi alle aree di cantiere.

Le sorgenti vibrazionali legate alla cantierizzazione dell'opera che possono generare potenziali problematiche da un punto di vista sensoriale e strutturale sono riconducibili in riferimento al progetto in analisi alle aree di scavo e lavorazione nel sottosuolo.

Per cautela, tutti i punti di controllo sono stati posizionati in corrispondenza dei ricettori (edifici residenziali, edifici scolastici, edifici produttivi commerciali) ubicati in prossimità di tutte le aree operative di progetto.

### 3.2 IDENTIFICAZIONE DELLE STAZIONI

L'analisi delle attività costruttive e dei ricettori presenti sul territorio ha evidenziato la presenza di potenziali criticità in diversi punti, situati a pochi metri dalle aree di lavorazione.

Sono stati considerati seguenti ricettori rispetto a cui prevedere le misure di controllo:

- ambito urbano di S. Alessandro a Monza, caratterizzato da ricettori residenziali, istituti scolastici e immobili ad uso commerciale posti in diretto affaccio alle aree di lavorazione tra via Marconi e la linea ferroviaria Milano-Monza (codici stazioni: VIB-01-02-03-04-05-06-07-08-09-10-11-12-13);
- ambito urbano prossimo allo svincolo A52 di via Borgazzi, caratterizzato da ricettori residenziali posti in prossimità di alcune localizzate lavorazioni nel sottosuolo (codici stazioni: VIB-14 in relazione alla realizzazione di un muro di contenimento dell'attuale versante interno alla trincea A52; VI-15 in relazione alla realizzazione di un tratto stradale in trincea e della nuova vasca di raccolta delle acque all'interno dello svincolo autostradale esistente);
- ambito del margine urbano orientale della frazione Casignolo a Cinisello Balsamo, caratterizzato da un ricettore residenziale posto in prossimità delle aree di lavorazione per la realizzazione del nuovo ramo stradale di raccordo con la via Edison e delle aree di stoccaggio terre/materiali (codici stazioni: VIB-16);
- ambito del margine urbano sud-occidentale della frazione Casignolo a Cinisello Balsamo, caratterizzato da un ricettore residenziale posto in prossimità delle aree di lavorazione per la realizzazione del la modifica del ramo di uscita dello svincolo A52 sulla SS36 direzione nord (codici stazioni: VIB-17).

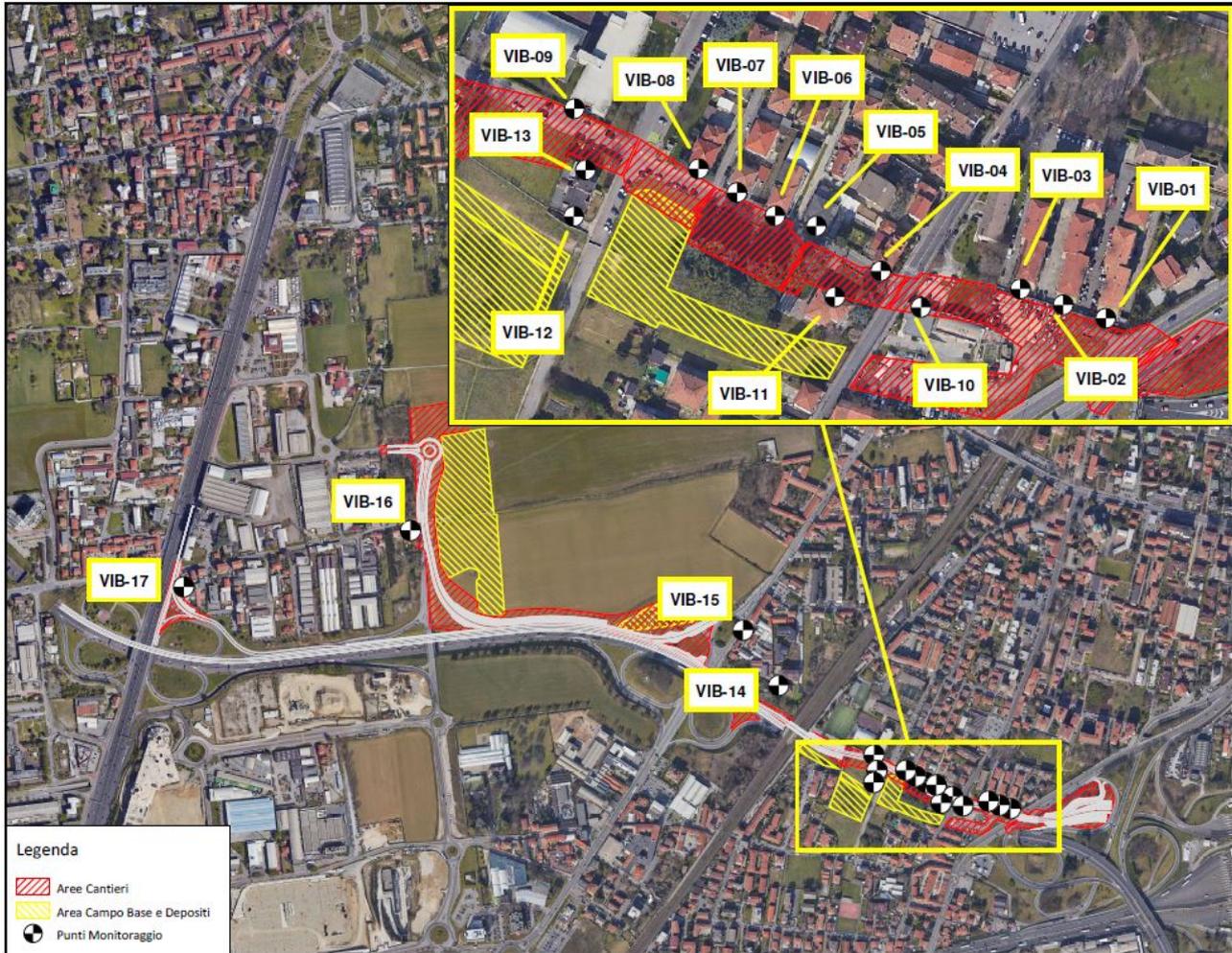
La tabella seguente illustra l'elenco di tutte le stazioni di monitoraggio considerate.

Tabella 3 1 Elenco delle stazioni e punti di monitoraggio.

Comune	Coord x [m]	Coord. Y [m]	Codice	Tipologia di ricettore
Monza	520'515	5'044'922	VIB - 01	residenziale
Monza	520'494	5'044'928	VIB - 02	residenziale
Monza	520'473	5'044'936	VIB -03	residenziale
Monza	520'405	5'044'945	VIB - 04	residenziale
Monza	520'373	5'044'967	VIB - 05	residenziale
Monza	520'353	5'044'972	VIB - 06	residenziale
Monza	520'335	5'044'984	VIB - 07	residenziale
Monza	520'316	5'044'995	VIB - 08	residenziale
Monza	520'255	5'045'025	VIB - 09	istituto scolastico
Monza	520'425	5'044'927	VIB - 10	commerciale
Monza	520'383	5'044'932	VIB - 11	residenziale
Monza	520'255	5'044'972	VIB - 12	residenziale
Monza	520'260	5'044'995	VIB - 13	residenziale
Monza	520'073	5'045'158	VIB - 14	residenziale
Monza	520'005	5'045'264	VIB - 15	residenziale
Cinisello Balsamo	519'371	5'045'456	VIB - 16	residenziale
Cinisello Balsamo	518'939	5'045'347	VIB - 17	residenziale

(Nota: le coordinate sono da indicare con proiezione WGS84 UTM 32 nord)

Figura 3.1 – Localizzazione delle stazioni di monitoraggio



## 4 ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

### 4.1 ATTIVITÀ PRELIMINARI

#### 4.1.1 VERIFICA DI IDONEITÀ DELLE STAZIONI

L'attività di misura prevede un'organizzazione preliminare in sede che passa attraverso l'analisi del programma di cantiere (tale attività è essenziale nella fase di corso d'opera per poter controllare le potenziali interferenze e poterle correlare alle lavorazioni svolte) e la preparazione di tutto il materiale necessario per l'accertamento strumentale.

Prima di procedere con l'esecuzione delle misure di controllo è pertanto necessario:

- verificare l'aggiornamento della programmazione di cantiere;
- definire nel dettaglio il programma delle attività di monitoraggio.

Per ogni singola stazione di monitoraggio si dovrà effettuare una verifica di fattibilità delle misure di controllo consistente in:

- definizione delle informazioni che consentono di indicare l'esatta localizzazione sul territorio del ricettore quali: indirizzo e coordinate geografiche;
- verifica dell'accessibilità degli edifici per la realizzazione delle misure nelle varie fasi del monitoraggio;
- definizione della classificazione degli edifici ai sensi della norma UNI 9614, ma anche della destinazione d'uso del ricettore, l'altezza del ricettore, il numero di piani e la presenza di eventuali locali interrati;
- definizione in dettaglio delle sorgenti vibranti in essere e della loro distanza rispetto all'edificio;
- verifica dell'assenza di situazioni locali che possano disturbare le misure;
- disponibilità e facilità di accesso agli spazi interni delle proprietà private da parte dei tecnici incaricati delle misure per tutta la durata prevista del monitoraggio ambientale e per tutte le fasi in cui è previsto il monitoraggio;
- acquisizione del consenso della proprietà ad accedere al ricettore da monitorarsi;
- verifica della disponibilità di alimentazione alla rete elettrica e selezione dei locali degli edifici da monitorarsi in cui posizionare i dispositivi di misura.

I dati rilevati saranno inseriti in una scheda specifica per ricettore.

Nel caso in cui emergano difficoltà di accessibilità o impedimenti alle successive misure, sarà scelta una postazione alternativa, ma pur sempre rappresentativa delle caratteristiche qualitative dell'area di studio, rispettando i criteri sopra indicati.

Nel corso del sopralluogo è necessario verificare e riportare correttamente sulla scheda tutti i dettagli relativi alla localizzazione geografica, con particolare attenzione all'accessibilità al punto di misura, in modo che il personale addetto alle misure possa, in futuro, disporre di tutte le informazioni per accedere al punto di monitoraggio prescelto.

Saranno anche effettuate fotografie e sarà riportato, nella scheda, uno stralcio cartografico con indicata l'ubicazione del punto di monitoraggio. Il sopralluogo sarà effettuato una sola volta prima di qualsiasi attività di misura.

#### 4.1.2 INSTALLAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE, CALIBRAZIONE ED ANALISI DI PRE-RILEVAMENTO

##### 4.1.2.1 *Controllo degli effetti sensoriali*

La strumentazione utilizzata, in accordo alla norma UNI 9614, deve rispondere alle norme IEC 184, IEC 222 e IEC 225.

La strumentazione per la misura delle vibrazioni è costituita essenzialmente da un trasduttore in grado di trasformare la vibrazione in un segnale elettrico, da una apparecchiatura per il condizionamento dei segnali e da un sistema per la registrazione delle grandezze misurate.

La catena di misura e di analisi che è stata prevista in relazione agli standard di misurazione richiesti ed alle finalità delle misure è così articolata:

- trasduttori di accelerazione;
- filtri antialiasing;
- cavi schermati per la trasmissione del segnale;
- sistema di acquisizione dati con almeno 6 canali in contemporanea.

Nella Tabella 4 1 si riportano le caratteristiche tecniche minime degli accelerometri che devono essere utilizzati.

*Tabella 4 1 caratteristiche accelerometro*

Grandezza	
Sensibilità	1 V/g
Range di frequenza	0.3 – 500 Hz
Range di misura	± 1 g
Risoluzione	0.000005 g rms
Linearità	± 1 %
Sensibilità trasversale	<5 %

La strumentazione adoperata deve essere sottoposta a verifica di taratura in appositi centri specializzati (Accredia) almeno una volta ogni due anni. Il risultato della taratura effettuata deve essere validato da un apposito certificato.

Di seguito si riportano gli accorgimenti da seguire in fase di installazione della strumentazione e calibrazione della stessa.

I dispositivi di misura sono localizzati in corrispondenza del primo e dell'ultimo solaio abitato, dal lato dell'edificio a minima distanza dal tracciato. Il monitoraggio è preferibilmente svolto in stanze in cui non si verificano interferenze con le attività residenziali e in posizione centrale al locale (in corrispondenza della mezzeria del solaio).

All'interno delle stanze scelte, al primo e all'ultimo piano dell'edificio, devono essere misurate le vibrazioni in tre direzioni mutuamente perpendicolari: a tal fine sarà necessario posizionare un accelerometro triassiale o 3 accelerometri monoassiali. Tutti gli accelerometri trasmettono simultaneamente i dati ad una centralina di acquisizione dati.

I trasduttori devono essere ancorati alla struttura da monitorare mediante fissaggio con cera d'api in modo da garantire un miglior risultato nella trasduzione del segnale e comunque secondo quanto indicato nella ISO 5348.

In alternativa al precedente metodo e nel caso non fosse possibile l'accesso nei locali interni, i trasduttori possono essere resi solidali, mediante attacco magnetico o filettato, ad un massetto d'acciaio, avente peso adeguato, appoggiato al suolo in maniera stabile.

I trasduttori devono essere connessi con il sistema d'acquisizione dati che sarà collocato in posizione idonea. Poiché è necessario acquisire contemporaneamente i dati provenienti da tutti i traduttori si rende necessario l'utilizzo di un sistema di acquisizione avente almeno 6 canali.

Prima dell'inizio di ogni ciclo di misura deve essere effettuata la calibrazione della catena di misura utilizzando appositi calibratori tarati.

Preventivamente alla registrazione del segnale si procede ad una verifica dei livelli di vibrazione rilevabili da tutti i trasduttori posizionati al fine di verificare la funzionalità dei collegamenti.

In questa fase è possibile verificare la presenza di vibrazioni statisticamente non significative dovute ad esempio ad attività di manutenzione o all'impiego di macchine utensili all'interno dell'edificio: in questi casi è richiesta l'interruzione del funzionamento o si attende che sia esaurita la causa del disturbo.

#### 4.1.2.2 Controllo degli effetti strutturali

Al fine di verificare gli effetti causati dalle attività di cantiere sugli edifici ricettori, si ritengono necessarie le seguenti attività:

Esecuzione di un'indagine storica su ciascun fabbricato ricettore individuato, con l'obiettivo di acquisire dati e documentazioni utili alla definizione dello stato di fatto dell'edificio, le relative trasformazioni subite e possibili eventi sopportati come ad esempio sismi, cedimenti fondali, infiltrazioni;

Realizzazione di piante, prospetti e sezioni utili al rilievo del quadro fessurativo sulle quali evidenziare le lesioni riscontrate, caratterizzandone l'ubicazione, l'entità e la tipologia di strumentazione da installare;

Installazione di fessurimetri lineari/angolari a parete e/o estensimetri a filo (Figura 4.1) per il rilievo statico o dinamico degli elementi individuati per i quali saranno predisposte schede monografiche accompagnate da documentazione fotografica.



Figura 4.1. A sinistra, esempio di fessurimetri da parete; a destra, estensimetro a filo.

## 4.2 ATTIVITÀ ESECUTIVE

### 4.2.1 CONTROLLO DEGLI EFFETTI SENSORIALI

Il monitoraggio ambientale della componente vibrazioni consiste in una campagna di misure atte a rilevare la presenza di moti vibratorii all'interno di edifici e a verificarne gli effetti sulla popolazione e sugli edifici stessi.

In particolare, per quanto concerne gli effetti sulla popolazione, le verifiche riguardano gli effetti di "annoyance", ovvero gli effetti di fastidio indotti dalle vibrazioni percettibili dagli esseri umani. Tali effetti dipendono in misura variabile dall'intensità, dal campo di frequenza delle vibrazioni, dalla numerosità degli eventi e dal contesto abitativo nel quale gli stessi eventi si manifestano (ambiente residenziale, fabbrica, etc.). Tale disturbo, infatti, non ha un organo bersaglio, ma è esteso all'intero corpo e può essere ricondotto ad un generico fastidio all'insorgenza di ogni vibrazione percettibile. È bene evidenziare che tale fastidio non comporta aspetti di natura sanitaria e/o tecnopatie correlate alle vibrazioni e, ancora di più, aspetti di natura medico-legale correlati a patologie ma, si tratta dell'insorgenza di una generica sensazione percettiva che può arrecare fastidio, qualora il soggetto svolga una qualsiasi attività, anche non lavorativa.

Il rilevamento deve essere eseguito in modo tale che possa essere restituita la time history del livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza (secondo il filtro per assi combinati indicato dalla norma UNI 9614) secondo per secondo, ma anche lo spettro in frequenza ponderato secondo il filtro per la peggiore situazione riscontrata con riferimento alle tre posture tipiche: seduto, in piedi e sdraiato), come indicato dalla ISO 2631.

L'analisi di frequenza della vibrazione viene effettuata in bande da 1/3 d'ottava nel campo da 1 a 80 Hz (estremi inclusi).

Le vibrazioni sono misurate contemporaneamente in due punti mediante due terne accelerometriche. La prima terna viene posizionata al piano terra mentre la seconda all'ultimo piano (da considerarsi abitato) dell'edificio da monitorarsi. Qualora non sia possibile accedere all'interno del piano terra, la terna sarà collocata all'esterno dell'edificio pur mantenendo la distanza entro un metro dalla stessa, tenendo anche in conto per la scelta in esterno del differente tipo di terreno. Qualora non sia possibile accedere all'ultimo piano dell'edificio, in presenza di ricettore isolato, si riloca la postazione di misura (altro ricettore), previa approvazione dell'organo di controllo.

Per il monitoraggio della componente vibrazioni sono state previste tre tipologie di misura di seguito riportate.

#### 4.2.1.1 Misure di caratterizzazione dei livelli vibratorii Ante operam

La misura, eseguita nella fase di ante operam, è mirata all'acquisizione dei livelli vibratorii presenti. La misura è costituita da un rilievo della durata di due ore. Il rilievo verrà eseguito nel periodo di riferimento diurno (07:00 – 22:00).

I rilievi saranno acquisiti in continuo e l'operatore annoterà il verificarsi di eventi particolari da tenere in considerazione nel post elaborazione.

#### 4.2.1.2 Misure di caratterizzazione dei livelli vibratorii in Corso d'opera

La misura è mirata all'acquisizione dei livelli vibrazionali indotti dalle attività di costruzione (corso d'opera). Tale misura deve essere dunque eseguita nella finestra temporale in cui, nelle vicinanze del ricettore monitorato, vengono eseguite le attività critiche in relazione all'emissione di vibrazioni nel terreno. La misura avrà la durata di due ore durante la quale verranno misurate in continuo le vibrazioni indotte dalle lavorazioni. Al fine di determinare relazioni di causa-effetto tra operazione di cantiere e livelli vibrazionali rilevati, occorre che la postazione di misura sia presidiata: l'operatore annoterà ogni evento determinante fenomeni vibranti sensibili. Inoltre, l'operatore dovrà annotare anche eventi sensibili non ascrivibili ad attività di cantiere che saranno riconosciuti in fase di post-elaborazione della misura.

Gli eventi vibratorii registrati saranno suddivisi, in base alla sorgente che li ha generati, nelle seguenti categorie:

- eventi generati da infrastrutture di trasporto;
- eventi generati da attività interne all'edificio;
- eventi generati in corso d'opera con l'avanzamento del cantiere;
- eventi generati dall'attività di cantiere;
- eventi generati dalla movimentazione dei mezzi di cantiere.

Una volta suddivisi gli eventi, per ogni tipologia di sorgente, verrà restituito lo spettro medio della vibrazione. Per ogni evento registrato e per ogni trasduttore accelerometrico installato sarà restituito il valore RMS dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza secondo filtro per assi combinati UNI 9614, oltre alla time-history anzidetta e lo spettro in frequenza dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza secondo il filtro ISO 2631.

Le indagini saranno concentrate, in accordo con la D.L., nei periodi in cui si effettuano le lavorazioni più onerose (trincee, fondazioni, pali, diaframmi, ecc.).

Per le rilevazioni in corso d'opera si terrà conto del fatto che le sorgenti di vibrazione sono numerose e possono realizzare sinergie d'emissione, oltre che generare l'esaltazione del fenomeno se si considerano le frequenze di risonanza delle strutture degli edifici monitorati.

In parallelo alla registrazione delle vibrazioni, deve essere svolta anche la caratterizzazione delle sorgenti di emissione che interessano il rilevamento.

Nel caso di vibrazioni dovute alle lavorazioni di cantiere si devono annotare l'insieme delle lavorazioni eseguite e, in particolare, quelle che hanno generato eventi che hanno superato il valore di soglia.

#### 4.2.1.3 Misure di caratterizzazione dei livelli vibratorii in Post operam

La misura, eseguita nella fase di post operam è mirata all'acquisizione dei livelli vibratorii nelle future fasi di esercizio. La misura è costituita da un rilievo della durata di due ore. Il rilievo verrà eseguito nel periodo di riferimento diurno (07:00 – 22:00).

I rilievi saranno acquisiti in continuo e l'operatore annoterà il verificarsi di eventi particolari da tenere in considerazione nel post elaborazione.

### 4.2.2 CONTROLLO DEGLI EFFETTI STRUTTURALI

In concomitanza al monitoraggio della componente vibrazionale, in considerazione dei possibili effetti delle vibrazioni sulle strutture identificate come ricettori è prevista l'installazione di fessurimetri e/o estensimetri lineari sulle fessure individuate durante la fase di sopralluogo.

In dettaglio, le verifiche riguardano le fessure individuate negli edifici e quelle eventualmente generatesi durante le attività di cantiere per le quali verranno predisposti nuovi strumenti di misura.

Per il monitoraggio degli effetti strutturali sono state previste tre tipologie di misura di seguito riportate.

#### 4.2.2.1 Misure di caratterizzazione del quadro fessurativo Ante operam

L'operatore annota sulle piante, sui prospetti e su sezioni la presenza di elementi fessurativi o crepe, descrivendone l'estensione e l'angolo di sviluppo. Infine, provvederà all'installazione di fessurimetri e/o estensimetri lineari per il monitoraggio statico o dinamico. In merito all'edificio scolastico di Via Gentili,

qualora dovessero riscontrarsi fessure si provvederà all'installazione di estensimetri a filo per il monitoraggio in continuo di tali ammaloramenti.

#### 4.2.2.2 Misure di caratterizzazione del quadro fessurativo in Corso d'opera

In fase CO sarà prevista la verifica con cadenza settimanale del quadro fessurativo, anche in funzione delle tempistiche di avanzamento in cantiere e qualora si dovessero riscontrare valori di spostamento significativi, in corrispondenza di tali evidenze saranno installati estensimetri lineari per il monitoraggio in continuo degli spostamenti. Parallelamente alle letture dei fessurimetri sarà compito dell'operatore osservare la presenza di nuove crepe e/o fessure, le quali dovranno essere prontamente identificate e sulle quali sarà necessario applicare nuovi fessurimetri.

#### 4.2.2.3 Misure di caratterizzazione del quadro fessurativo in Post operam

Al termine dei lavori, i fessurimetri e gli eventuali estensimetri lineari installati, saranno mantenuti per verificare l'assenza di effetti tardivi e/o latenti che potrebbero presentarsi in fase PO, dovuti all'attivazione di cedimenti e/o riassetamenti del sottosuolo in seguito alle attività di cantiere.

## 4.3 ATTIVITÀ DI ANALISI DEI DATI ACQUISITI

### 4.3.1 CONTROLLO DEGLI EFFETTI SENSORIALI

#### 4.3.1.1 Gestione delle anomalie

Si definisce condizione di anomalia ogni situazione in cui si riscontrano parametri superiori all'Ante Operam (ove presente) e al limite di legge.

Si ritiene opportuno che ogni parametro anomalo registrato venga segnalato tramite apposita scheda che riporti un preciso riferimento al punto in cui si è verificata la condizione anomala, al parametro in oggetto e alle possibili cause.

Tale azione sarà utile per prevenire, con opportuni interventi correttivi, il verificarsi di condizioni anomale ai ricettori che si andranno successivamente a monitorare in presenza di attività di cantiere analoghe.

Qualora venisse riscontrata una situazione anomala si procederà aprendo una dedicata comunicazione riportante le seguenti indicazioni, che dovrà essere inviata al Committente:

- date di emissione, sopralluogo e analisi del dato;
- parametro o indice indicatore di riferimento;
- superamento della soglia di impatto o descrizione dell'impatto qualitativo rilevato;
- cause ipotizzate e possibili interferenze;
- note descrittive e eventuale foto;
- verifica dei risultati ottenuti (da compilare successivamente).

Successivamente si procederà tenendo sotto controllo il parametro anomalo, eventualmente aumentando il numero delle misure.

La durata temporale della singola misura è di 2 ore.

Si prevede la comunicazione tempestiva all'Organo di Controllo, al Committente e agli Enti Pubblici interessati, nonché la successiva comunicazione del parametro di misura.

Nel caso in cui il parametro si mantenesse anomalo si definisce con il Committente l'azione correttiva da intraprendere.

#### 4.3.1.2 Criteri per la definizione dei livelli di criticità

Le norme di riferimento per questo tipo di disturbo sono: il Regolamento locale di igiene tipo (D.G.R n. 3/49784 del 28/03/1985), la ISO 2631 e la UNI 9614.

Il Regolamento si applica alle vibrazioni meccaniche di tipo continuo o intermittente (successione a cadenza ravvicinata di singoli eventi vibratorii) provenienti da:

- sorgenti fisse o mobili di qualsivoglia natura esterne all'insediamento disturbato ad eccezione di quelle prodotte dalle diverse forme di traffico;
- sorgenti interne all'edificio sede del locale disturbato.

I limiti massimi consentiti sono quelli indicati dalle norme ISO in vigore (2631-1978) e relativi addendum (tra cui addendum 1 alla ISO 2631-1980) e successive integrazioni.

Attualmente a scopo indicativo in Tabella 4 2 sono riportati i valori limite di base riferiti rispettivamente all'asse (Z) e agli assi (X) e (Y) e nella Tabella 4 3 sono riportati i fattori moltiplicativi dei valori limite di base.

Tabella 4 2 Valori limite delle accelerazioni complessive validi per gli assi X, Y e l'asse Z (Tabella 1 del Regolamento locale di igiene-tipo (ex art. 53 della L.R. 26 ottobre 1981, n.64-D.G.R n. 3/49784 del 28/03/1985))"

Frequenza centrale della banda ad 1/3 d'ottava (Hz)	Accelerazione (RMS) m/s <sup>2</sup>	
	Asse Z	Asse X e Y
1	1 10 <sup>-2</sup>	3,6 10 <sup>-3</sup>
1,25	8,9 10 <sup>-3</sup>	3,6 10 <sup>-3</sup>
1,60	8,0 10 <sup>-3</sup>	3,6 10 <sup>-3</sup>
2,00	7,0 10 <sup>-3</sup>	3,6 10 <sup>-3</sup>
2,50	6,3 10 <sup>-3</sup>	4,51 10 <sup>-3</sup>
3,15	5,7 10 <sup>-3</sup>	5,68 10 <sup>-3</sup>
4,00	5,0 10 <sup>-3</sup>	7,21 10 <sup>-3</sup>
5,00	5,0 10 <sup>-3</sup>	9,02 10 <sup>-3</sup>
6,30	5,0 10 <sup>-3</sup>	1,14 10 <sup>-2</sup>
8,00	5,0 10 <sup>-3</sup>	1,44 10 <sup>-2</sup>
10,00	6,25 10 <sup>-3</sup>	1,80 10 <sup>-2</sup>
12,50	7,81 10 <sup>-3</sup>	2,25 10 <sup>-2</sup>
16,00	1,00 10 <sup>-2</sup>	2,89 10 <sup>-2</sup>
20,00	1,25 10 <sup>-2</sup>	3,61 10 <sup>-2</sup>
25,00	1,56 10 <sup>-2</sup>	4,51 10 <sup>-2</sup>
31,50	1,97 10 <sup>-2</sup>	5,68 10 <sup>-2</sup>
40,00	2,50 10 <sup>-2</sup>	7,21 10 <sup>-2</sup>
50,00	3,13 10 <sup>-2</sup>	9,02 10 <sup>-2</sup>
63,00	3,94 10 <sup>-2</sup>	1,14 10 <sup>-1</sup>
80,00	5,00 10 <sup>-2</sup>	1,44 10 <sup>-1</sup>

Tabella 4 3 – Fattori moltiplicativi a seconda del tipo di insediamento, del tipo di zona ed il periodo del giorno (Tabella 2 del Regolamento locale di igiene-tipo (ex art. 53 della L.R. 26 ottobre 1981, n.64-D.G.R. n. 3/49784 del 28/03/1985))"

Insediamento	Fattore moltiplicativo		
	Periodo	Zona residenziale	Zona industriale/artigianale
di particolare tutela (es. ospedali, ecc.)	diurno	1	
	notturno	1	
abitazioni e assimilabili	diurno	2	4
	notturno	1,4	1,4
uffici e assimilabili	diurno	4	
	notturno	4	

Le norme ISO e UNI indicano nell'accelerazione del moto vibratorio, il parametro fisico che può caratterizzare le vibrazioni ai fini della valutazione del disturbo indotto sulle persone. Poiché l'accelerazione è una grandezza vettoriale, la descrizione completa del fenomeno vibratorio deve essere effettuata misurando la variabilità temporale della grandezza in tre direzioni mutuamente ortogonali.

Un altro parametro assai importante da quantificare ai fini del disturbo alle persone è il contenuto in frequenza dell'oscillazione dei punti materiali. Per quanto riguarda l'organismo umano, è noto che esso percepisce in maniera più marcata fenomeni vibratorii caratterizzati da basse frequenze (1-16 Hz) mentre, per frequenze più elevate la percezione diminuisce. Il campo di frequenze d'interesse è quello compreso tra 1 e 80 Hz.

Questo è quanto si evince dalla norma ISO 2631, che riporta i risultati di studi effettuati sottoponendo l'organismo umano a vibrazioni pure (ossia monofrequenza) di frequenza diversa.

Nel caso di vibrazioni multifrequenza, ossia composte dalla sovrapposizione di armoniche di diversa frequenza, del tipo di quelle indotte da lavorazioni, per la definizione di indicatori di tipo psico-fisico legati alla capacità percettiva dell'uomo, occorre definire un parametro globale. Infatti, la risposta dell'organismo umano alle vibrazioni dipende oltre che dalla loro intensità anche dalla loro frequenza,

Tale parametro globale, definito dalla UNI 9614 (che recepisce la ISO 2631), è l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza  $a_w$ , che risulta essere il valore efficace (r.m.s.) misurato adottando degli opportuni filtri che rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo.

A tal proposito, poiché non risulta noto a priori se l'individuo soggetto al fenomeno vibratorio risulta sdraiato, seduto o in piedi, bisognerà utilizzare la curva di pesatura per "postura non nota o variabile" (UNI 9614 Prospetto I).

Nel caso si utilizzassero sistemi di acquisizione senza filtri di ponderazione, il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza può essere calcolato effettuando un'analisi della misura in terzi d'ottava nell'intervallo 1-80 Hz. Ai livelli riscontrati banda per banda va sottratta una quantità pari a quella definita dall'attenuazione dei filtri di ponderazione (UNI 9614 Prospetto I).

Per quanto riguarda i valori di soglia delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza a cui fare riferimento, vengono considerate la Tabella 4 4 e la Tabella 4 5 riportate separatamente per asse Z e assi X e Y. Nel caso s'impieghi il filtro valido per posture non note o variabili nel tempo, si assumono come limiti i valori relativi agli assi X e Y.

Tabella 4 4 Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per l'asse Z (Prospetto II - UNI 9614)

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	$m/s^2$	dB
Aree critiche	5,0 10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni notte	7,0 10 <sup>-3</sup>	77
Abitazioni giorno	10,0 10 <sup>-3</sup>	80
Uffici	20,0 10 <sup>-3</sup>	86
Fabbriche	40,0 10 <sup>-3</sup>	92

Tabella 4 5 Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per gli assi X e Y  
 (Prospetto III - UNI 9614)

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s <sup>2</sup>	dB
Aree critiche	3,6 10 <sup>-3</sup>	71
Abitazioni notte	5,0 10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni giorno	7,2 10 <sup>-3</sup>	77
Uffici	14,4 10 <sup>-3</sup>	83
Fabbriche	28,8 10 <sup>-3</sup>	89

I valori sopra riportati sono riferiti a vibrazioni di livello costante con periodi di riferimento diurni compresi tra le ore 7:00 e le ore 22:00 e viceversa notturni tra le 22:00 e le 7:00. È da precisare che la UNI 9614 definisce una vibrazione di livello costante quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza, rilevato mediante costante di tempo "slow" (1 s), varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB.

Nel caso di vibrazioni di livello non costante (quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza, rilevato mediante costante di tempo "slow" (1 s), varia nel tempo in un intervallo di ampiezza maggiore a 5 dB), il parametro fisico da misurare è l'accelerazione equivalente aw-eq.

Per quanto attiene ai valori limite si considerano ancora quelli esposti nelle tabelle precedenti.

La norma UNI 9614 definisce le vibrazioni impulsive quando sono generate da eventi di breve durata costituiti da un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può comportare o meno, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.

Per tale tipologia di vibrazioni, se il numero di eventi giornalieri N è non maggiore di 3, il valore dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza va confrontato con i limiti riportati nella tabella successiva.

Tabella 4 6 Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per vibrazioni impulsive  
 (Prospetto V - UNI 9614)

Destinazione d'uso	Asse Z		Asse X e Y	
	m/s <sup>2</sup>	dB	m/s <sup>2</sup>	dB
Aree critiche	5 10 <sup>-3</sup>	74	3,6 10 <sup>-3</sup>	71
Abitazioni notte	7 10 <sup>-3</sup>	76	5,0 10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni giorno	0.3	109	0.22	106
Uffici	0.64	116	0.46	113
Fabbriche	0.64	116	0.46	113

Nel caso in cui il numero di impulsi giornaliero sia maggiore di 3, i limiti della precedente tabella, relativamente alle "Abitazioni giorno", alle "Fabbriche" e agli "Uffici" vanno diminuiti in base al numero di eventi e alla loro durata. Nessuna riduzione è prevista per le "Aree critiche" e per le "Abitazioni notte".

I nuovi limiti si ottengono dai precedenti (valori in m/s<sup>2</sup>) moltiplicandoli per il coefficiente F così definito:

Impulsi di durata inferiore ad un secondo	Impulsi di durata superiore ad un secondo
$F = 1.7 N^{-0.5}$	$F = 1.7 N^{-0.5} t^{-k}$

con:

t= durata dell'evento

k=1.22 per pavimenti in calcestruzzo

k=0.32 per pavimenti in legno.

Qualora i limiti così calcolati fossero minori dei limiti previsti per le vibrazioni di livello costante dovranno essere adottati come limiti questi ultimi valori.

Le tabelle precedenti evidenziano che gli ambienti critici in relazione al disturbo alle persone sono le aree critiche come le camere operatorie ospedaliere e i laboratori in cui si svolgono operazioni manuali particolarmente delicate e gli edifici residenziali con particolare riferimento al periodo notturno.

Nel caso in cui le vibrazioni misurate superino i valori limite riportati nelle tabelle precedenti, i fenomeni vibratorii possono essere considerati oggettivamente disturbanti per un individuo presente all'interno di un edificio. Il giudizio sull'accettabilità del disturbo deve essere emesso considerando la frequenza e la durata delle vibrazioni disturbanti.

Per quanto riguarda gli effetti sulle strutture, in presenza di livelli elevati e prolungati di vibrazioni, sono stati osservati danni strutturali ad edifici e/o strutture. È da notare, però, che tali livelli sono più alti di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani, i cui livelli sono riportati nelle norme ISO 2631 e UNI 9614.

Tale considerazione è facilmente deducibile dal confronto dei valori riportati nelle norme che riportano i danni sull'uomo (ISO 2631 e UNI 9614) con i valori nelle norme che riguardano i danni strutturali (UNI 9916 ed ISO 4866), pertanto le prime sono state scelte quale riferimento, poiché riportano dei valori limite più restrittivi.

In definitiva, soddisfatto l'obiettivo di garantire livelli di vibrazione accettabili per le persone, risulta automaticamente realizzata l'esigenza di evitare danni strutturali agli edifici. Come unica eccezione sono da annoverare le vibrazioni che incidono su monumenti e beni artistici di notevole importanza storico-monumentale, i quali devono essere trattati come punti singolari con studi e valutazioni mirate.

Ne consegue che all'interno degli edifici da monitorarsi non saranno eseguite misure finalizzate al danno delle strutture ma solo quelle relative al disturbo delle persone. Il riscontro di livelli di vibrazione che recano disturbo alle persone sarà condizione sufficiente affinché si intervenga nei tempi e nei modi opportuni per ridurre i livelli d'impatto.

In conclusione, per la valutazione degli impatti vibrazionali per la popolazione si confrontano i livelli vibrazionali rilevati per banda di frequenza per gli assi X, Y e Z rispettivamente con i valori limite previsti dal Regolamento locale di igiene e con i valori limite previsti dalla UNI 9614.

#### 4.3.2 CONTROLLO DEGLI EFFETTI STRUTTURALI

##### 4.3.2.1 Gestione delle anomalie

Si definisce condizione di anomalia ogni situazione in cui si riscontrano parametri superiori all'Ante Operam (ove presente) e al limite di legge.

Si ritiene opportuno che ogni parametro anomalo registrato venga segnalato tramite apposita scheda che riporti un preciso riferimento al punto in cui si è verificata la condizione anomala, al parametro in oggetto e alle possibili cause.

Tale azione sarà utile per prevenire, con opportuni interventi correttivi, il verificarsi di condizioni anomale ai ricettori che si andranno successivamente a monitorare in presenza di attività di cantiere analoghe.

Qualora venisse riscontrata una situazione anomala si procederà aprendo una dedicata comunicazione riportante le seguenti indicazioni, che dovrà essere inviata al Committente:

- date di emissione, sopralluogo e analisi del dato;
- parametro o indice indicatore di riferimento;
- alterazione strutturale rilevata;
- note descrittive e foto;
- verifica dei risultati ottenuti (da compilare successivamente).

Successivamente si procederà tenendo sotto controllo il parametro anomalo, eventualmente aumentando il numero delle misure.

Si prevede la comunicazione tempestiva all'Organo di Controllo, al Committente e agli Enti Pubblici interessati, nonché la successiva comunicazione del parametro di misura.

Nel caso in cui il parametro si mantenesse anomalo si definisce con il Committente l'azione correttiva da intraprendere.

#### 4.3.2.2 Criteri per la definizione dei livelli di criticità

Qualora si dovessero registrare scostamenti dalle posizioni di partenza "stato zero", per entità superiori ad 1mm, i fessurimetri verranno sostituiti e/o supportati dall'installazione di estensimetri a filo per una misurazione di tipo "in continuo" e un miglior grado di monitoraggio.

#### 4.3.3 PROCEDURE DI VALUTAZIONE

Ove si dovessero verificare anomalie nell'ambito delle azioni correttive da prodursi si prevedono i seguenti step:

- informazione al pubblico;
- comunicazione del parametro di misura con la massima tempestività al Committente e all'organo di controllo;
- verifica della strumentazione utilizzata;
- successivo rilievo per validare il dato di misura.
- 

La condizione di anomalia sarà comunicata al Committente, all'Organo di controllo e alla D.L.

## 5 ARTICOLAZIONE TEMPORALE

### 5.1 FASI DEL MONITORAGGIO

Si prevede di eseguire il monitoraggio nelle tre fasi di Ante operam (AO), Corso d'Opera (CO) e Post operam (PO), organizzati rispettivamente:

- fase AO: che sarà conclusa prima dell'inizio della costruzione delle opere;
- fase CO: la cui durata dipenderà dall'effettiva durata delle lavorazioni previste;
- fase PO: il monitoraggio dovrà essere eseguito per un anno successivo alla conclusione dei cantieri.

### 5.2 FREQUENZA DELLE ATTIVITÀ DI CONTROLLO

L'articolazione temporale delle indagini è la seguente.

In fase di cantiere, le attività di controllo saranno svolte in coerenza con il cronoprogramma attuativo effettivo delle lavorazioni.

Tabella 5.1. Tempistica attuativa delle indagini previste.

Stazione di monitoraggio	Monitoraggio	Ante operam	Corso d'opera	Post operam (anno 1)
VIB 01	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 02	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 03	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 04	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 05	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 06	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 07	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 08	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 09	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 10	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 11	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 12	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 13	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 14	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 15	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 16	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale
VIB 17	Analisi vibrazionale	1 volta / anno	Trimestrale	1 volta / anno
	Quadro fessurativo	1 volta / anno	Settimanale	Trimestrale

## 6 MODALITÀ DI RESTITUZIONE DELLE INFORMAZIONI

Nel corso del monitoraggio saranno prodotti i seguenti documenti:

- Schede di misura;
- Relazione di fase AO;
- Relazioni di fase CO;
- Relazione di fase PO.

### Relazione di Ante operam

Il documento prodotto alla fine della fase di Ante operam costituisce il parametro di confronto per le relazioni delle fasi di CO e PO.

### Relazioni di Corso d'opera

Saranno fornite le schede di misura con cadenza trimestrale, al fine di restituire una sintesi dei dati acquisiti nella fase di CO.

Al termine di ogni anno della fase di CO sarà restituita una relazione riepilogativa e valutativa dei dati acquisiti nell'anno di riferimento.

### Relazione di Post operam

Nella fase di PO, dedicata al monitoraggio della fase di esercizio dell'infrastruttura, dovranno essere riportati i risultati delle misurazioni effettuate in tutte le Stazioni di monitoraggio.

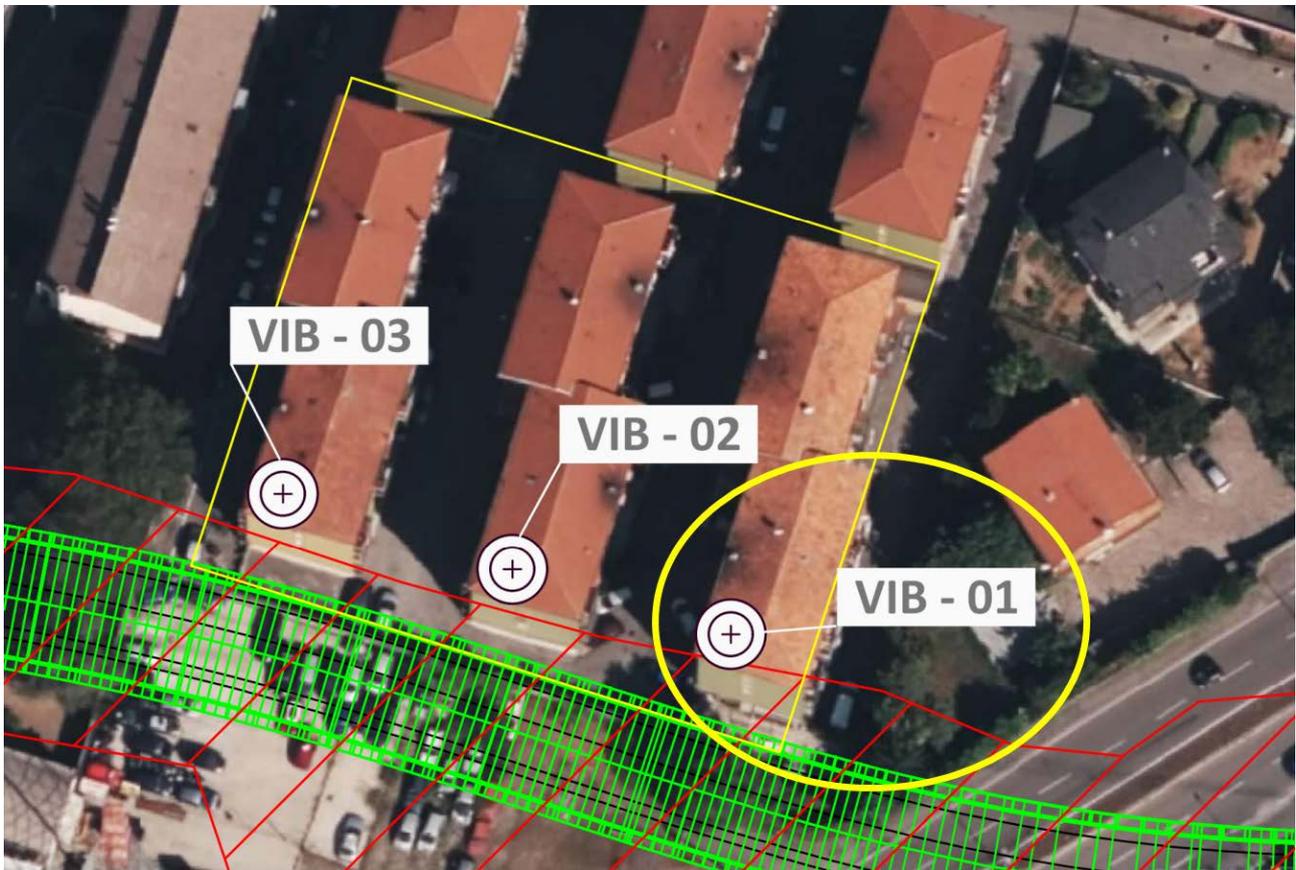
Sarà redatta una relazione di fase di PO che dovrà costituire il parametro di confronto per la relazione prodotta durante la fase di AO e in CO.

## APPENDICE: SCHEDE STAZIONI DI MONITORAGGIO

<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-01</b>

LOCALIZZAZIONE	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Severino Boezio
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520516
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5044925
<b>Contesto ambientale</b>	tessuto urbano denso / pertinenze infrastrutturali

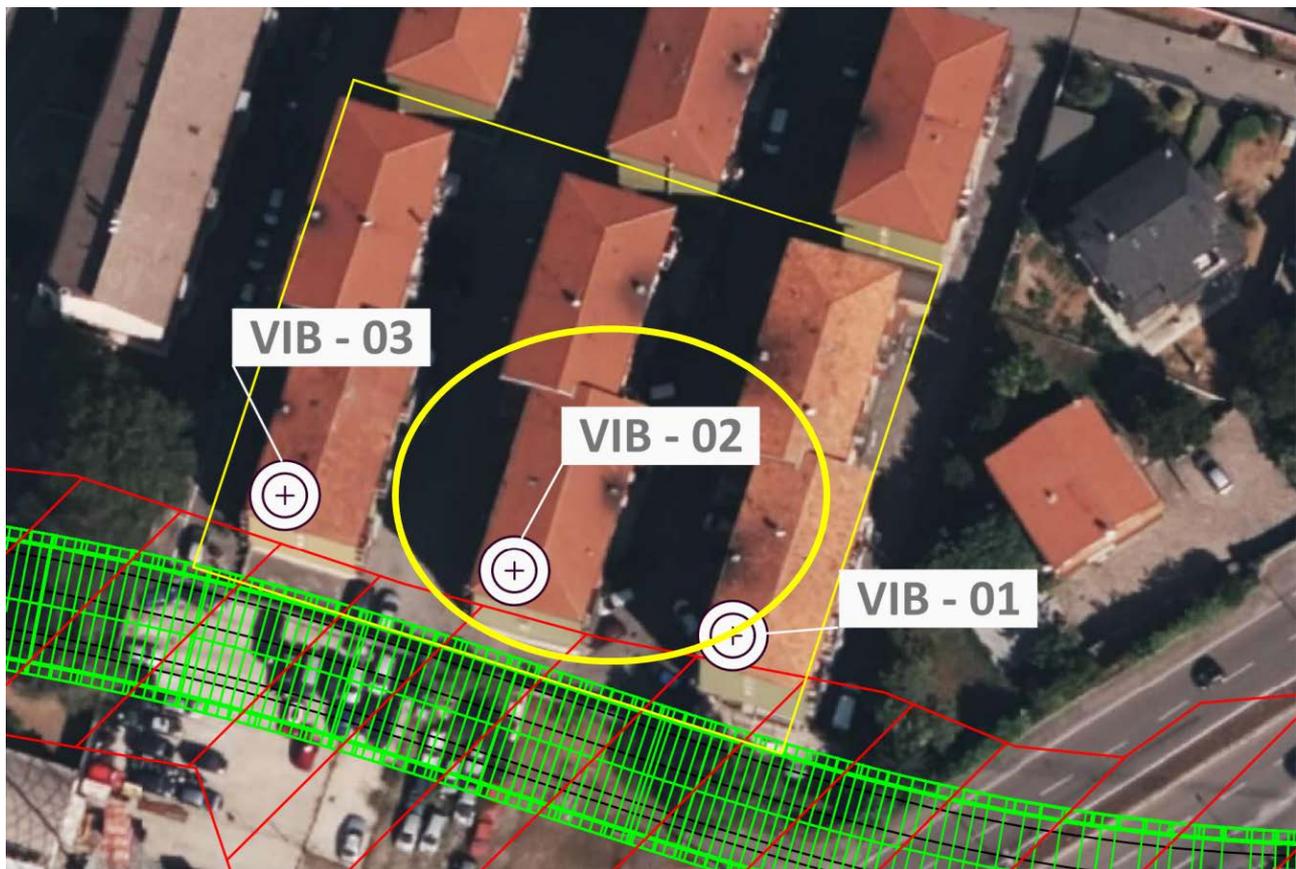
Tipologia di indagine	Ante Operam	Corso d'Opera	Post Operam
Misure di caratterizzazione livelli vibratori	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-02</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Severino Boezio
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520496
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5044931
<b>Contesto ambientale</b>	tessuto urbano denso / pertinenze infrastrutturali

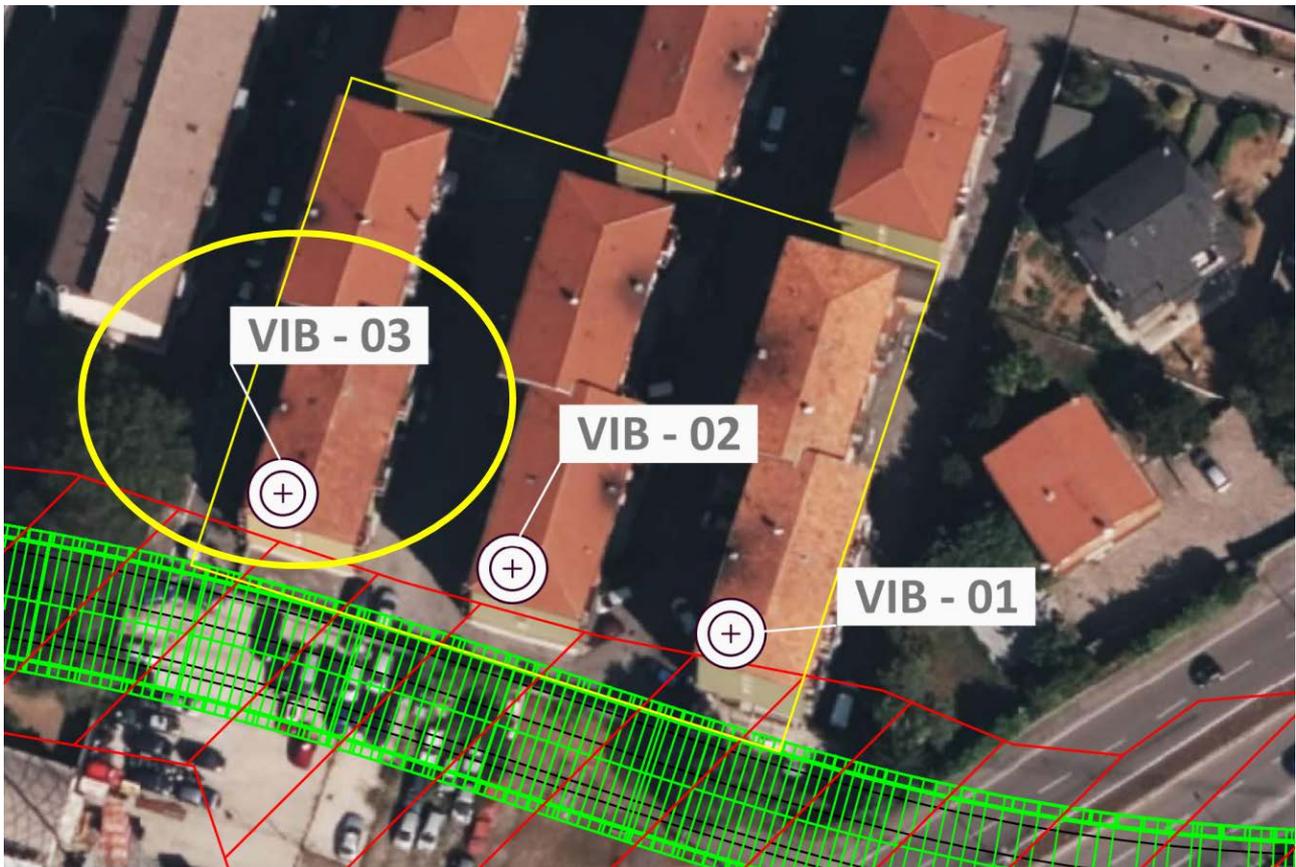
<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratorii	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-03</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Severino Boezio
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520476
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5044938
<b>Contesto ambientale</b>	tessuto urbano denso / pertinenze infrastrutturali

<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratorii	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-04</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Alberico Gentili
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520408
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5044946
<b>Contesto ambientale</b>	tessuto urbano denso / pertinenze infrastrutturali

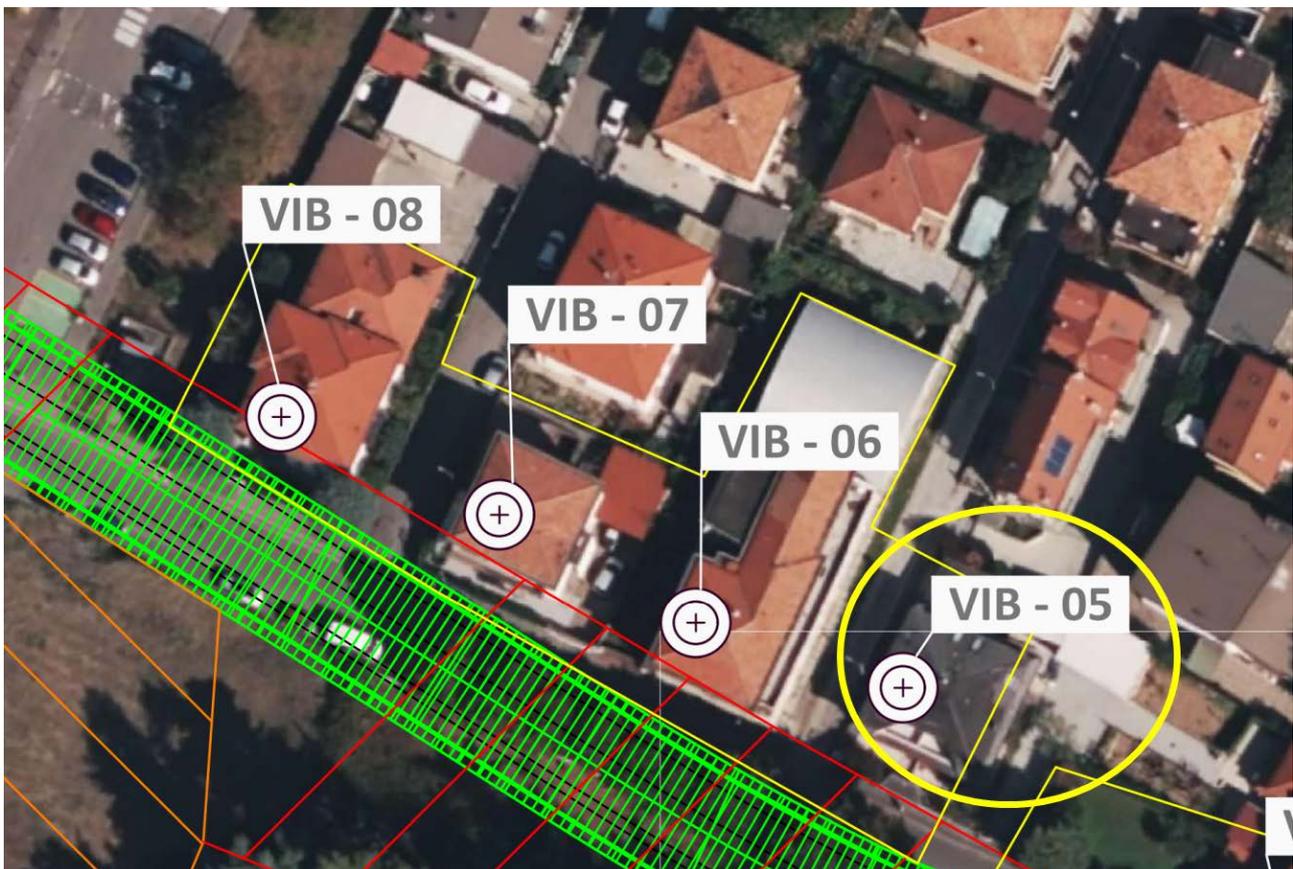
<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratorii	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-05</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Alberico Gentili
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520373
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5044969
<b>Contesto ambientale</b>	tessuto urbano denso / pertinenze infrastrutturali

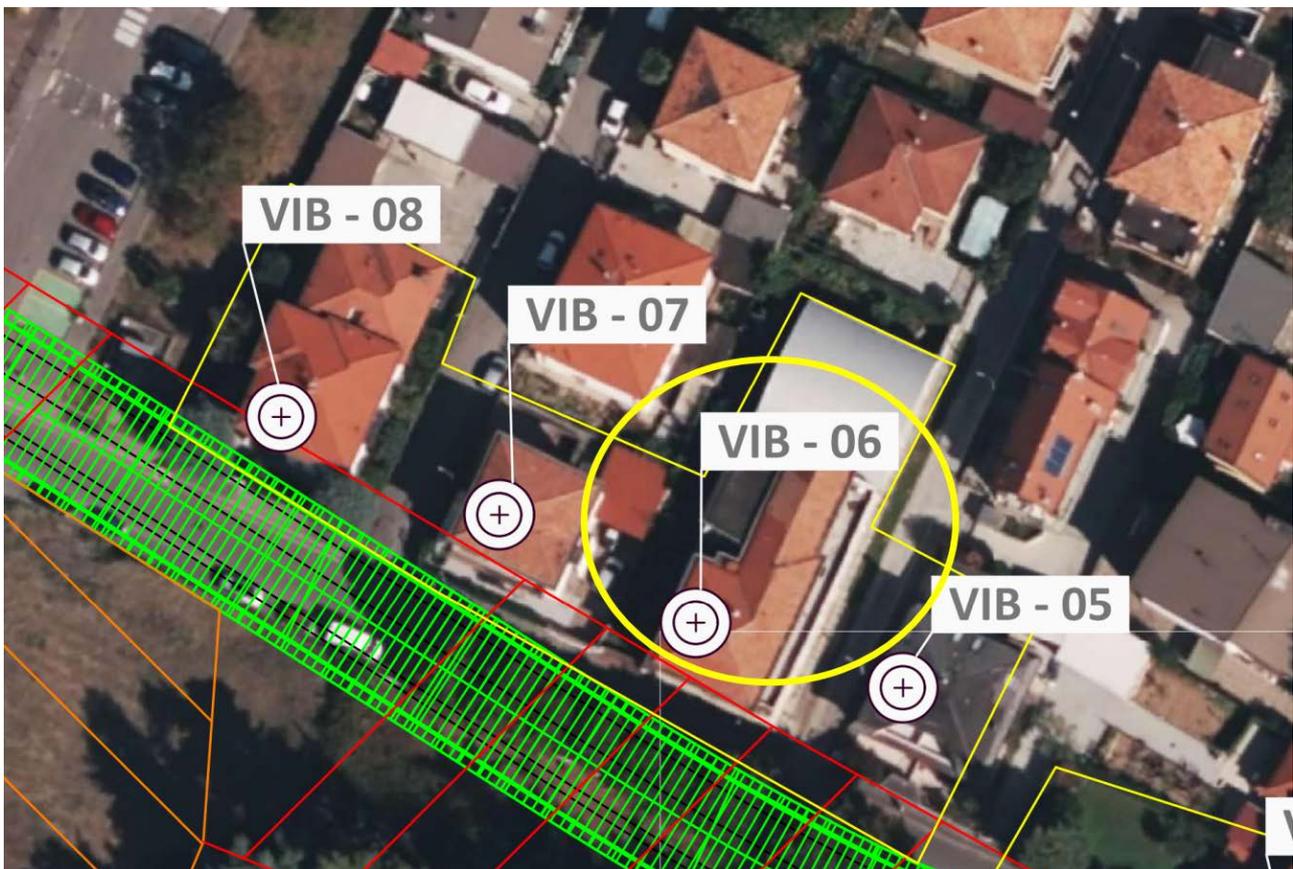
<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratori	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-06</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Alberico Gentili
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520355
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5044975
<b>Contesto ambientale</b>	tessuto urbano denso / pertinenze infrastrutturali

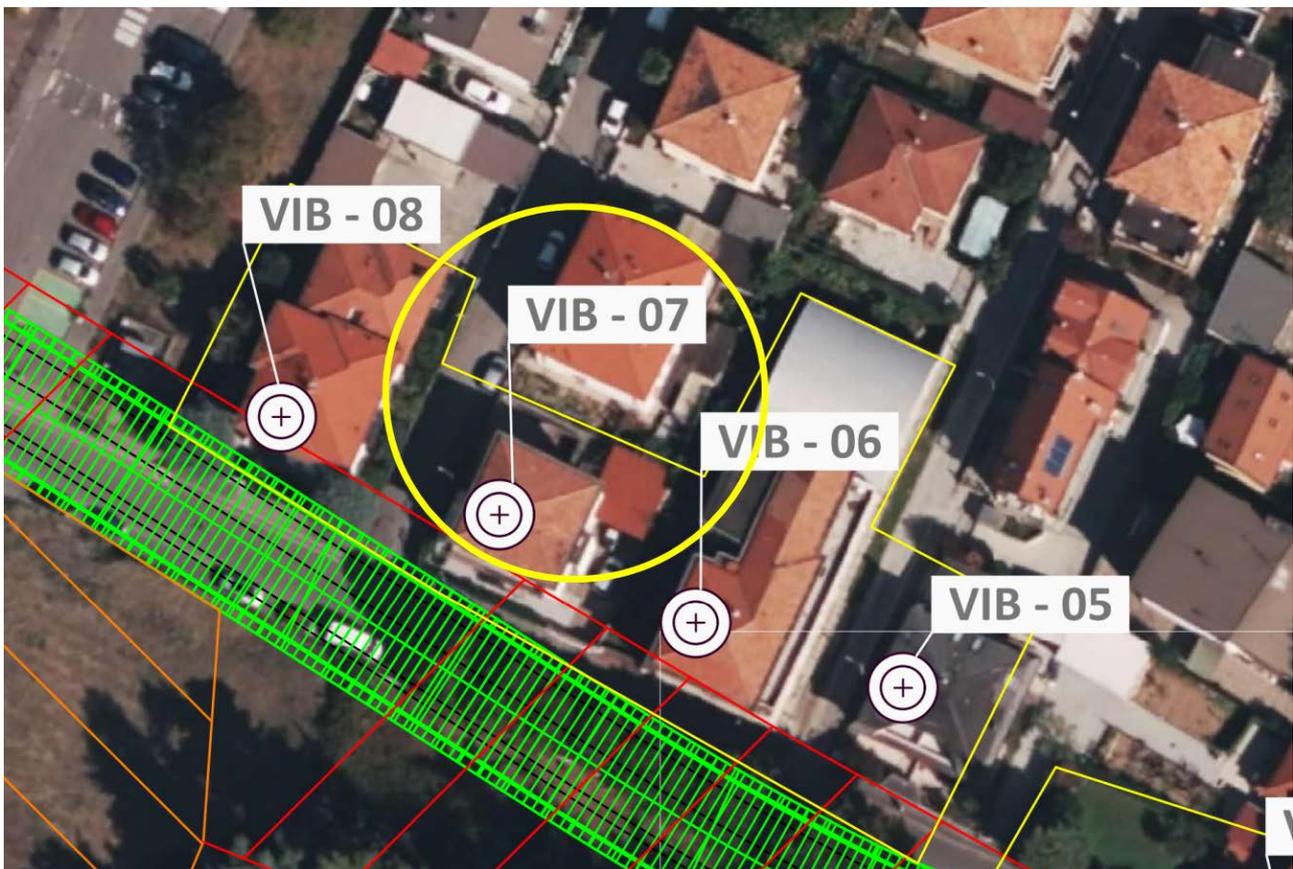
<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratori	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-07</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Alberico Gentili
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520336
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5044985
<b>Contesto ambientale</b>	tessuto urbano denso / pertinenze infrastrutturali

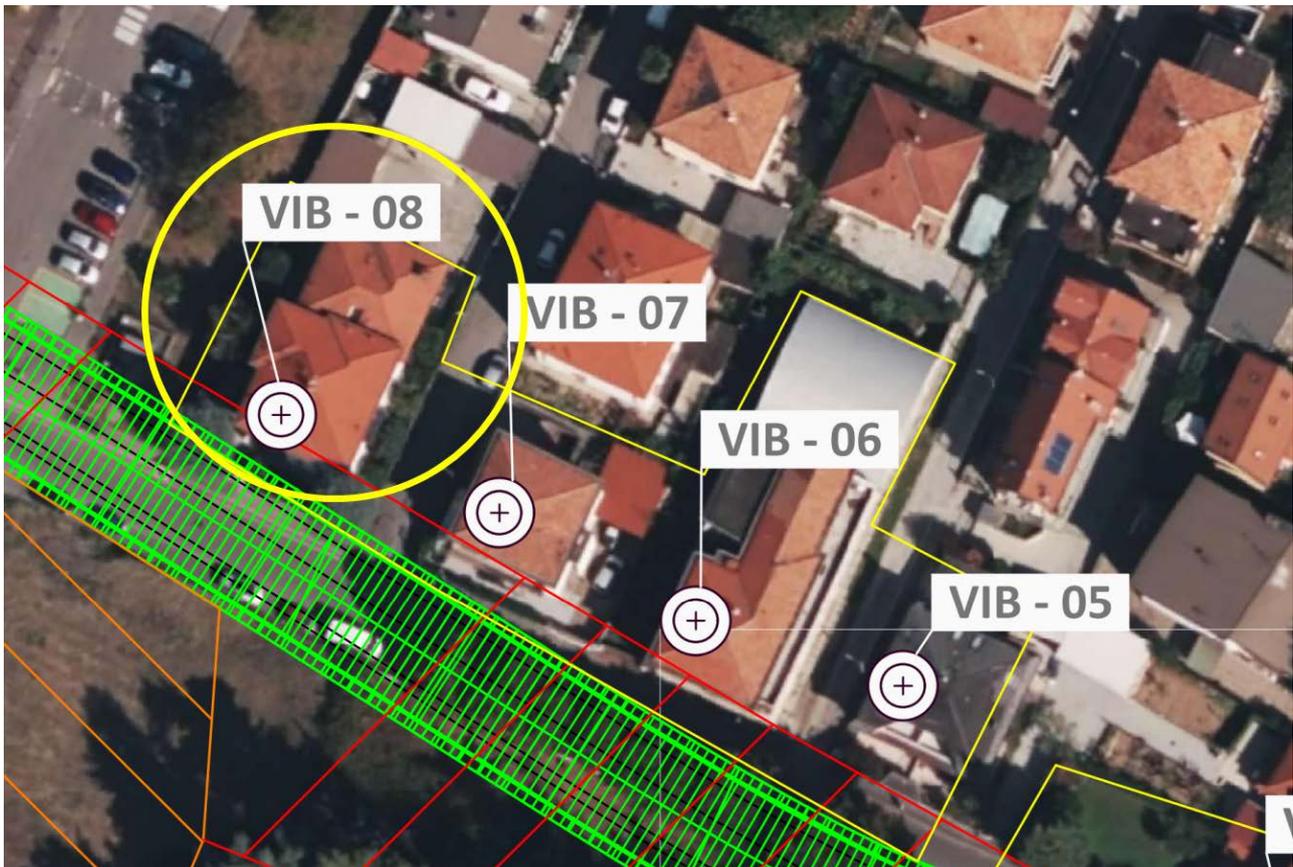
<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratori	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-08</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Alberico Gentili
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520316
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5044995
<b>Contesto ambientale</b>	tessuto urbano denso / pertinenze infrastrutturali

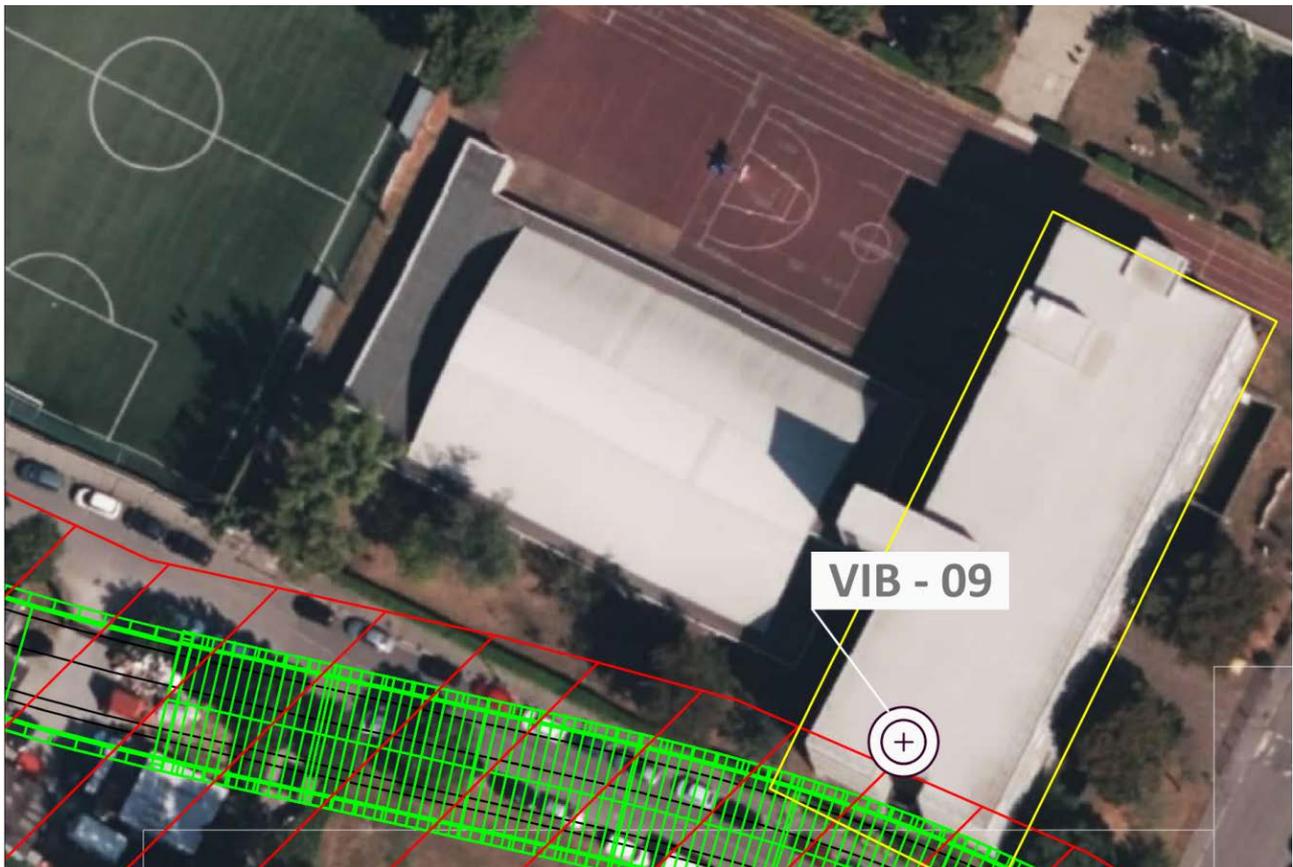
<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratori	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-09</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Alberico Gentili
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520262
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5045026
<b>Contesto ambientale</b>	ambito urbano di margine / pertinenze infrastrutturali

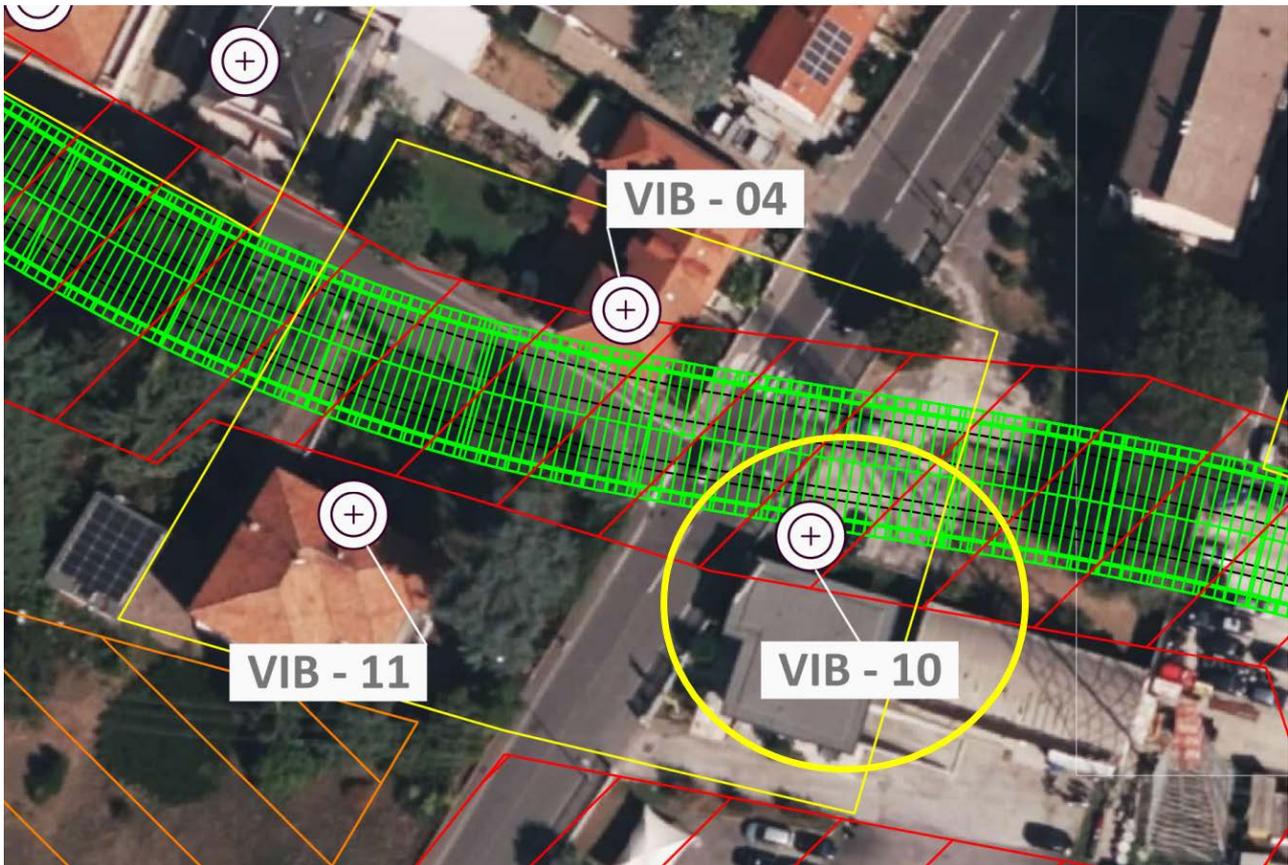
<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratori	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-10</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via S. Rocco
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520425
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5044925
<b>Contesto ambientale</b>	tessuto urbano denso / pertinenze infrastrutturali

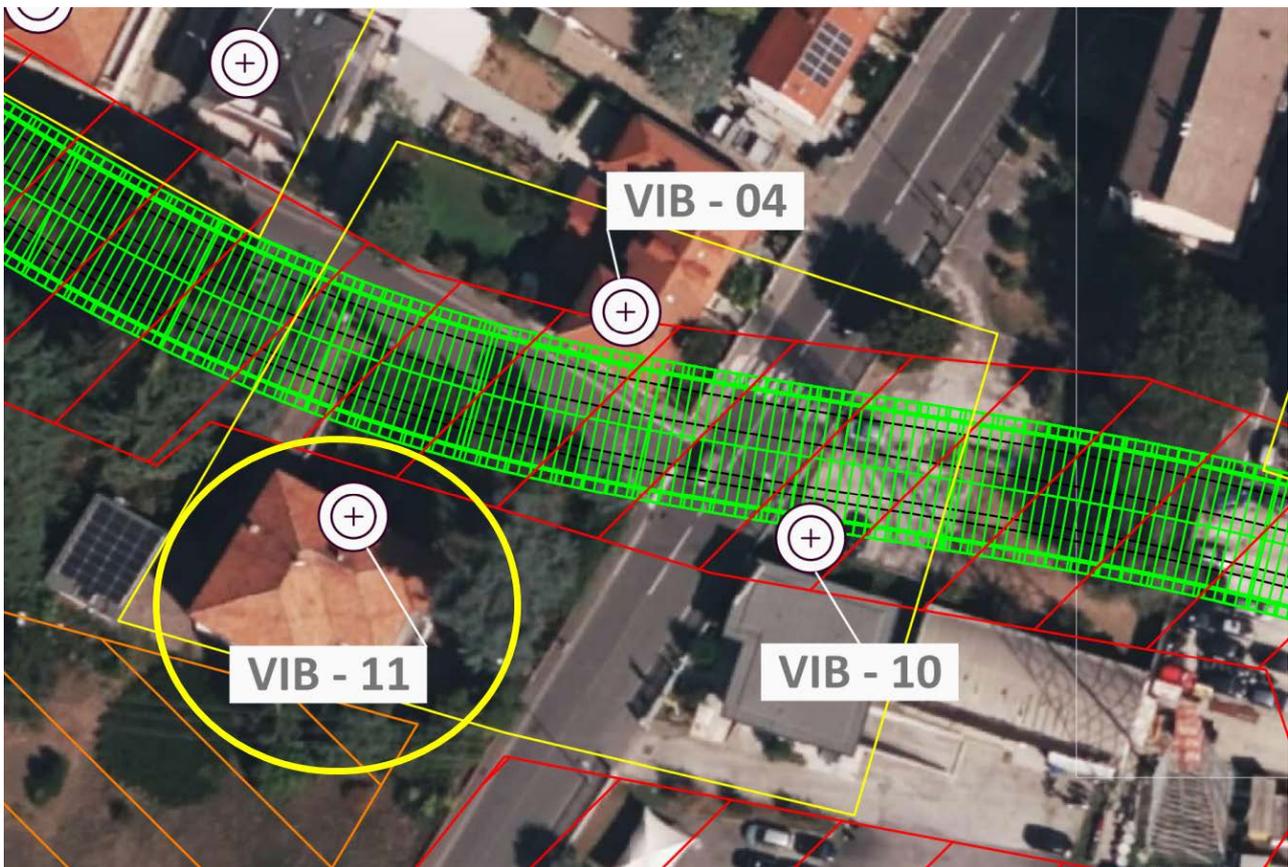
<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratori	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-11</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via S.Rocco
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520383
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5044927
<b>Contesto ambientale</b>	tessuto urbano denso / pertinenze infrastrutturali

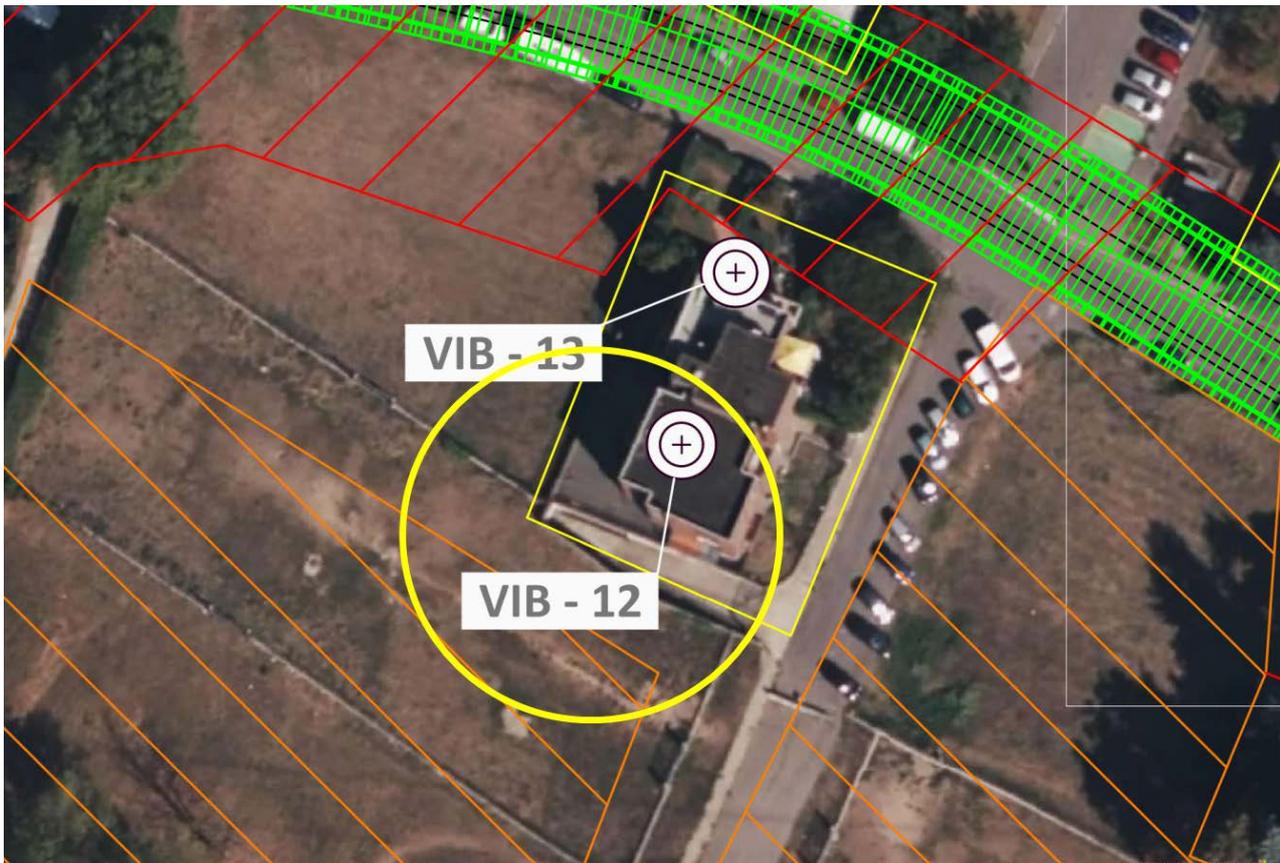
<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratorii	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-12</b>

LOCALIZZAZIONE	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Donatori di Sangue
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520256
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5044976
<b>Contesto ambientale</b>	ambito urbano di margine / ambito agricolo peri-urbano

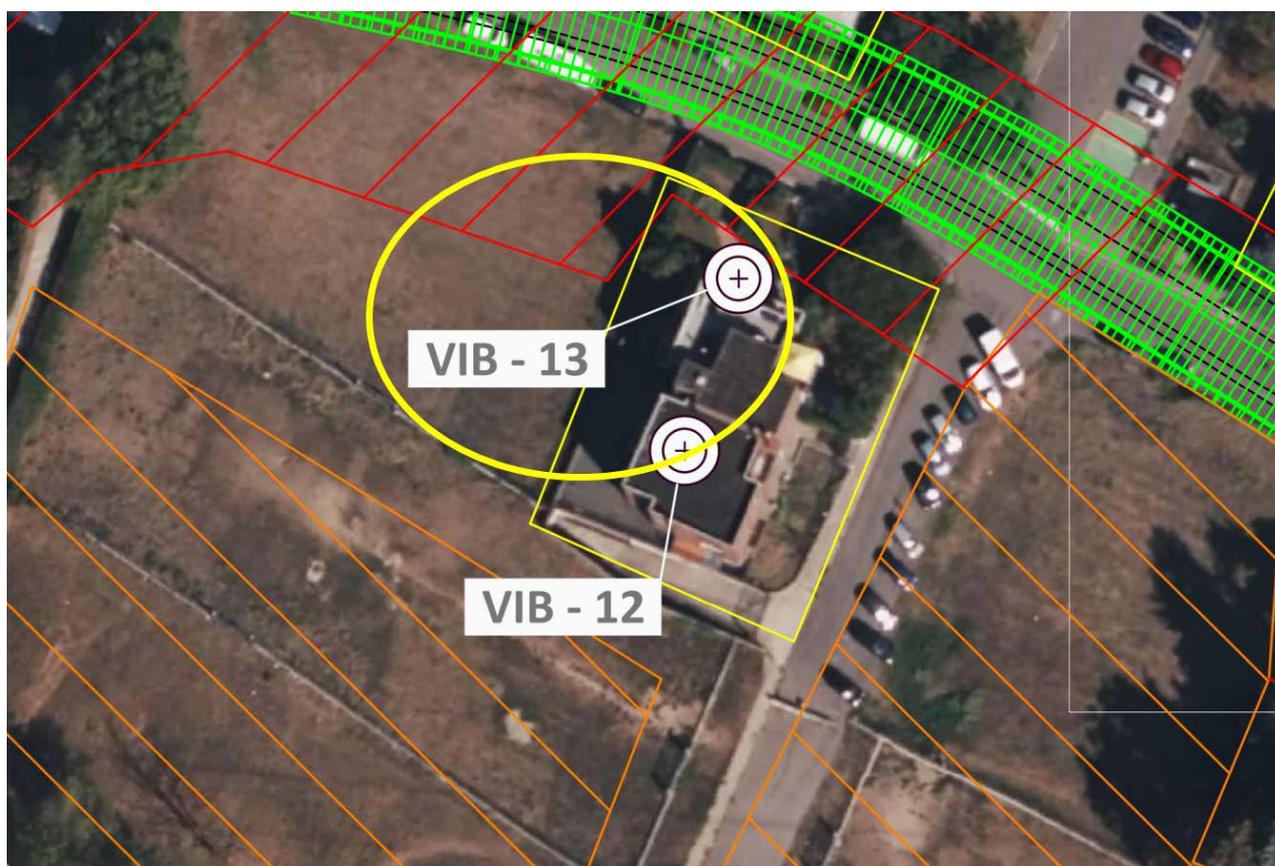
Tipologia di indagine	Ante Operam	Corso d'Opera	Post Operam
Misure di caratterizzazione livelli vibratori	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-13</b>

LOCALIZZAZIONE	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Donatori di Sanguie
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520261
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5044992
<b>Contesto ambientale</b>	ambito urbano di margine / ambito agricolo peri-urbano

Tipologia di indagine	Ante Operam	Corso d'Opera	Post Operam
Misure di caratterizzazione livelli vibratorii	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-14</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Asiago
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520078
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5045148
<b>Contesto ambientale</b>	ambito urbano di margine / ambito agricolo peri-urbano

<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratori	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-15</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Monza
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Gerolamo Borgazzi
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	520001
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5045248
<b>Contesto ambientale</b>	ambito urbano di margine

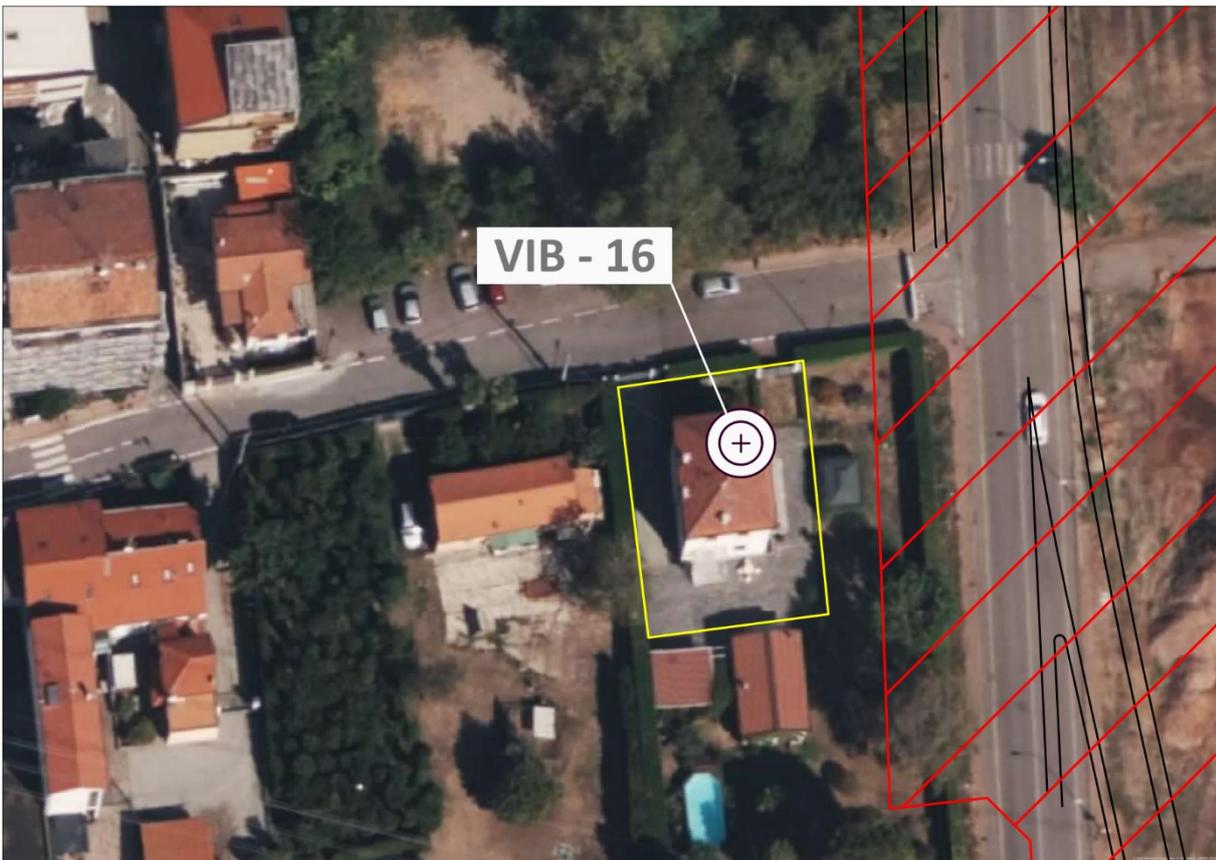
<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratori	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-16</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Cinisello Balsamo
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Via Casignolo
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	519369
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5045454
<b>Contesto ambientale</b>	ambito urbano di margine

<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratorii	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale



<b>COMPONENTE: Vibrazione</b>	<b>VIB</b>
<b>STAZIONE DI MONITORAGGIO:</b>	<b>VIB-17</b>

<b>LOCALIZZAZIONE</b>	
<b>Comune:</b>	Cinisello Balsamo
<b>indirizzo o prossimità a:</b>	Viale Brianza
<b>Coordinata x (WGS88, UTM 32 nord)</b>	518943
<b>Coordinata y (WGS88, UTM 32 nord)</b>	5045346
<b>Contesto ambientale</b>	ambito urbano di margine / pertinenze infrastrutturali

<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Ante Operam</b>	<b>Corso d'Opera</b>	<b>Post Operam</b>
Misure di caratterizzazione livelli vibratori	1 volta/anno	Trimestrale	1 volta/anno
Misure del quadro fessurativo	1 volta	Settimanale	Trimestrale

