

Provincia di Cuneo
S.S. 28 del Colle di Nava
Lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir – 564 e al casello A6 "Torino–Savona" – III Lotto (Variante di Mondovì)

PROGETTO DEFINITIVO

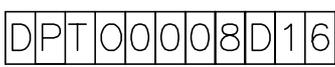
COD. TO08

PROGETTAZIONE: RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	MANDATARIA: 	MANDANTI:  POLITECNICA BUILDING FOR HUMANS	MATILDI+PARTNERS
IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: <i>Ing. Andrea Renso – TECHNITAL</i> <i>Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2413</i>	IL PROGETTISTA: <i>Ing. Andrea Renso – TECHNITAL</i> <i>Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2413</i>		
IL GEOLOGO: <i>Geol. Emanuele Fresia – TECHNITAL</i> <i>Ordine Geologi Veneto n. A501</i>	GRUPPO DI PROGETTAZIONE: COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E PROGETTAZIONE STRADALE: <i>Ing. Carlo Vittorio Matildi – MATILDI + PARTNERS</i> <i>Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. 6457/A</i> COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E COORDINATORE STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: <i>Ing. Edoardo Piccoli – TECHNITAL</i> <i>Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A3381</i>		
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: <i>Ing. Paolo Barrasso – MATILDI + PARTNERS</i> <i>Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A9513</i>	OPERE D'ARTE MAGGIORI GALLERIA: <i>Ing. Corrado Pesce – TECHNITAL</i> <i>Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A1984</i> OPERE D'ARTE MAGGIORI PONTI E MINORI: <i>Ing. Stefano Isani – MATILDI + PARTNERS</i> <i>Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A4550</i>		
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO: <i>Ing. Giuseppe Danilo Malgeri</i>	GEOTECNICA: <i>Ing. Alessandro Rizzo – TECHNITAL</i> <i>Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. A19598</i> IDROLOGIA ED IDRAULICA: <i>Ing. Simone Venturini – TECHNITAL</i> <i>Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2515</i>		
PROTOCOLLO:	DATA:		

08 – STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE

08.03 – Analisi Ambientale

08.03.07 – Vibrazioni – Valutazione previsionale impatto vibrazionale

CODICE PROGETTO 	NOME FILE 08.01_T00_IA03_AMB_RE03_E	PROGR. ELAB. 08.01	REV.	SCALA:		
	CODICE ELAB. 			–		
F						
E	ISTRUTTORIE CdS e VIA	Nov. 2022	Technital	Follesa TittoneI Renso		
D						
A						
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	1
2	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO – UNI 9614:2017	2
3	METODO DI VALUTAZIONE	6
4	ANALISI PRELIMINARE.....	10
4.1	ANALISI DELLE SORGENTI VIBRAZIONALI IMPIEGATE NEL CANTIERE.....	10
4.2	DETERMINAZIONE DELL'AREA DI INFLUENZA DEL POTENZIALE DISTURBO VIBRAZIONALE – ASSE PRINCIPALE.....	12
4.2.1	SORGENTE MARTELLO DEMOLITORE.....	13
4.2.2	SORGENTE RULLO COMPATTATORE VIBRANTE.....	14
4.2.3	SORGENTE TRIVELLA/PERFORATRICE PER PALI/BERLINESE	15
4.3	DETERMINAZIONE DELL'AREA DI INFLUENZA DEL POTENZIALE DISTURBO VIBRAZIONALE – RIONE BORGATO.....	16
4.3.1	SORGENTE TRIVELLA/PERFORATRICE PER PALI/BERLINESE IN SUPERFICIE	17
4.3.2	SORGENTE TRIVELLA/PERFORATRICE PER PALI/BERLINESE IN PROFONDITÀ	18
4.4	IDENTIFICAZIONE RICETTORI POTENZIALMENTE DISTURBATI	19
5	DESCRIZIONE DEI RICETTORI INDIVIDUATI.....	21
5.1	ASSE PRINCIPALE	21
5.2	ASSE SECONDARIO – RIONE BORGATO	35
6	RILIEVI VIBRAZIONALI ANTE OPERAM	39
6.1	RILIEVI ANTE OPERAM ASSE PRINCIPALE.....	39
6.2	RILIEVI ANTE OPERAM ASSE SECONDARIO RIONE BORGATO	45
7	TARATURA DEL MODELLO	49
8	CALCOLO PREVISIONALE.....	52
8.1	ASSE PRINCIPALE	53
8.2	ASSE SECONDARIO.....	60
8.3	SINTESI DEI RISULTATI	62
9	INTERVENTI DI MITIGAZIONE E MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA	63
9.1	MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA	64
10	ELABORATI DI RIFERIMENTO	65
11	BIBLIOGRAFIA.....	65
12	ALLEGATI	65

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono trattati gli aspetti relativi al potenziale impatto vibrazionale generato dalle attività di cantiere previste dal progetto denominato *S.S. 28 del Colle di Nava Lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir - 564 ed al casello A6 "Torino-Savona" - III Lotto (Variante di Mondovì)*.

Il disturbo alle persone, definito in letteratura come *annoyance*, dipende dall'intensità e frequenza dell'evento disturbante e dal tipo di attività svolta. L'*annoyance* deriva dalla combinazione di effetti che coinvolgono la percezione uditiva e la percezione tattile delle vibrazioni. Gli effetti sulle persone 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 vibrazioni possono in alcune situazioni, od in presenza di caratteristiche di estrema suscettività strutturale o di elevati/prolungati livelli di sollecitazione dinamica, causare danni agli edifici. Tali situazioni si verificano tuttavia in corrispondenza di livelli di vibrazione notevoli, superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto ai livelli tipici dell'*annoyance*.

Il presente studio si articola nelle seguenti fasi di lavoro:

- Analisi normativa e definizione dei valori limite applicabili;
- Definizione del modello di calcolo;
- Individuazione degli scenari di massimo disturbo vibrazionale;
- Determinazione del buffer di potenziale disturbo e censimento dei ricettori coinvolti;
- Misure ante operam;
- Stima del livello vibrazionale ai ricettori;
- Mitigazioni e monitoraggi in corso d'opera.

2 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO – UNI 9614:2017

A differenza di quanto accade per il rumore al momento non sono presenti leggi nazionali che disciplinino il problema delle vibrazioni. Esiste tuttavia una serie completa di norme UNI che disciplinano l'intera problematica delle vibrazioni negli edifici in termini di disturbo agli utenti degli edifici e di danno strutturale e che individuano strumentazione, tecniche e modalità di misura del fenomeno vibratorio. Nel caso specifico l'analisi farà riferimento alla norma tecnica UNI 9614:2017 che viene descritta sommariamente nel proseguo del capitolo relativamente alle parti di interesse.

La norma definisce le metodologie di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne agli edifici e i criteri di valutazione del disturbo delle persone all'interno degli edifici stessi e modifica in modo sostanziale la versione precedente (UNI 9614:1990) introducendo un approccio innovativo nelle modalità di valutazione del disturbo da vibrazione basato in parte sulla norma ISO 2631-2:2003 e in parte sulla norma norvegese NS 8176.E. La norma si applica a tutti i fenomeni che possono dare origine a vibrazioni sugli edifici quali traffico su gomma, rotaia, attività industriali, macchinari ed attività di cantiere ponendo come limitazione di banda inferiore il terzo di ottava con centro a 1 Hz.

La norma al punto 5 definisce diverse tipologie di sorgente vibrazionale classificandole per posizione, funzione e caratteristiche di durata della vibrazione prodotta. Tale classificazione non influisce tuttavia sui valori limite proposti dalla norma stessa, che dipendono invece dal periodo della giornata e dalla destinazione d'uso degli edifici.

La norma è stata redatta allo scopo di determinare per via strumentale il potenziale disturbo di un fenomeno vibratorio e pertanto contiene ai punti 6 e 7 informazioni relative alle grandezze da misurare (accelerazioni sui tre assi x-y-z), alle posizioni di misura all'interno dell'edificio, alla durata e al numero di acquisizioni, oltre che ai requisiti generali della strumentazione compreso il montaggio degli accelerometri, la calibrazione e la taratura della catena di misura.

Nel punto 8 vengono introdotti infine i parametri di riferimento tramite i quali effettuare un confronto con i valori limite definiti dalla norma stessa al punto 9. Il primo parametro di riferimento è l'*accelerazione ponderata totale efficace* definita per un generico istante t del segnale accelerometrico tramite la somma quadratica delle componenti di accelerazione ponderata secondo la curva W_m per ogni asse $a_{w,rms,x-y-z}$ e così definita:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)} \quad [1]$$

La curva di ponderazione W_m è definita dalla norma UNI ISO 2631-2:2018 e va applicata indipendentemente dalla direzione di misura per ciascun asse di riferimento.

All'interno della procedura di misura la norma prevede che vengano isolati un certo numero di eventi vibratorii, dove l'evento viene definito al punto 3.11 come elemento minimo del fenomeno vibratorio oggetto di misura, al quale viene associata, come descrittore della vibrazione, la massima accelerazione ponderata così definita:

$$a_{w,max,j} = \max(a_w(t)) \quad [2]$$

La massima accelerazione ponderata è calcolata pertanto come il massimo di tali valori all'interno del singolo j-esimo evento osservato. La norma prevede poi al punto 8.5 il calcolo della massima accelerazione statistica $a_{w,95}$ derivante da operazioni statistiche sui diversi eventi oggetti di misurazione e relativi, pertanto, alla post elaborazione di misure accelerometriche che non interessano il presente studio vibrazionale previsionale. Per ulteriori informazioni relative alla definizione degli eventi significativi anche si faccia riferimento all'Appendice A della norma.



Figura 1: Curva di ponderazione W_m secondo la norma UNI ISO 2631-2:2018

La norma prevede inoltre che il livello vibrazionale da associare alla sorgente denominato V_{sor} utilizzato per il confronto con i valori limite definiti nel seguito sia depurato dalla componente di vibrazione residua che quantifica la vibrazione presente nell'edificio in assenza della specifica sorgente oggetto di indagine.

Il punto 9 della norma infine riporta i valori di massima accelerazione ponderata per le diverse destinazioni d'uso previste e, per gli ambienti abitativi, in funzione anche del giorno della settimana e dell'orario diurno/notturno:

Tabella 1: Valori limite accelerazione massima secondo UNI 9614:2017

Destinazione d'uso	Periodo	Valore limite	
		[mm/s ²]	[dB*]
Ambienti a uso abitativo	Diurno (06:00 – 22:00)	7.2	77.0
	Notturmo (22:00 – 06:00)	3.6	71.0
	Diurno festivo	5.4	74.5
Luoghi lavorativi	-	14	83.0
Ospedali, case di cura ed affini	-	2	66.0
Asili e case di riposo	-	3.6	71.0
Scuole	-	5.4	74.5

* Valori arrotondati a 0.5 dB con $a_{rit}=0.001 \text{ mm/s}^2$

L'Appendice C della norma infine contiene informazioni relative alla gestione di deroghe ai valori limite di riferimento, specificando che la deroga può essere concessa solo per attività temporanee o attività per le quali

misure mitigative adeguate non siano implementabili o economicamente sostenibili, di fatto riconducendo le attività in oggetto ad operazioni di cantiere.

A tal proposito viene riportato come per gran parte delle attività di cantiere (ad esempio demolizioni, battitura o infissione di pali, perforazioni per pali, scavi per diaframmi, impiego di esplosivi per scavi e demolizioni, vibro compattazione di terreni o rilevati, transito di veicoli pesanti su terreni sconnessi, etc.) non sia possibile ridurre il livello di vibrazioni indotto, pena la non efficacia della lavorazione stessa, quanto piuttosto sia possibile ridurre l'incidenza in termini temporali nell'arco della giornata, visto e considerato che da recenti ricerche emerge come le persone siano in generale meglio disposte a sopportare livelli più elevati di vibrazioni quanto più la loro durata è limitata nel tempo. Risulta pertanto preferibile come prima misura mitigativa evitare lavorazioni nel periodo notturno che possano disturbare il riposo delle persone coinvolte o nei periodi diurni nei luoghi dove è previsto il riposo (es. asili, case di cura, ospedali).

Viene pertanto a definirsi il "piano di gestione dell'impatto vibrazionale di cantiere" (PGIVC), i cui contenuti minimi sono nel seguito riportati:

- *Finalità del PGIVC:* controllare e limitare i livelli di vibrazione così che le residenze interessate o altri ricettori sensibili siano protetti da eccessivi livelli di vibrazione associati alle attività di cantiere
- *Censimento dei ricettori:* elenco dei potenziali bersagli disturbati dalle vibrazioni indotte con indicazione della destinazione d'uso dell'edificio, delle attività in esso svolte e delle caratteristiche costruttive e di conservazione e dei valori limite di riferimento
- *Lavorazioni:* elenco delle lavorazioni previste per il cantiere, relativi macchinari impiegati e potenziale grado di impatto sui ricettori più prossimi, supportato da valori numerici provenienti da bibliografia o da misure vibrazionali specifiche
- *Attività informativa preventiva:* modalità di informazione alla popolazione interessata allo scopo di aumentare il grado di tolleranza della stessa nei confronti dei fenomeni disturbanti. L'informazione deve comprendere i livelli di disturbo attesi e la durata delle lavorazioni prevista e deve essere effettuata in modo chiaro e in anticipo sufficiente rispetto all'avvio delle lavorazioni
- *Monitoraggi:* dovranno essere svolte misure vibrazionali almeno all'inizio di ciascuna delle tipologie di lavorazioni potenzialmente disturbanti che consentiranno di validare le stime di impatto vibrazionale. In caso di esposti o lamentele si dovranno effettuare misure specifiche in conformità alla norma stessa.
- *Mitigazioni:* se previste, dovranno essere descritte le mitigazioni fisse, mentre in generale dovranno essere dichiarati gli orari di attività, le interruzioni per il rispetto del riposo e l'eventuale predisposizione di modalità alternative e meno impattanti per l'esecuzione dei lavori.
- *Controlli:* dovranno essere precisati tempi e modalità di controllo dell'attuazione del PGIVC con indicazione dei nominativi delle persone coinvolte in coerenza con quanto disposto da piani di monitoraggio ambientale già predisposti nell'ambito di altri procedimenti (ad esempio Valutazione di Impatto Ambientale)

Si riportano a titolo informativo e non esaustivo nel seguito le principali norme tecniche di riferimento per l'analisi del fenomeno vibratorio. La norma 11048:2003 non è stata presa in considerazione poiché attualmente ritirata senza sostituzione.

Tabella 2: Elenco norme tecniche vibrazioni

UNI 11568:2015	Vibrazioni – Strumentazione e analisi per la misura delle vibrazioni – Strumentazione di misura
UNI EN ISO 8041-1:2017	Risposta degli esseri umani alle vibrazioni – Strumenti di misurazione – Parte 1: Strumenti per la misura di vibrazioni di uso generale
UNI ISO 5348:2007	Vibrazioni meccaniche ed urti – Montaggio meccanico degli accelerometri
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
DIN 4150-3	Vibration in buildings. Part 3: Influence on constructions

3 METODO DI VALUTAZIONE

Le vibrazioni indotte da sorgenti antropiche nel terreno comportano la generazione di onde meccaniche che si propagano attraverso gli strati di terreno/roccia verso le fondazioni degli edifici presenti nell'area di indagine. Le vibrazioni si trasmettono dalla fondazione alla struttura in elevazione, dove si può verificare la massima ampiezza di vibrazione se vengono interessate le frequenze di risonanza degli elementi costitutivi dell'edificio (pareti e solai). Le vibrazioni indotte sugli edifici possono comportare in funzione di ampiezza e frequenza di sollecitazione a fenomeni di disturbo o *annoyance* con la generazione di rumore all'interno degli ambienti di vita.

Le tre tipologie di onde che trasportano energia vibrazionale sono:

- Onde di compressione tipo P
- Onde di taglio tipo S
- Onde di superficie verticali L e orizzontali R

Le onde tipo P e S sono onde di volume che si propagano radialmente in un mezzo monofase e isotropo quale un mezzo viscoelastico. La presenza di discontinuità in un mezzo omogeneo continuo determina le condizioni per l'esistenza di altri tipi di onde sismiche come le onde superficiali L ed R (onde di Love e di Rayleigh), che si propagano sull'interfaccia fra due strati con diverse proprietà meccaniche, ovvero sulla superficie di separazione tra terreno ed aria. La velocità di propagazione delle onde di compressione è di circa 2.5 ÷ 4 volte la velocità delle onde di taglio e delle onde R.

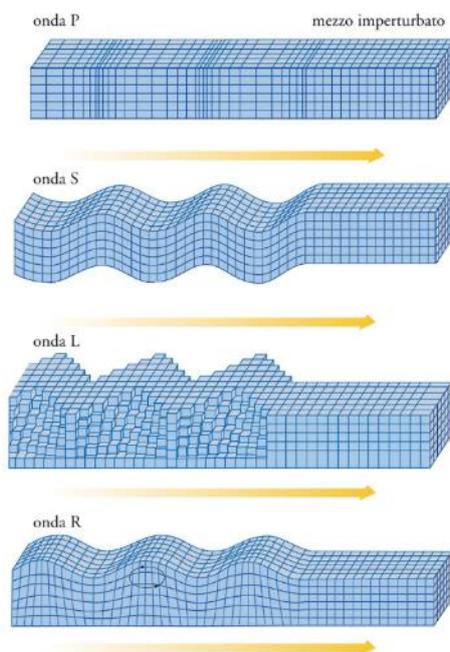


Figura 2: Rappresentazione delle onde sismiche nel terreno

L'attenuazione della vibrazione nel mezzo in funzione della distanza si compone di due diversi fattori:

- *Attenuazione per divergenza geometrica:* analogamente a quanto accade per le onde sonore in campo libero, il fronte d'onda e l'energia della perturbazione si distribuiscono in funzione dell'aumento della distanza dalla sorgente su una superficie sempre maggiore ovvero sulla superficie di una semi-sfera per le onde di volume, mentre per le onde superficiali l'energia è distribuita su una superficie cilindrica. Quindi, la quantità di energia per un'onda di volume diminuisce con il quadrato della distanza dalla sorgente, mentre per un'onda superficiale la diminuzione è inversamente proporzionale alla distanza. Ne consegue che le onde di volume sono attenuate più rapidamente delle onde superficiali con l'aumentare della distanza dalla sorgente. L'attenuazione per divergenza geometrica, pertanto, dipende dal tipo di sorgente (puntuale o lineare), dalla localizzazione della stessa (in superficie o in profondità) e dalla distanza dalla sorgente.
- *Attenuazione per dissipazione del terreno:* l'attenuazione in oggetto tiene conto dei fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore e risulta direttamente proporzionale alla frequenza. Ne consegue pertanto che le alte frequenze vengano meglio attenuate rispetto alle basse. Tale fattore di attenuazione dipende dalle caratteristiche del terreno ed appunto, dalla frequenza considerata.

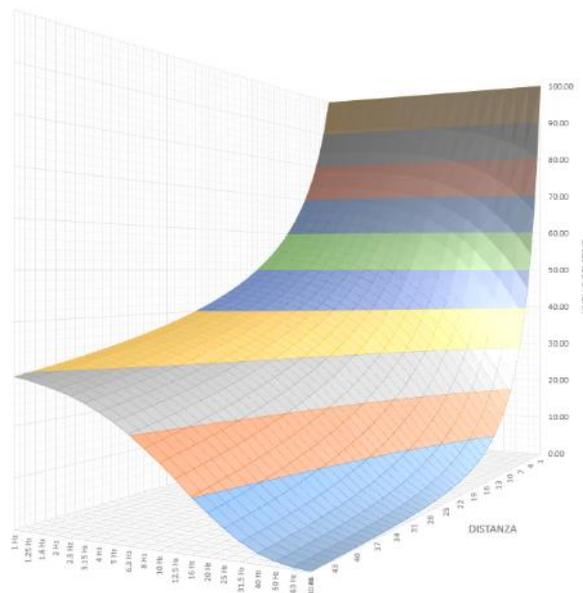


Figura 3: Fattore di attenuazione per dissipazione in funzione di frequenza e distanza dalla sorgente

Il modello di propagazione delle vibrazioni impiegato nella presente valutazione si basa sull'equazione seguente e risulta valido per tutte e tre le tipologie di onde considerate (P, S, R):

$$a(d, f) = a(d_0, f) \left(\frac{d_0}{d}\right)^n e^{-2\pi f(\eta/c)(d-d_0)} + A_d + A_f \quad [3]$$

- d_0 Distanza di riferimento [m]
 f Frequenza di centro banda di terzo d'ottava 1 ÷ 80 [Hz]
 η Fattore di perdita del terreno [-]
 c Velocità di propagazione [m/s]

n	Esponente variabile in funzione del tipo di onda e sorgente [-]
d	Distanza [m]
A_d	Fattore di attenuazione per discontinuità del terreno
A_r	Fattore di accoppiamento terreno/edificio

Il primo termine rappresenta l'attenuazione per divergenza geometrica e per dissipazione del terreno, mentre i termini successivi rappresentano ulteriori fattori di valutazione legati alle eventuali discontinuità del terreno e all'accoppiamento tra terreno e fondazioni dell'edificio.

Il rapporto η/c dipende dalla tipologia di terreno ovvero dalle caratteristiche intrinseche del mezzo in cui la sollecitazione vibrazionale si propaga. La velocità di propagazione c dipende in generale dal modulo elastico E , dal coefficiente di Poisson ν e dalla densità del terreno. La letteratura tecnica indica per il parametro η/c la seguente categorizzazione in funzione della tipologia di terreno e della difficoltà dello stesso ad essere scavato.

Tabella 3: Rapporto η/c per diverse tipologie di suoli

Classe	Descrizione	η/c
I	Cedevole o tenero (terreno che può essere scavato facilmente)	$2 \times 10^{-4} \div 6 \times 10^{-4}$
II	Consolidato (terreno che può essere scavato con una pala)	$6 \times 10^{-5} \div 2 \times 10^{-4}$
III	Duro (terreno che non può essere scavato con una pala ma necessità di un piccone)	$6 \times 10^{-6} \div 6 \times 10^{-5}$
IV	Duro consolidato (terreno che viene difficilmente scavato con un martello)	$< 6 \times 10^{-6}$

Il termine n invece influisce sul termine di attenuazione per divergenza geometrica in funzione della tipologia di sorgente (puntuale o lineare) e della posizione della stessa (in profondità o in superficie) come riportato nella tabella che segue per la situazione di interesse (sorgenti puntuali).

Tabella 4: Valori del parametro n per sorgenti puntuali

Posizione della sorgente	Tipo di sorgente	n
Superficiale	Puntuale	0.5
In profondità	Puntuale	1.0

Si fa notare che le vibrazioni indotte da una sorgente posta in profondità decadono più rapidamente con la distanza rispetto alle vibrazioni indotte dalla stessa sorgente posta in superficie, data la predominanza di onde di volume.

Il termine A_d descrive in modo semplificato l'effetto di variazione di impedenza meccanica (prodotto tra la densità del materiale e la velocità di propagazione delle onde di taglio) tra le diverse stratigrafie costituenti il terreno (e l'eventuale presenza di sottoservizi) che comporta effetti di riflessione, rifrazione e diffrazione dell'energia meccanica. Tale fattore può essere descritto per mezzo della seguente equazione:

$$A_d = 0.5 \left(1 + \frac{\rho_2 c_2}{\rho_1 c_1} \right) \quad [4]$$

- ρ_1 *Densità del mezzo con impedenza più bassa [kg/m³]*
 c_1 *Velocità di propagazione nel mezzo 1 [m/s]*
 ρ_2 *Densità del mezzo con impedenza più alta [kg/m³]*
 c_2 *Velocità di propagazione nel mezzo 2 [m/s]*

Il termine A_f descrive in modo semplificato invece l'effetto dell'accoppiamento tra terreno e fondazioni dell'edificio oggetto di valutazione. Il termine A_f può in generale rappresentare un'attenuazione o un'amplificazione dei livelli vibratorii in quanto la sollecitazione vibrazionale può interessare le frequenze di risonanza delle strutture edilizie, che dipendono da dimensioni fisiche degli elementi, modalità costruttive e parametri costitutivi delle stesse. L'effetto di amplificazione delle vibrazioni si verifica in particolare per i solai e si manifesta tipicamente nel campo di frequenze che va da 20 a 40 Hz con fattori di riduzione interpiano. L'effetto di attenuazione legato alla tipologia di fondazione invece viene considerato tramite l'applicazione dei fattori di attenuazione in bande di terzi d'ottava riportati nella tabella seguente e desunti da letteratura tecnica.

Tabella 5: Attenuazione sperimentale media osservata legata all'interazione con le fondazioni

Tipologia di edificio e attenuazione	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
Edifici in muratura su pali nel terreno	5.5	5.5	6.5	7.5	8.8	9.5	10	11	12	13	14	14.5	14.5	15	14
Edifici in muratura	12	13	13.5	14.5	15	15	15	15	14	13	13.5	13	12.5	12	11.5
Edifici con telaio in c.a. e muratura, plinti	10	11	11.5	12.5	13	13	13	13	12.5	12.5	12	11	9.5	8.5	8
Edifici a due piani in c.a.	4	5	5	6	6	6	6	6	5	5	4	4	4	4	4

4 ANALISI PRELIMINARE

Allo scopo di valutare con un adeguato margine di sicurezza gli scenari maggiormente impattanti sotto il profilo vibrazionale è necessario reperire preliminarmente informazioni sulle lavorazioni di cantiere previste dal progetto e sulle relative sorgenti vibrazionali utilizzate allo scopo. In funzione della tipologia di macchine utilizzate infatti sarà possibile successivamente determinare l'area di influenza di potenziale disturbo e valutare il numero e la posizione dei ricettori coinvolti.

4.1 ANALISI DELLE SORGENTI VIBRAZIONALI IMPIEGATE NEL CANTIERE

A tal proposito l'analisi della documentazione di progetto relativa alle fasi di cantiere descrive i principali mezzi d'opera che si prevede di utilizzare per l'esecuzione dei lavori, che sono elencati nella tabella seguente unitamente a una valutazione preliminare relativa al potenziale impatto vibrazionale intrinsecamente associato alla tipologia di lavorazione svolta e indipendente, pertanto, dal mezzo di propagazione e dalla distanza di valutazione.

Tabella 6: Valutazione preliminare del potenziale impatto vibrazionale

Attrezzatura	BASSO	MEDIO	ALTO
Dumper 4 assi			
Escavatori per lavori di scavo			
Escavatori con braccio demolitore (martellone idraulico)			(1)
Pale meccaniche gommate			
Apripista			
Grader			
Rulli compattatori vibranti monotamburo			(2)
Rulli compattatori vibranti a doppio tamburo			(2)
Vibrofinitrice			
Autocarri			
Autobetoniere			
Pompe autocarrate			
Terne gommate			
Sollevatori telescopici			
Autogrù			
Trivelle e perforatrici per pali e berlinesi			(3)

Come si può vedere dalla le lavorazioni maggiormente impattanti sotto il profilo vibrazionale consistono nell'utilizzo di escavatori con braccio demolitore (martellone idraulico), rulli compattatori vibranti e in misura minore di trivelle e perforatrici per la realizzazione di palificate. Nel proseguo dell'analisi si prenderanno pertanto in considerazione gli scenari che prevedono l'utilizzo delle sorgenti individuate nella tabella in oggetto. La denominazione (1), (2) e (3) riportata nei riquadri arancioni sarà associata agli spettri di emissione vibrazionale associati alle sorgenti in oggetto desunti da letteratura tecnica e riassunti nella Tabella 7. Per le sorgenti (1) e (3), in assenza di dati specifici, sono stati utilizzati i medesimi livelli. Si consideri tuttavia che i livelli vibrazionali generati dal martello demolitore risultino

certamente più alti rispetto a quelli realizzati da una perforatrice per palificate e che pertanto la sorgente (3) risulti di fatto sovrastimata.

I livelli vibrazionali riportati fanno riferimento ad una distanza di 5 m e sono relativi al solo asse Z lungo il quale si verificano solitamente i maggiori livelli. Poiché la nuova versione della norma UNI 9614 prevede la valutazione del parametro a_w definito al capitolo □, le componenti x e y sono state desunte sulla base di misurazioni effettuate in contesti simili, grazie alle quali si osserva che le sollecitazioni massime lungo le direzioni x e y possono essere assunte pari a 0.5 volte il valore massimo lungo l'asse z.

Tabella 7: Spettri di emissione in bande di terzi di ottava per le sorgenti vibrazionali considerate

DESCRIZIONE	ASSE	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	Hz
(1)-(3) Realizzazione paratie con trivellazione assimilata a martello demolitore	Z	3	4	3	3	4	8	14	18	25	56	25	18	32	59	83	100	113	89	79	75	mm/s
		68	72	70	69	72	78	83	85	88	95	88	85	90	95	98	100	101	99	98	98	dB
	X	1	2	2	1	2	4	7	9	13	28	13	9	16	30	41	50	57	45	40	37	mm/s
		62	66	64	63	66	72	77	79	82	89	82	79	84	89	92	94	95	93	92	91	dB
	Y	1	2	2	1	2	4	7	9	13	28	13	9	16	30	41	50	57	45	40	37	mm/s
		62	66	64	63	66	72	77	79	82	89	82	79	84	89	92	94	95	93	92	91	dB
DESCRIZIONE	ASSE	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	Hz
(2) Rullo compattatore vibrante	Z	2	4	4	4	6	8	8	9	11	13	17	100	53	20	89	50	251	141	126	112	mm/s
		67	72	71	72	75	78	78	79	80	82	85	100	95	86	99	94	108	103	102	101	dB
	X	1	2	2	2	3	4	4	5	5	6	8	50	27	10	45	25	126	71	63	56	mm/s
		61	66	65	65	69	72	72	73	74	76	78	94	88	80	93	88	102	97	96	95	dB
	Y	1	2	2	2	3	4	4	5	5	6	8	50	27	10	45	25	126	71	63	56	mm/s
		61	66	65	65	69	72	72	73	74	76	78	94	88	80	93	88	102	97	96	95	dB

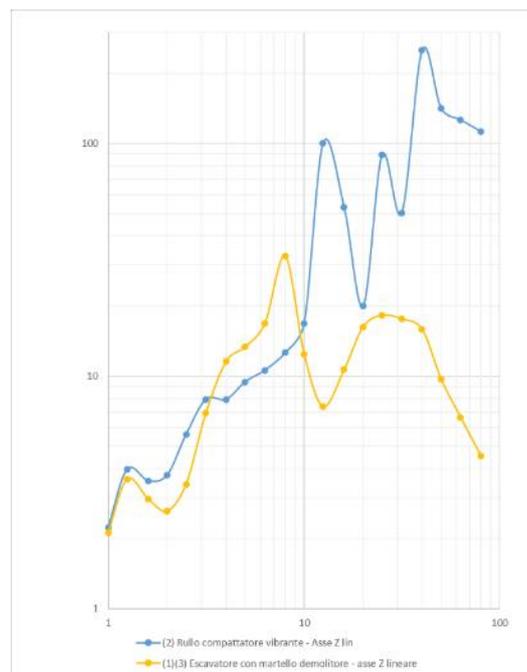


Figura 4: Spettro di emissione delle sorgenti vibrazionali considerate

4.2 DETERMINAZIONE DELL'AREA DI INFLUENZA DEL POTENZIALE DISTURBO VIBRAZIONALE – ASSE PRINCIPALE

A partire dai livelli vibrazionali associati a ciascuna sorgente vibrazionale è possibile applicare il modello di propagazione descritto al capitolo □ per la valutazione del parametro di accelerazione ponderata totale definito dalla UNI 9614:2017 ed in particolare il suo valore massimo per un confronto con i valori limite proposti dalla norma stessa. Le sorgenti vibrazionali saranno valutate singolarmente poiché la contemporaneità di funzionamento delle stesse non è prevista nel corso della realizzazione dell'opera nell'ambito dello stesso fronte di cantiere.

È stata pertanto applicata l'equazione a due variabili riportata al capitolo □ e relativa all'accelerazione totale ponderata con curva W_m sui tre assi x-y-z ipotizzando lo scenario verosimilmente peggiore che prevede la generazione di vibrazioni in un terreno di tipo roccioso con successiva presenza di una discontinuità nell'orizzonte dei suoli e una propagazione relativa ad onde di superficie per le sorgenti (2) e (3) e di volume per la sorgente (1) posta in profondità nel corso dell'escavo della galleria San Lorenzo secondo i parametri riassunti nella tabella che segue.

$$a(d, f) = a(d_0, f) \left(\frac{d_0}{d}\right)^n e^{-2\pi f(\eta/c)(d-d_0)} + A_d + A_f \quad [3]$$

d_0	5 m	Distanza di riferimento
η/c	6×10^{-5}	Rapporto tra fattore di perdita e velocità di propagazione per terreni duri
n	0.5	Esponente relativo a sorgenti puntuali poste in superficie (2) e (3)
	1	Esponente relativo a sorgenti puntuali poste in profondità (1)
A_d	-3.2 dB	Fattore di attenuazione per discontinuità del terreno
A_f	+3 dB	Fattore di sicurezza che considera eventuali effetti di risonanza delle strutture

Al livello di accelerazione totale ponderata in funzione della distanza è stato applicato un fattore di sicurezza di +3 dB per tenere in considerazione le notevoli incertezze correlate alla valutazione in questione e che risulta compreso nel termine A_f . I singoli parametri utilizzati saranno analizzati maggiormente nel dettaglio nel capitolo 0 in relazione anche agli aspetti geologici locali dove saranno effettuate le stime di calcolo ai ricettori.

Si riportano nel seguito le curve di propagazione in frequenza dei livelli di accelerazione ponderata totale a_w ottenute per le sorgenti vibrazionali (1)-(3) – Martello demolitore e (2) – Rullo compattatore vibrante. Vengono riportati anche i valori limite di riferimento riportati dalla norma UNI 9614:

- Limite D = limite diurno (77 dB)
- Limite DF = limite diurno festivo (74.5 dB)
- Limite N = limite notturno (71 dB)

4.2.1 SORGENTE MARTELLO DEMOLITORE

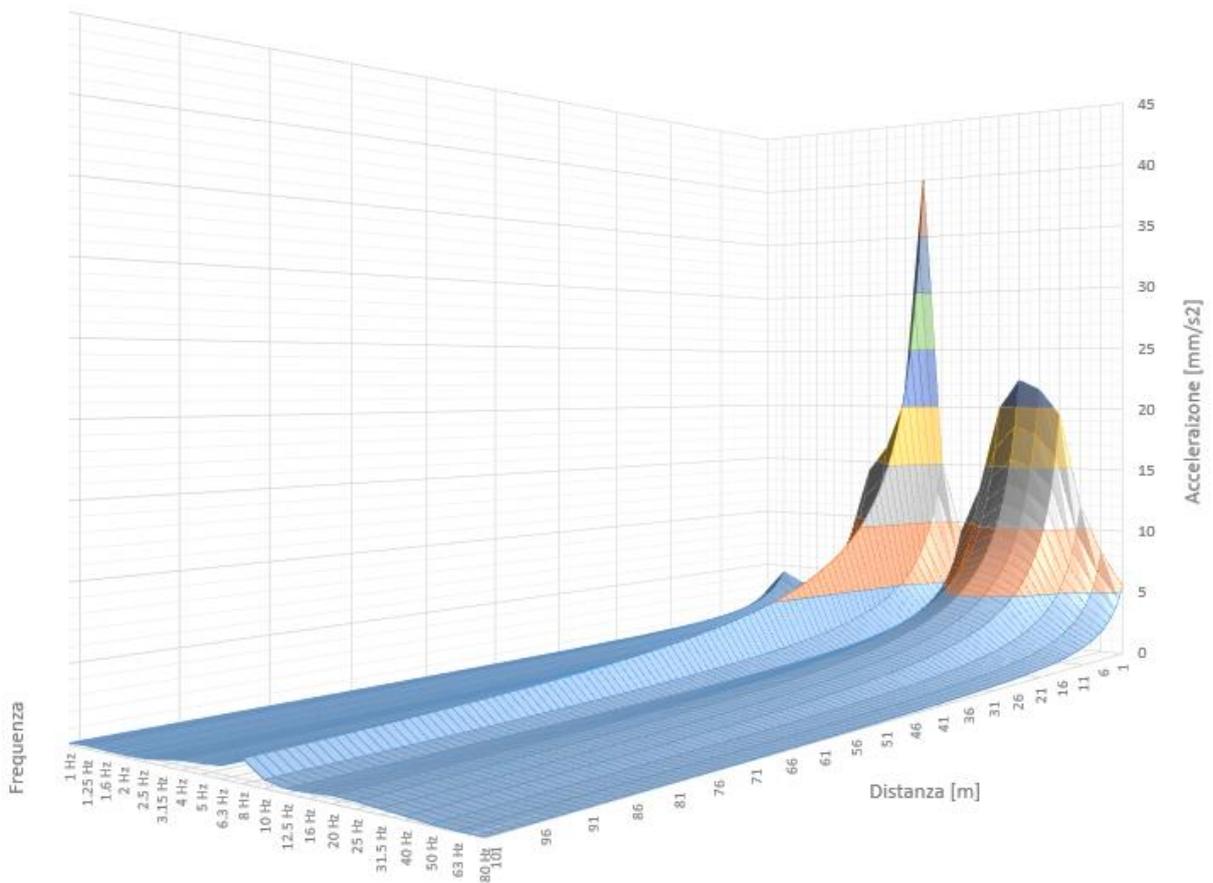
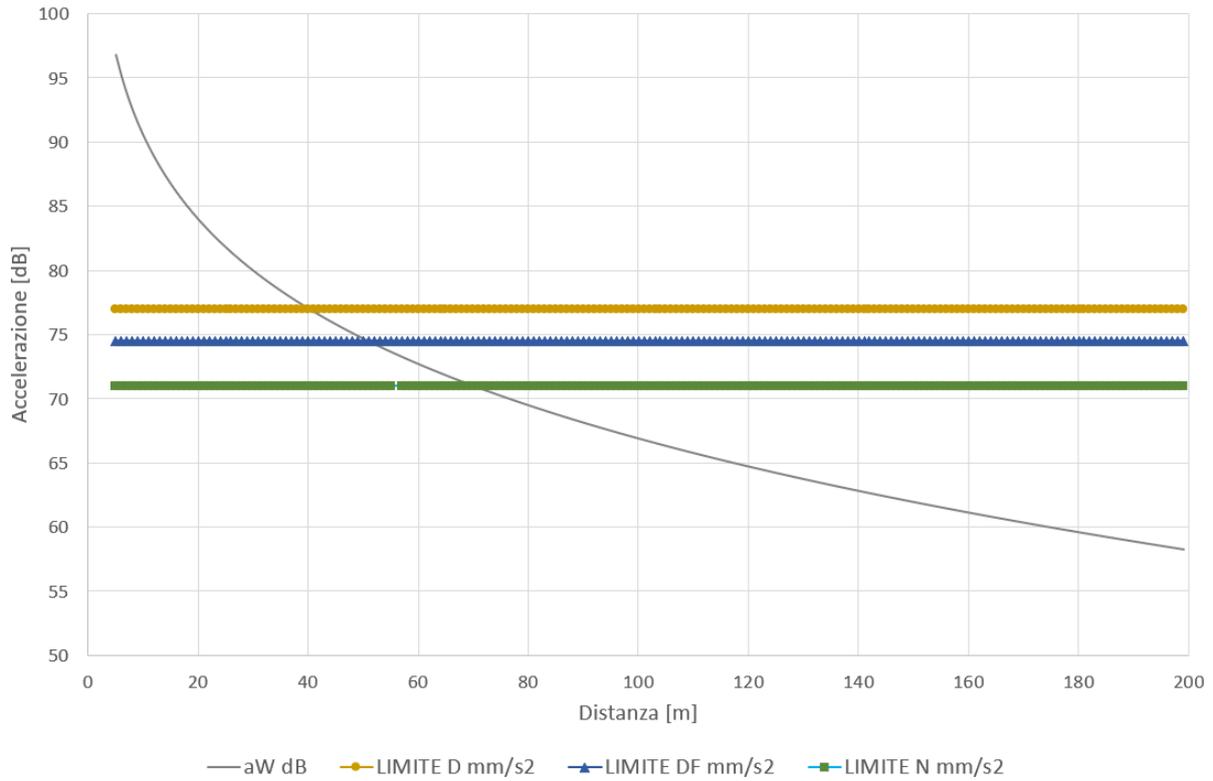


Figura 5: Curva di propagazione per sorgente martello demolitore

4.2.2 SORGENTE RULLO COMPATTATORE VIBRANTE

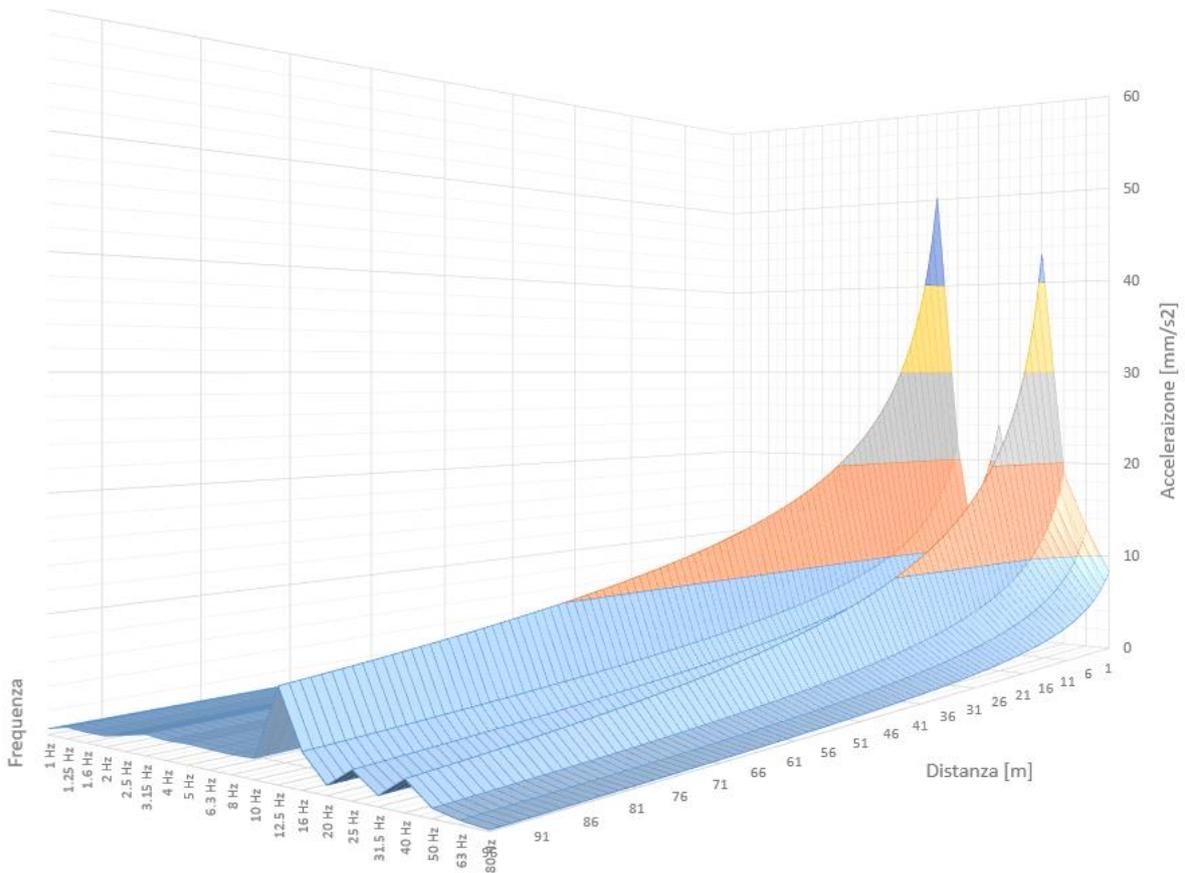
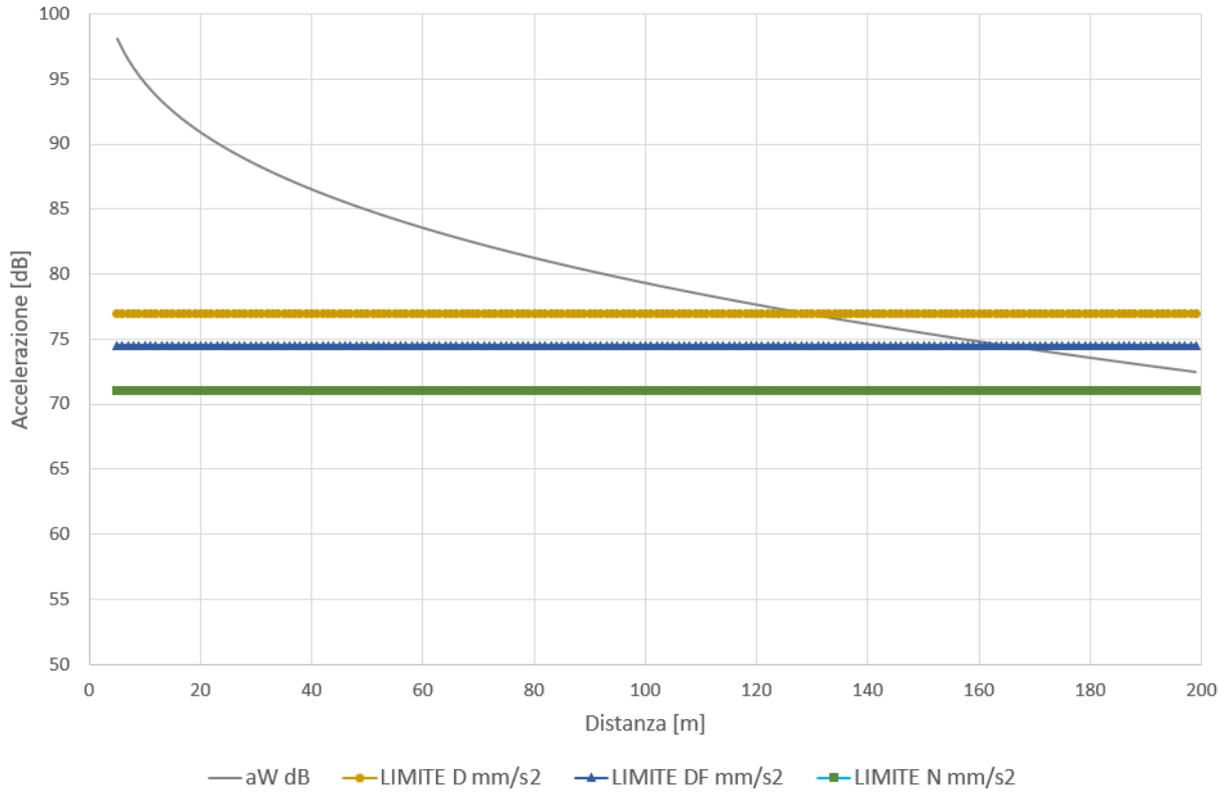


Figura 6: Curva di propagazione per sorgente rullo compattatore vibrante

4.2.3 SORGENTE TRIVELLA/PERFORATRICE PER PALI/BERLINESE

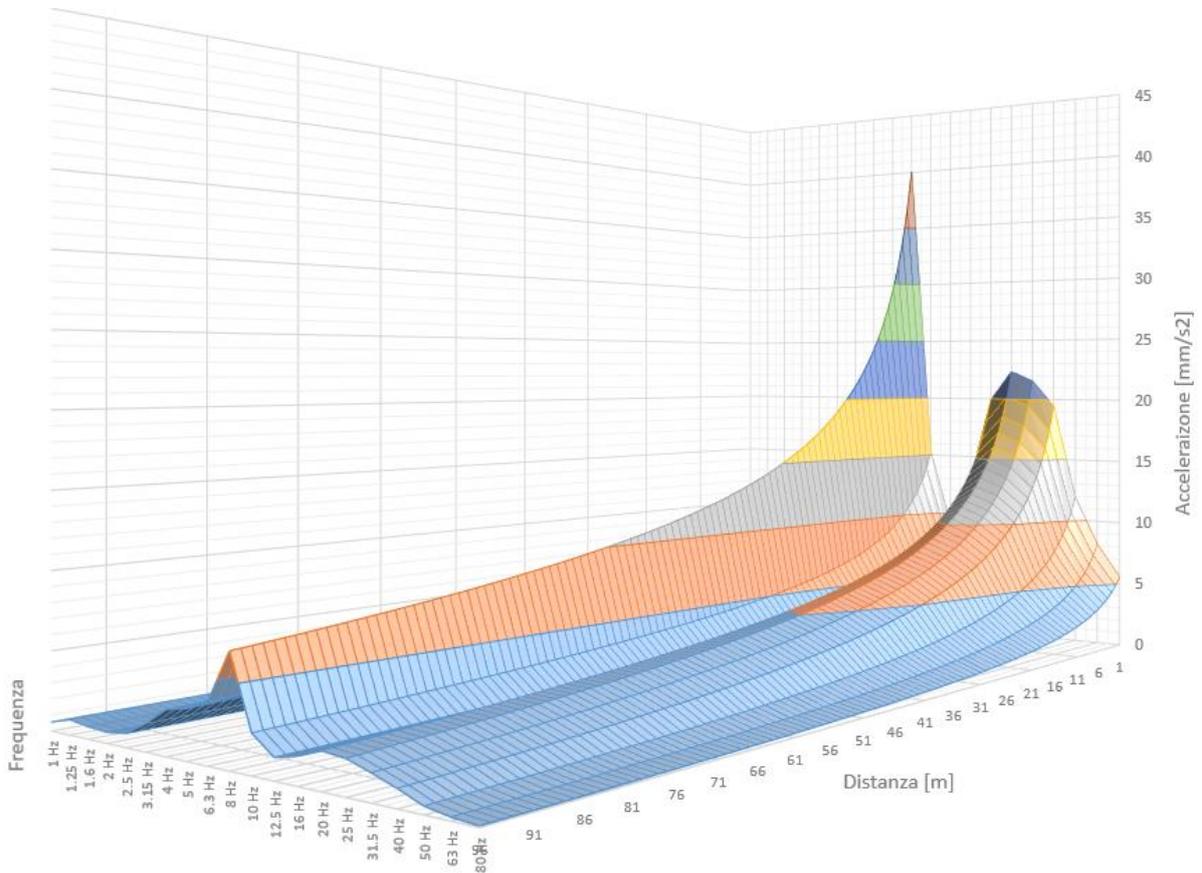
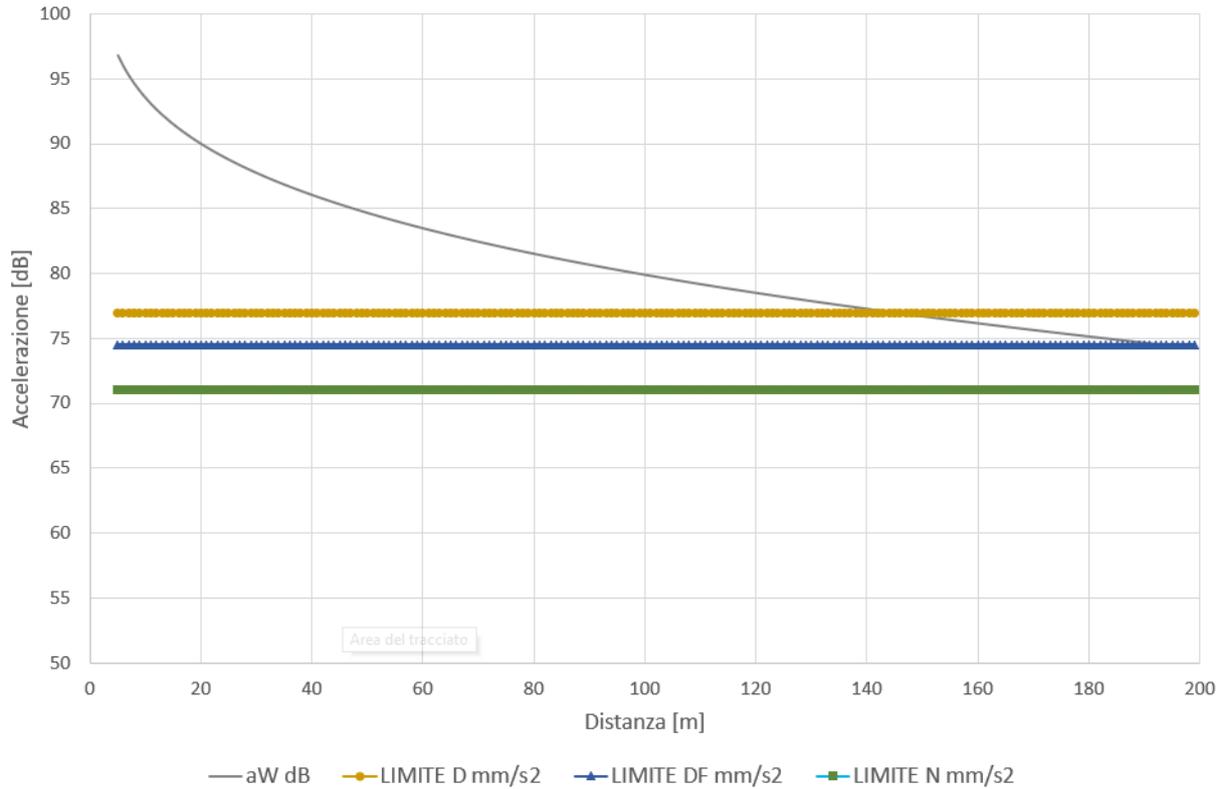


Figura 7: Curva di propagazione per sorgente trivella/perforatrice per pali/berlinesi

4.3 DETERMINAZIONE DELL'AREA DI INFLUENZA DEL POTENZIALE DISTURBO VIBRAZIONALE – RIONE BORGATO

Relativamente alla realizzazione dell'asse secondario a Rione Borgato, dove sarà realizzato un viadotto sul fiume Ermena, si andranno a considerare le lavorazioni di realizzazione delle fondazioni speciali ed in particolare la realizzazione di pali in prossimità delle spalle A e B del viadotto di progetto che risultano maggiormente prossimi ai ricettori utilizzando come dati di input i livelli vibrazionali della sorgente (3) - *Trivella perforatrice per pali/berlinesi*.

È stata pertanto applicata l'equazione a due variabili riportata al capitolo □ e relativa all'accelerazione totale ponderata con curva W_m sui tre assi x-y-z secondo i parametri riassunti nella tabella che segue. Vista la tipologia di attività indagata la sorgente vibrazionale sarà posizionata inizialmente in superficie e successivamente in profondità e pertanto saranno valutati preliminarmente entrambi gli scenari.

$$a(d, f) = a(d_0, f) \left(\frac{d_0}{d}\right)^n e^{-2\pi f(\eta/c)(d-d_0)} + A_d + A_f \quad [3]$$

d_0	5 m	Distanza di riferimento
η/c	1×10^{-4}	Rapporto tra fattore di perdita e velocità di propagazione per l'area di interesse
n	0.5	Esponente relativo a sorgenti puntuali poste in superficie
	1	Esponente relativo a sorgenti puntuali poste in profondità
A_d	-3.2 dB	Fattore di attenuazione per discontinuità del terreno
A_f	+3 dB	Fattore di sicurezza che considera eventuali effetti di risonanza delle strutture

Al livello di accelerazione totale ponderata in funzione della distanza è stato applicato un fattore di sicurezza di +3 dB per tenere in considerazione le notevoli incertezze correlate alla valutazione in questione e che risulta compreso nel termine A_f . I singoli parametri utilizzati saranno elencati nel capitolo 8 in relazione anche agli aspetti geologici locali dove saranno effettuate le stime di calcolo ai ricettori.

Si riportano nel seguito le curve di propagazione in frequenza dei livelli di accelerazione ponderata totale a_w ottenute per le sorgenti vibrazionali analizzate con riferimento ai valori limite della norma UNI 9614:

- Limite D = limite diurno (77 dB)
- Limite DF = limite diurno festivo (74.5 dB)
- Limite N = limite notturno (71 dB)

4.3.1 SORGENTE TRIVELLA/PERFORATRICE PER PALI/BERLINESE IN SUPERFICIE

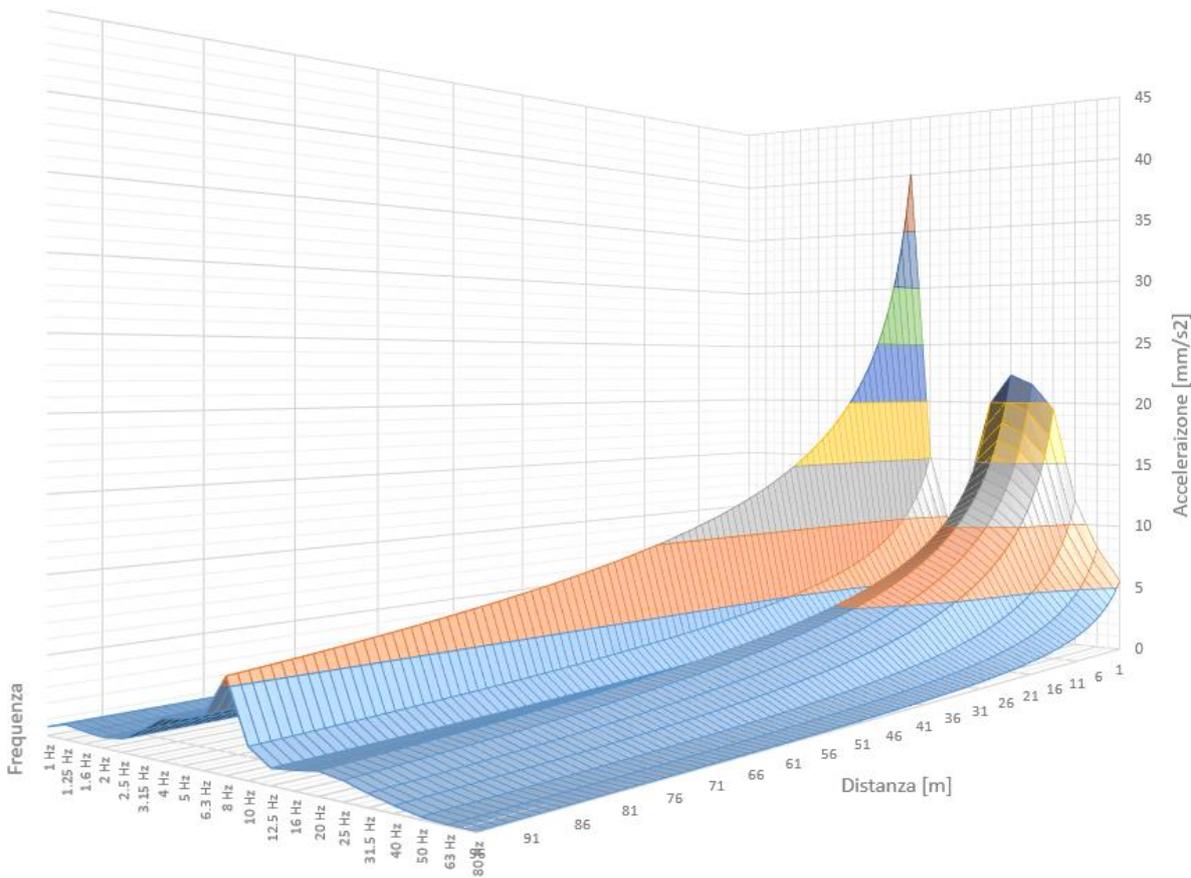
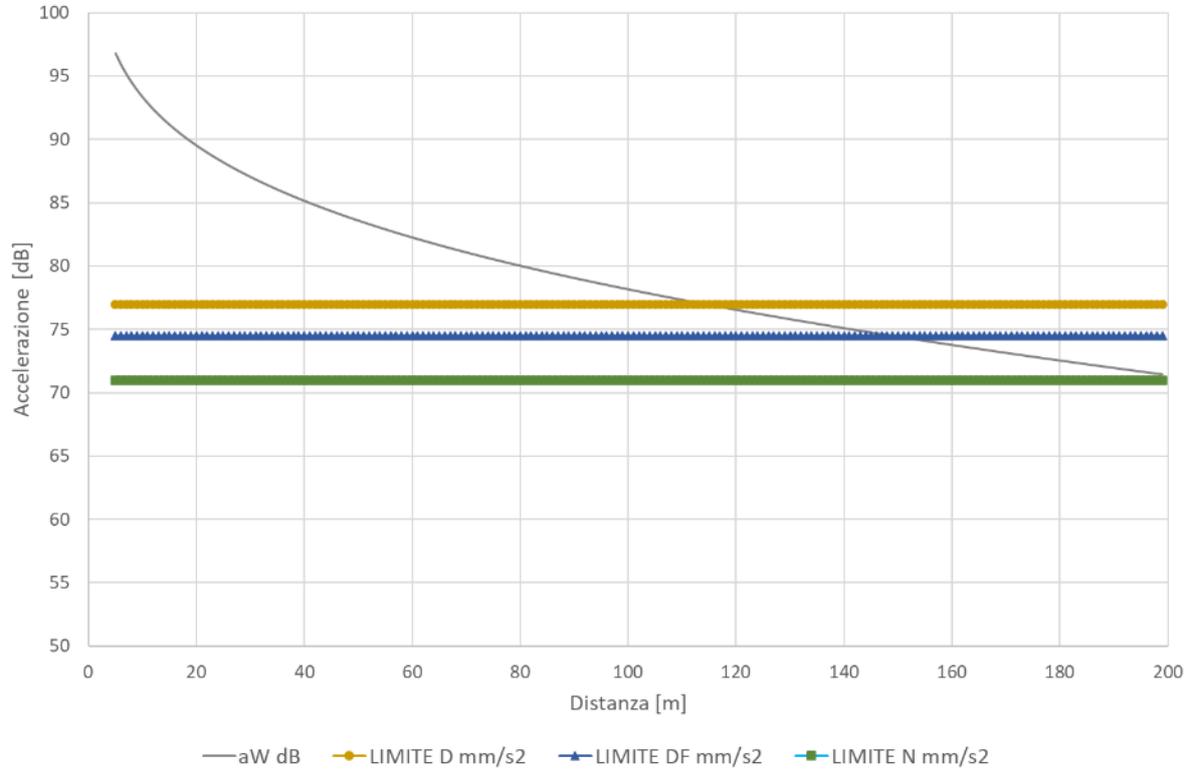


Figura 8: Curva di propagazione per sorgente trivella/perforatrice per pali/berlinesi in superficie

4.3.2 SORGENTE TRIVELLA/PERFORATRICE PER PALI/BERLINESE IN PROFONDITÀ

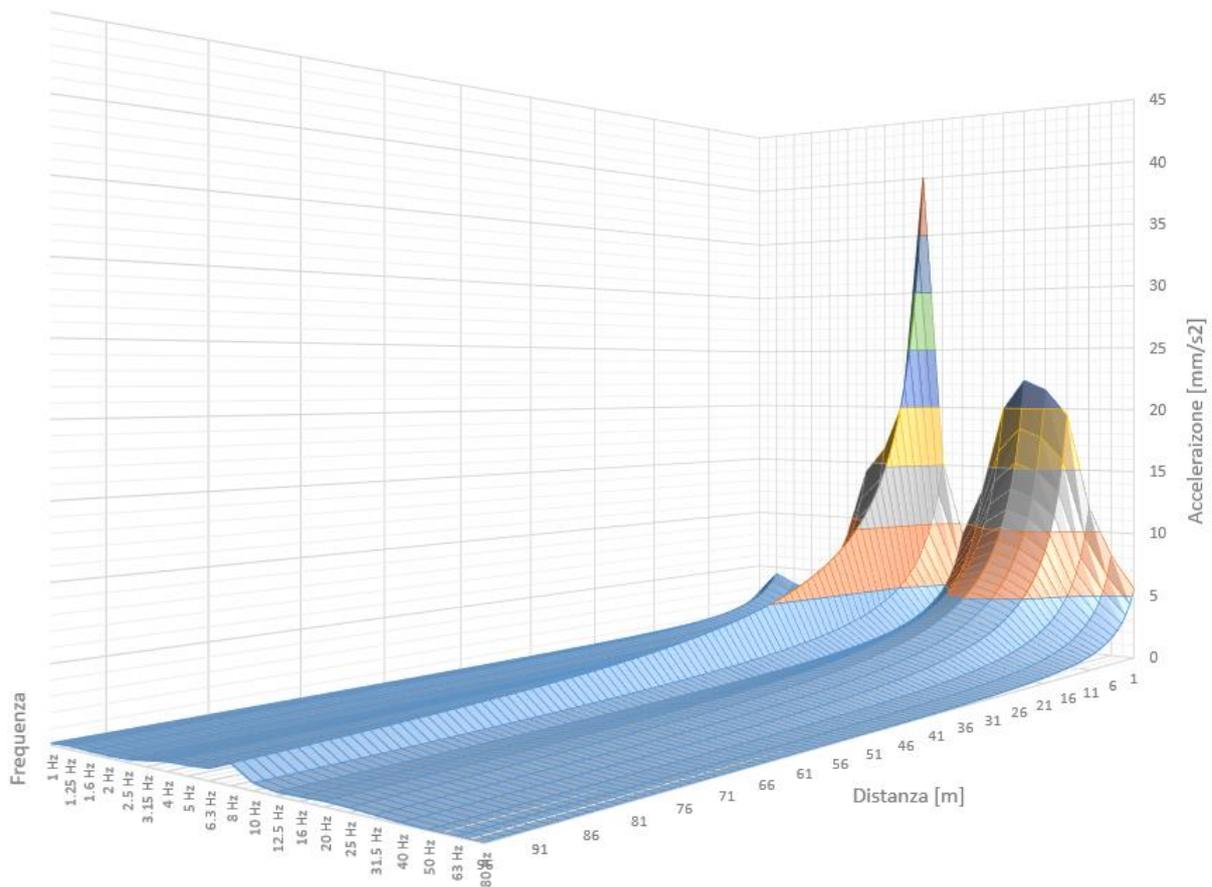
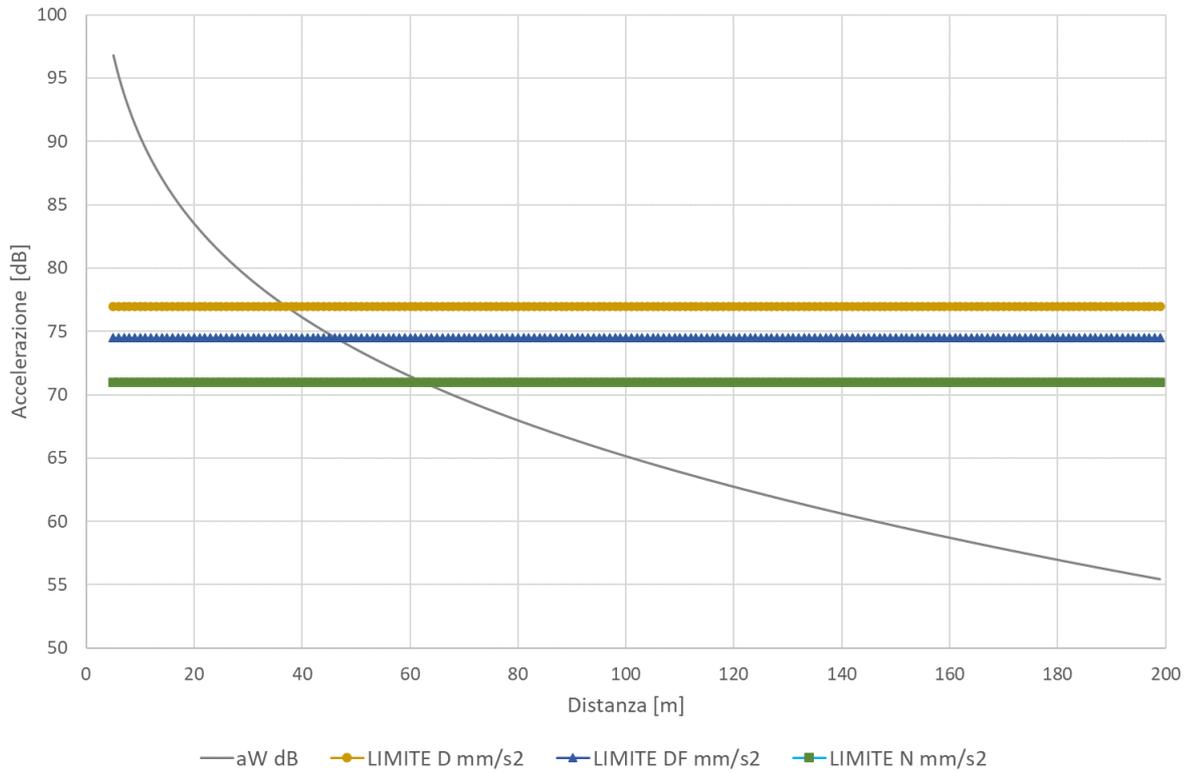
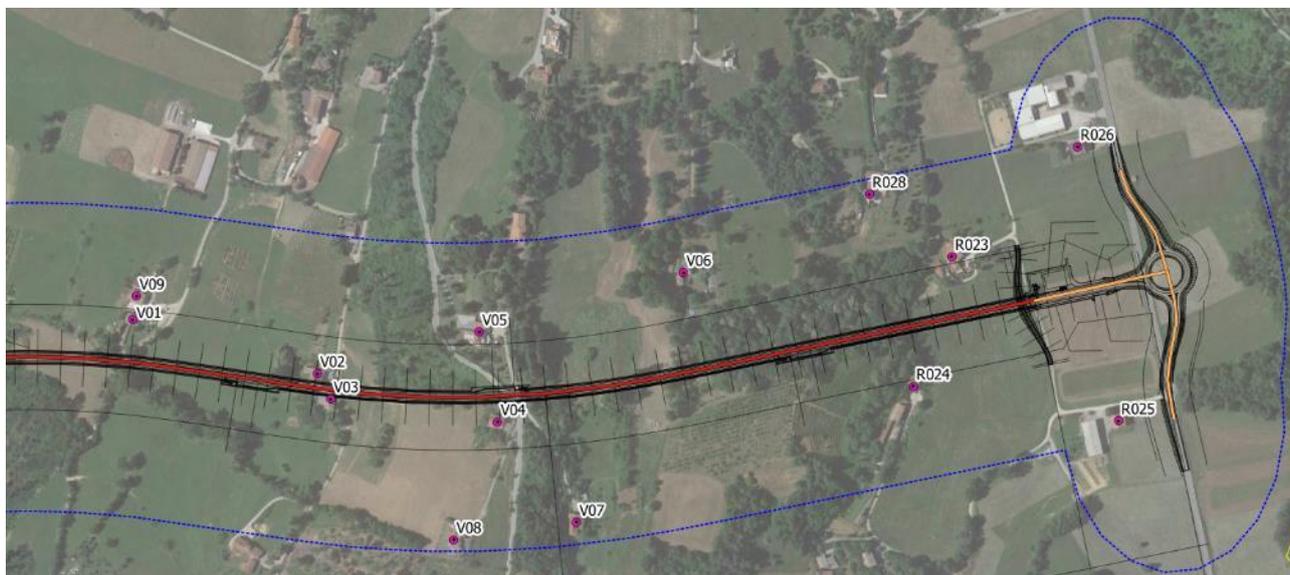
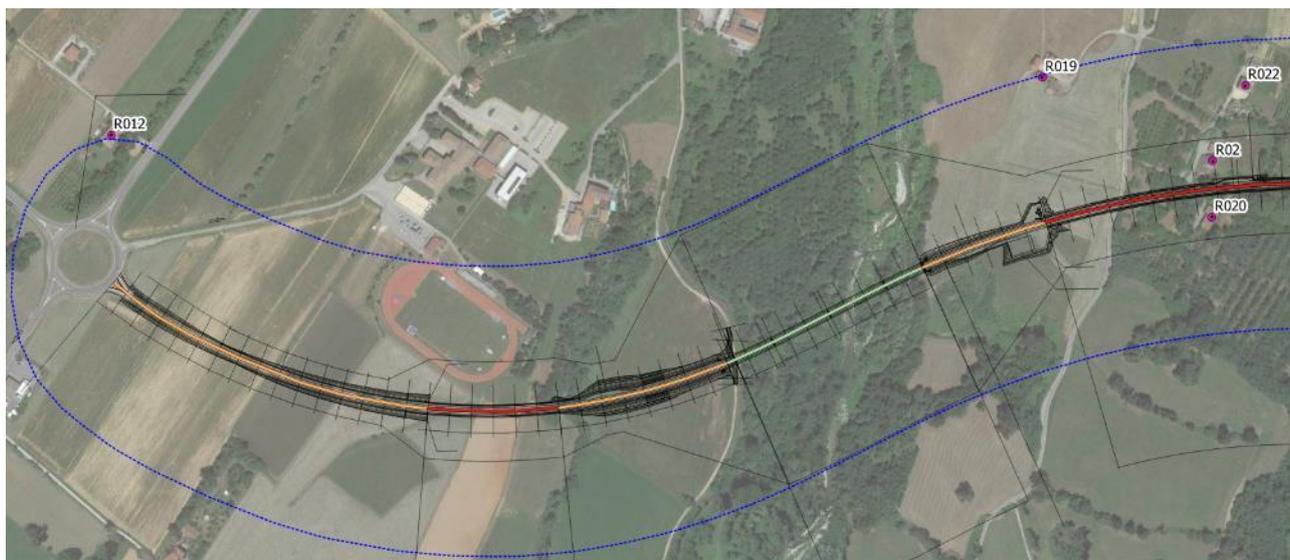


Figura 9: Curva di propagazione per sorgente trivella/perforatrice per pali/berlinesi in profondità

4.4 IDENTIFICAZIONE RICETTORI POTENZIALMENTE DISTURBATI

Alla luce dei calcoli sopraesposti effettuati con ipotesi ampiamente cautelative e considerando in via preliminare il limite diurno, è stato creato un primo buffer di ampiezza complessiva pari a 150 m dal margine esterno del tracciato (circa 140 m dall'asse stradale), all'interno del quale sono stati censiti e identificati i ricettori identificati nelle immagini che seguono. La denominazione degli stessi, che risultano tutti di tipo civile abitativo, coincide con quella assegnata in fase di valutazione previsionale di impatto acustico [7] con l'integrazione dei ricettori posti nell'intorno dei tratti in galleria che sono stati denominati V01-V09 e che saranno oggetto di approfondimento.



TRACCIATO	BUFFER
 GALLERIA	 150 m
 RILEVATO/TRINCEA	 Ricettori civili
 VIADOTTO	 Confini comunali

Figura 10: Buffer e ricettori area tracciato principale

Per quanto riguarda l'asse secondario di Rione Borgato invece si può individuare preliminarmente un buffer massimo di ampiezza 120 m attorno alle aree dove saranno realizzate le spalle del viadotto. Poiché sono presenti numerosi ricettori di tipo abitativo nell'intorno, soprattutto sul lato ovest, si andranno a considerare nel calcolo i ricettori maggiormente prossimi all'area di cantiere riportati nell'immagine seguente. Tali ricettori erano già stati individuati nel corso della valutazione previsionale [7].

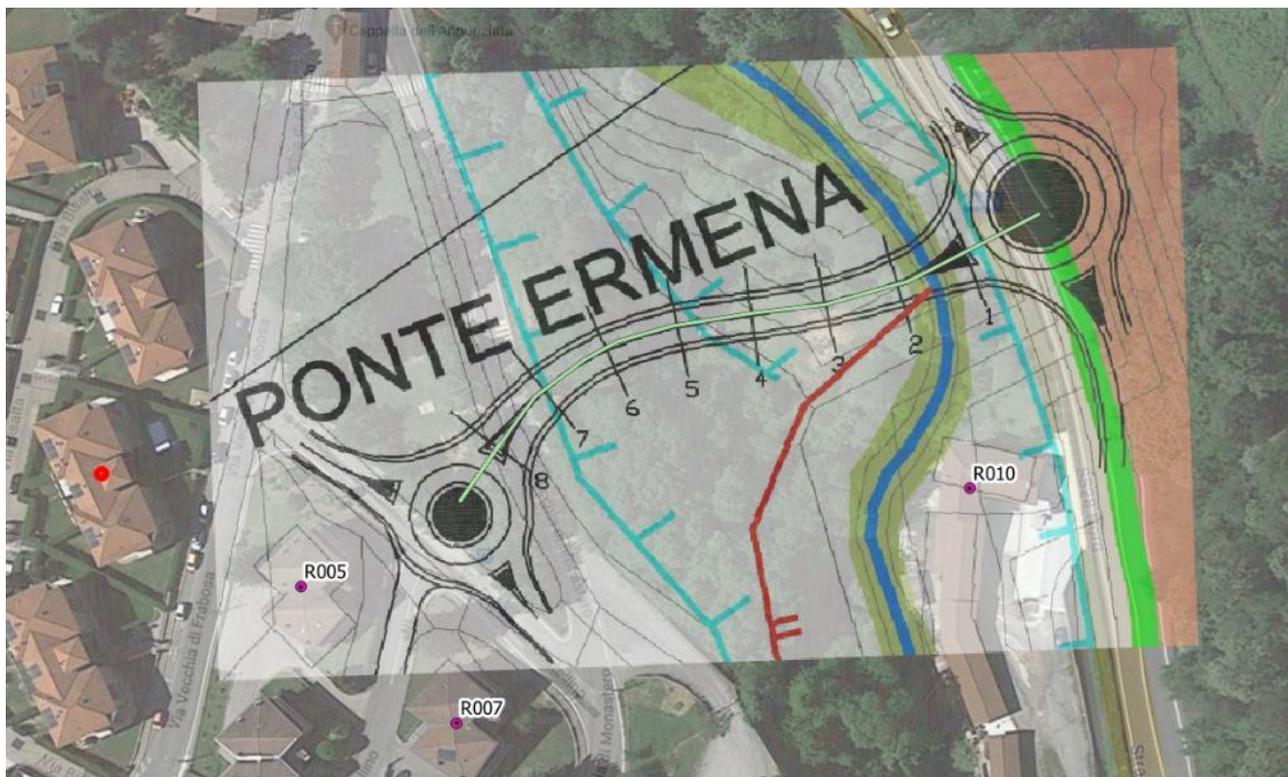
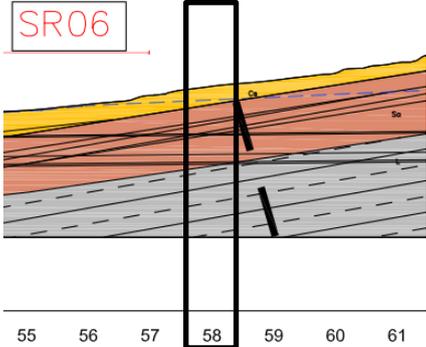


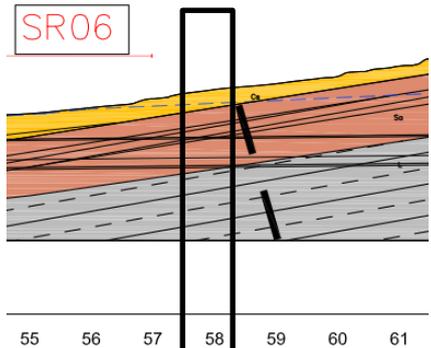
Figura 11: Buffer e ricettori area asse secondario Rione Borgato

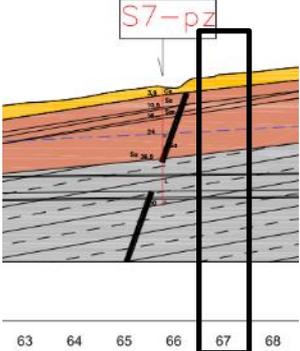
5 DESCRIZIONE DEI RICETTORI INDIVIDUATI

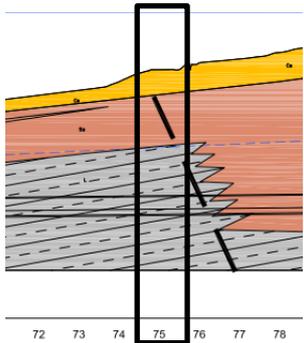
5.1 ASSE PRINCIPALE

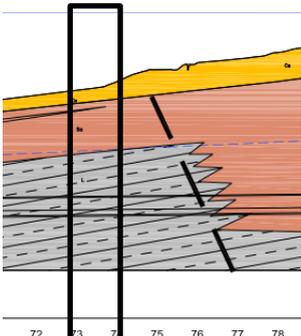
Si riportano nel seguito le schede di identificazione dei ricettori censiti nell'ambito del presente studio di impatto vibrazionale relativamente all'area dell'asse principale ed in prossimità della galleria naturale San Lorenzo. La distanza minima dal fronte cantiere è ottenuta nota la distanza orizzontale da ortofoto e la distanza verticale dalla volta della galleria desunta dai profili geologici [3]. Alla luce dell'analisi delle attività di cantiere maggiormente gravose e dell'avanzamento del fronte dei lavori sono stati esclusi dalla valutazione i ricettori R012-R019-R022-R028 e i ricettori V07-V08 ricadenti all'interno del buffer definito al paragrafo 4.4. La scheda dei ricettori V07-V08 viene comunque riportata per completezza di trattazione.

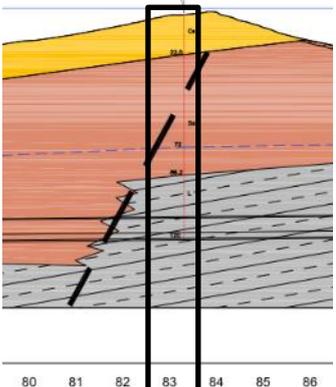
ID	Localizzazione		Fotografia	
R02				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio a due piani fuori terra con struttura in c.a. e muratura	Buono	Ricettore civile abitato	38 m
	Aspetti geologici			
 <p>SR06</p>		<ul style="list-style-type: none">  Ga Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup-Zanclcano). Miocene  Ca Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaioso limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano). DISCORDANZA INTRA MESSINIANA  Sar, Saa, Sa Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argilose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argillosa (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore). DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE  Leq Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequilo (?) (Tortoniano-Serravalliano). 		

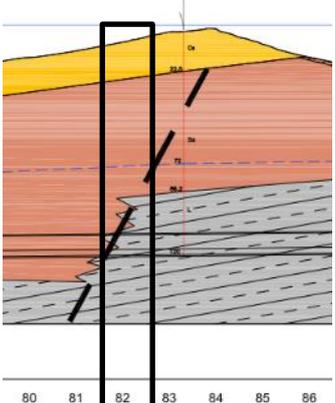
ID	Localizzazione		Fotografia	
R020				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio a due piani fuori terra con struttura in c.a. e muratura	Buono	Ricettore civile abitato	38 m
	Aspetti geologici			
 <p>SR06</p> <p>55 56 57 58 59 60 61</p>		<ul style="list-style-type: none">  Gg Marna e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup-Zanclcano). Miocene  Ca Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaiose limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano). — — DISCORDANZA INTRA MESSINIANA  Sar, Saa, Sa Prevalenti marna sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argilloso (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marna di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore) — — DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE  Lequio Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marna, marna calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequio (?) (Tortoniano-Serravalliano) 		

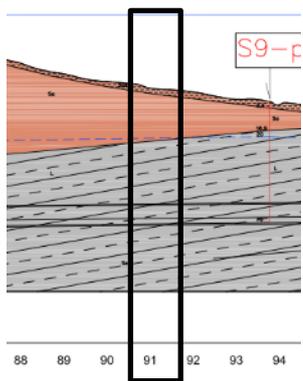
ID	Localizzazione		Fotografia	
V01				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio a due piani fuori terra con struttura in c.a. e muratura	Ottimo	Ricettore civile abitato	68 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Gg Marna e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup.-Zanclano). Miocene  Ca Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaioso limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano). — — DISCORDANZA INTRA MESSINIANA  Sar, Saa Prevalenti marna sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argillose (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenose, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marna di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore). — — DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE  Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marna, marna calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequilo (?) (Tortoniano-Serravalliano) 		

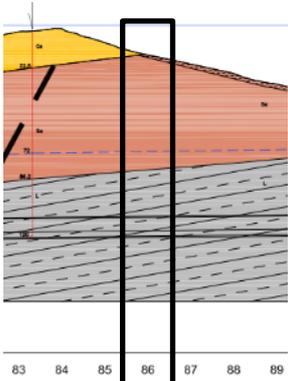
ID	Localizzazione		Fotografia	
V02				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Gruppo di edifici a due piani fuori terra con struttura muratura	L'edificio abitato è ben conservato	Ricettore civile parzialmente abitato	83 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Gd Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup.-Zanclcano). Miocene  Cs Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaioso limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?). (Miocene sup.-Messiniano). --- DISCORDANZA INTRA MESSINIANA  Sar, Saa, Sa Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molusch) con, dove subeffioranti, una coltre di alterazione limoso argilloso (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?). (Tortoniano-Messiniano inferiore) --- DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE  Leq Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequlo (?). (Tortoniano-Serravalliano) 		

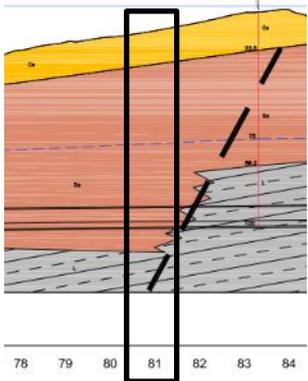
ID	Localizzazione		Fotografia	
V03				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio in pietra a due piani fuori terra	Discreto	Ricettore civile disabitato	83 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Ca Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup-Zanclano). Miocene  Ca Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaioso limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?). (Miocene sup.-Messiniano). --- DISCORDANZA INTRA MESSINIANA  Sar, Saa, Sa Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argilloso (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?). (Tortoniano-Messiniano inferiore). --- DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE  Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequio (?). (Tortoniano-Serravalliano). 		

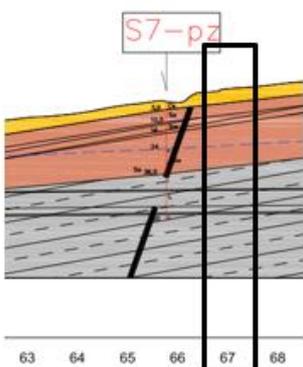
ID	Localizzazione		Fotografia	
V04				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio in muratura a due piani fuori terra	Scadente	Ricettore civile abitato	115 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup-Zanclano). <p>Miocene</p>  Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaiose limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano). <p>DISCORDANZA INTRA MESSINIANA</p>  Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argilloso (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore). <p>DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE</p>  Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequio (?) (Tortoniano-Serravalliano). 		

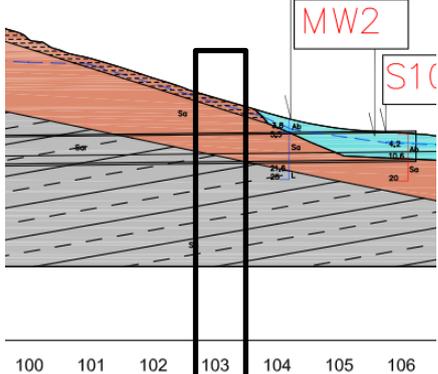
ID	Localizzazione		Fotografia	
V05				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio a tre piani fuori terra in c.a. e muratura	Buono	Ricettore civile abitato	123 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup-Zanclano). Miocene  Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaiose limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano). — — DISCORDANZA INTRA MESSINIANA  Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argilloso (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore). — — DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE  Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequilo (?) (Tortoniano-Serravalliano). 		

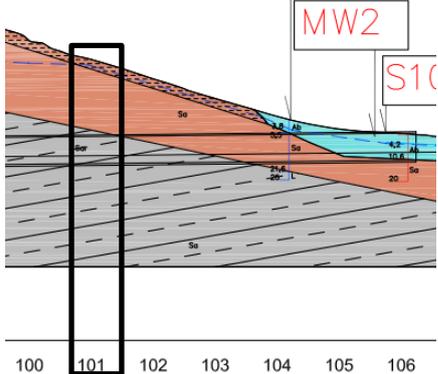
ID	Localizzazione		Fotografia	
V06			N.D.	
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Non è stato possibile accedere al ricettore	N.D.	N.D.	73 m
	Aspetti geologici			
		<p>Ca Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup.-Zanclcano).</p> <p>Miocene</p> <p>Cs Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaioso limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano).</p> <p>— — DISCORDANZA INTRA MESSINIANA</p> <p>Sar, Saa, Sa Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argillosa (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore)</p> <p>— — DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE</p> <p>Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequio (?) (Tortoniano-Serravalliano)</p>		

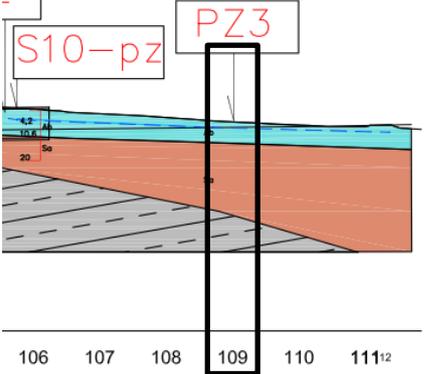
ID	Localizzazione		Fotografia	
V07				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
Edificio a tre piani fuori terra in c.a. e muratura	Buono	Ricettore civile abitato	166 m	
Aspetti geologici				
		<ul style="list-style-type: none">  Ga Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup-Zancleano). Miocene <ul style="list-style-type: none">  Cs Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaioso limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano). --- --- DISCORDANZA INTRA MESSINIANA <ul style="list-style-type: none">  Sar, Saa Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argillosa (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore)  Sa --- --- DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE <ul style="list-style-type: none">  Tortonian Recent Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequio (?) (Tortoniano-Serravalliano) 		

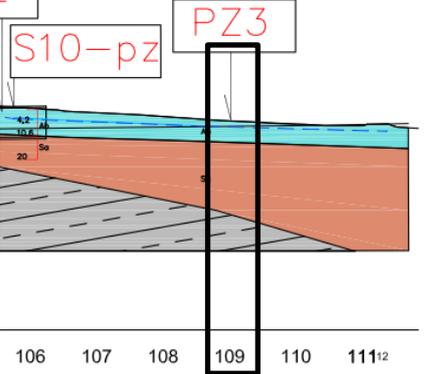
ID	Localizzazione		Fotografia	
V08				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio a due piani fuori terra in c.a. e muratura	Ottimo	Ricettore civile abitato	178 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup-Zanclcano). Miocene  Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaioso limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano). — — DISCORDANZA INTRA MESSINIANA  Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argillosa (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore) — — DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE  Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequio (?) (Tortoniano-Serravalliano) 		

ID	Localizzazione		Fotografia	
V09				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio a tre piani fuori terra con struttura in c.a. e muratura	Buono	Ricettore civile abitato	84 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup-Zanclcano). Miocene  Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaioso limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano). — — DISCORDANZA INTRA MESSINIANA  Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argilloso (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore) — — DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE  Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequio (?) (Tortoniano-Serravalliano) 		

ID	Localizzazione		Fotografia	
R023				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio a due piani fuori terra con struttura in c.a. e muratura	Buono	Ricettore civile abitato	61 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Ga Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup.-Zancleano). Miocene  Cs Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaiose limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano). — — DISCORDANZA INTRA MESSINIANA  Sar, Saa, Sa Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argillosa (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore) — — DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE  Lequilo Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequilo (?) (Tortoniano-Serravalliano) 		

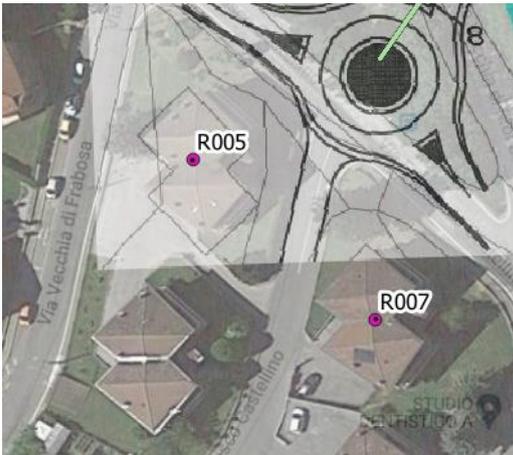
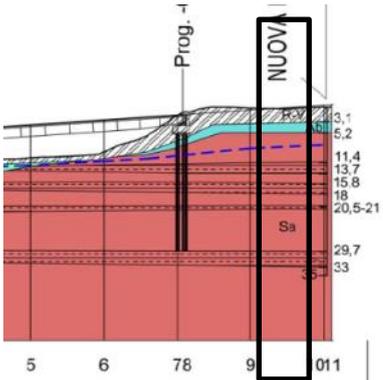
ID	Localizzazione		Fotografia	
R024				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio a due piani fuori terra con struttura in c.a. e muratura	Discreto	Ricettore civile abitato	70 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup.-Zanclcano). Miocene  Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaioso limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano). DISCORDANZA INTRA MESSINIANA  Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argillosa (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore) DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE  Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequio (?) (Tortoniano-Serravalliano) 		

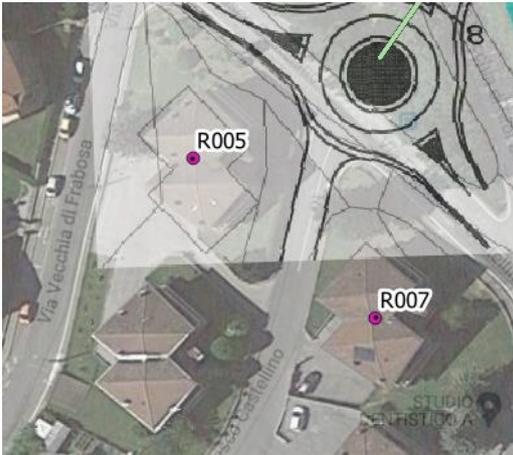
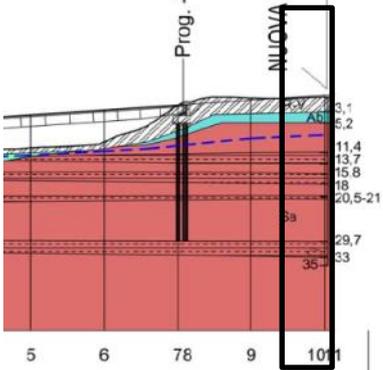
ID	Localizzazione		Fotografia	
R025				
	<p>Descrizione</p>	<p>Stato immobile</p>	<p>Tipologia</p>	<p>Distanza minima fronte cantiere</p>
<p>Edificio a tre piani fuori terra con struttura in c.a. e muratura</p>		<p>Discreto</p>	<p>Ricettore civile abitato</p>	<p>50 m</p>
Aspetti geologici				
		<ul style="list-style-type: none">  Ga Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup-Zancleano). Miocene  Cs Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaiose limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano). — — DISCORDANZA INTRA MESSINIANA  Sar, Saa, Sa Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argillosa (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore) — — DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE  Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequilo (?) (Tortoniano-Serravalliano) 		
<p>106 107 108 109 110 111¹²</p>				

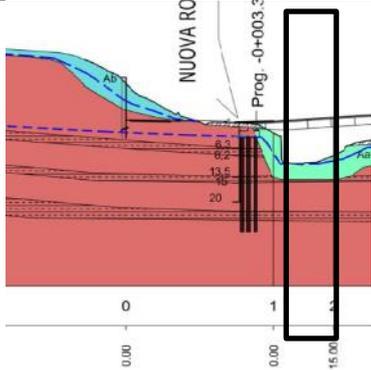
ID	Localizzazione		Fotografia	
R026				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio a quattro piani fuori terra con struttura in c.a. e muratura	Buono	Ricettore civile abitato	50 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Ga Marne e argille marnose grigio cenere o grigio azzurre con possibili e subordinati orizzonti sabbiosi. Formazione delle Argille grigio azzurre (Pliocene sup.-Zancleano). Miocene  Cs Alternanza irregolare di limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie ghiaioso limose inglobanti blocchi prevalentemente quarzoarenitici. Formazione di Cassano Spinola (?) (Miocene sup.-Messiniano). — — DISCORDANZA INTRA MESSINIANA  Sar_Saa Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi) con, dove subaffioranti, una coltre di alterazione limoso argillosa (Saa). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore) — — DISCORDANZA TORTONIANO RECENTE  Lequilo Alternanze di prevalenti arenarie variamente cementate, marne, marne calcaree, conglomerati, calcari e quarziti di colore grigio. Formazione di Lequilo (?) (Tortoniano-Serravalliano) 		

5.2 ASSE SECONDARIO – RIONE BORGATO

Si riportano nel seguito le schede di identificazione dei ricettori censiti relativamente all'area dell'asse secondario di Rione Borgato ritenuti maggiormente rappresentativi del potenziale disturbo vibrazionale indotto dalle attività di cantiere. La distanza minima dal fronte cantiere è ottenuta nota la distanza orizzontale da ortofoto e la distanza verticale dalla volta della galleria desunta dai profili geologici [4].

ID	Localizzazione		Fotografia	
R05				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio a tre piani fuori terra con struttura in c.a. e muratura	Buono	Ricettore civile abitato	56 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Terreno vegetale o materiale di riporto eterogeneo  Ac Ghiaie grossolane sabbiose e sabbioso limose con presenza di ciottoli e massi arrotondati. Depositi alluvionali degli alvei attuali e dei terrazzi poco sospesi. (Olocene)  Ab Ghiaie, sabbie limose e limi sabbiosi con debole copertura di suolo agrario. Depositi alluvionali della pianura principale e dei piani terrazzati (Wurmiano-Olocene). --- DISCORDANZA INTRA ZANCLEANA --- DISCORDANZA INTRA MESSINIANA Miocene  Sar Sa Prevalenti marni sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marni di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore) 		

ID	Localizzazione		Fotografia	
R07				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio a tre piani fuori terra con struttura in c.a. e muratura	Buono	Ricettore civile abitato	62 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Terreno vegetale o materiale di riporto eterogeneo  Ghiaie grossolane sabbiose e sabbioso limose con presenza di ciottoli e massi arrotondati. Depositi alluvionali degli alvei attuali e dei terrazzi poco sospesi. (Olocene)  Ghiaie, sabbie limose e limi sabbiosi con debole copertura di suolo agrario. Depositi alluvionali della pianura principale e dei piani terrazzati (Wurmiano-Olocene). --- DISCORDANZA INTRA ZANCLEANA --- DISCORDANZA INTRA MESSINIANA Miocene <ul style="list-style-type: none">  Sar  Sa <p>Prevalenti marni sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marni di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore)</p>		

ID	Localizzazione		Fotografia	
R010				
	Descrizione	Stato immobile	Tipologia	Distanza minima fronte cantiere
	Edificio a due piani fuori terra con struttura in c.a. e muratura	Buono	Ricettore civile abitato	51 m
	Aspetti geologici			
		<ul style="list-style-type: none">  Terreno vegetale o materiale di riporto eterogeneo  Ghiaie grossolane sabbiose e sabbioso limose con presenza di ciottoli e massi arrotondati. Depositi alluvionali degli alvei attuali e dei terrazzi poco sospesi. (Olocene)  Ghiaie, sabbie limose e limi sabbiosi con debole copertura di suolo agrario. Depositi alluvionali della pianura principale e dei piani terrazzati (Wurmiano-Olocene). --- DISCORDANZA INTRA ZANCLEANA --- DISCORDANZA INTRA MESSINIANA Miocene  Prevalenti marne sabbiose grigie più o meno argillose di ambiente marino, localmente fossilifere (molluschi). Includono subordinate intercalazioni arenacee, conglomeratiche o calcaree (Sar). Formazione delle Marne di S. Agata Fossili (?) (Tortoniano-Messiniano inferiore) 		

6 RILIEVI VIBRAZIONALI ANTE OPERAM

Allo scopo di determinare i livelli vibrazionali ante operam presso i ricettori potenzialmente più esposti alle vibrazioni generate dalle attività di cantiere sono state eseguite alcune misurazioni presso gli stessi in data 18/11/2022. La strumentazione utilizzata per la misurazione è costituita da fono – vibrometro SVANTEK, modello 958A matricola 92301 equipaggiato con accelerometro triassiale DYTRAN tipo 3233A matricola 1131 sensibilità 100 mV/ms².

Le caratteristiche metrologiche del sistema di acquisizione e della catena di misura risulta conforme ai requisiti della UNI EN ISO 8041-1 e permette di implementare lo schema di elaborazione previsto al punto 8 della UNI 9614:2017. I certificati di taratura della strumentazione sono riportati in allegato alla presente valutazione.

La time history di misura è stata acquisita con tempo di campionamento pari a 100 ms per ciascun asse di misura e sono stati acquisiti anche gli spettri in bande di 1/3 ottava. L'accelerometro è stato posizionato con l'asse z posizionato in direzione verticale e piano xy parallelo ai lati degli edifici oggetto di indagine.

Allo stato attuale non sono presenti sorgenti vibrazionali significative nell'ambito del territorio attraversato dall'asse principale e dall'asse secondario a Rione Borgato. Si possono annoverare le saltuarie attività agricole con movimento terra, infissione di pali o funzionali alle opere idrauliche e il traffico veicolare lungo la S.P. n. 5 e la S.S. n. 28. A circa 250 m dall'ambito di interesse di Rione Borgato è presente un insediamento industriale (S.I.C.M.A.), la cui influenza presso le aree di indagine risulta trascurabile.

6.1 RILIEVI ANTE OPERAM ASSE PRINCIPALE

Si riportano nel seguito i risultati dei rilievi vibrazionali ante operam eseguiti nelle posizioni indicate nella figura sottostante ed espressi in termini di accelerazione ponderata massima totale:

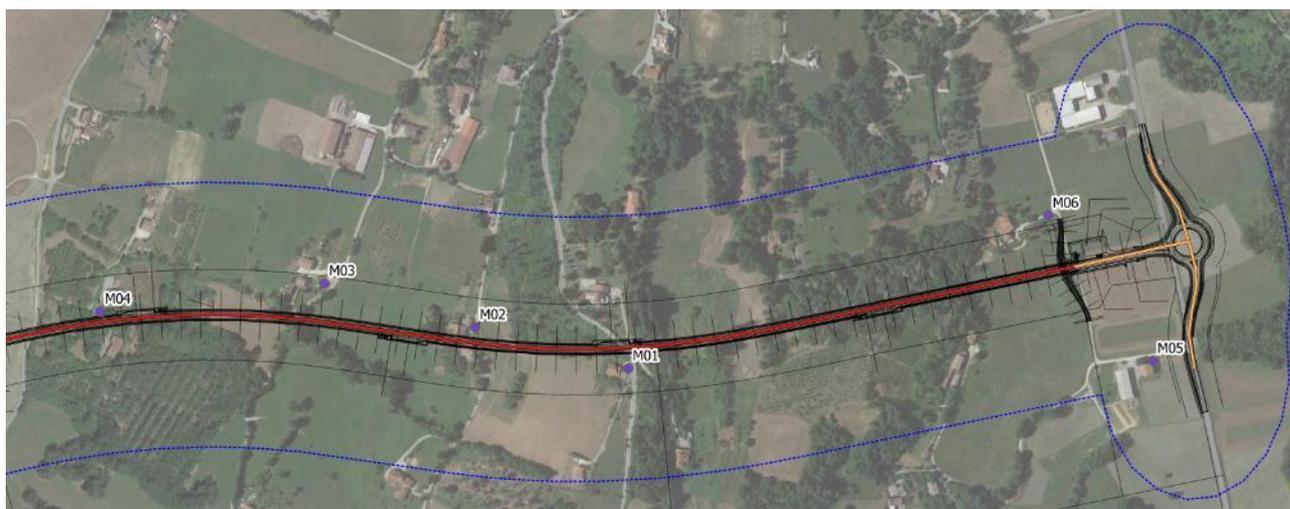
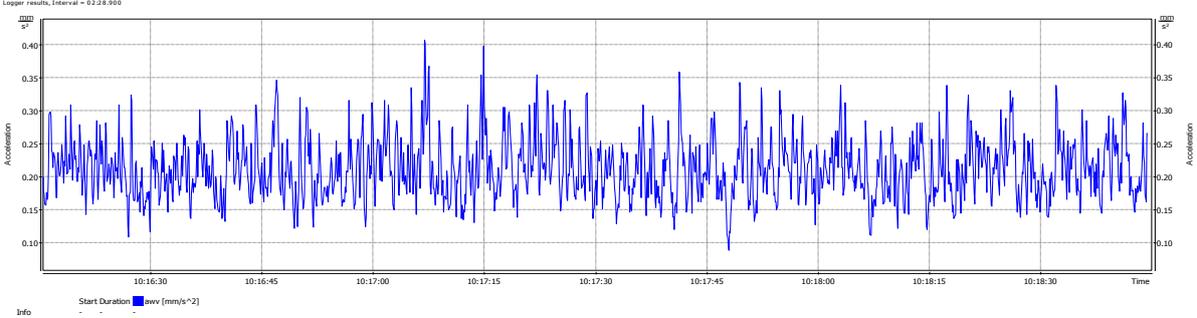
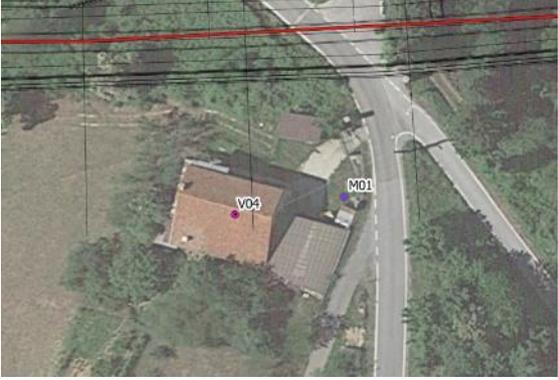
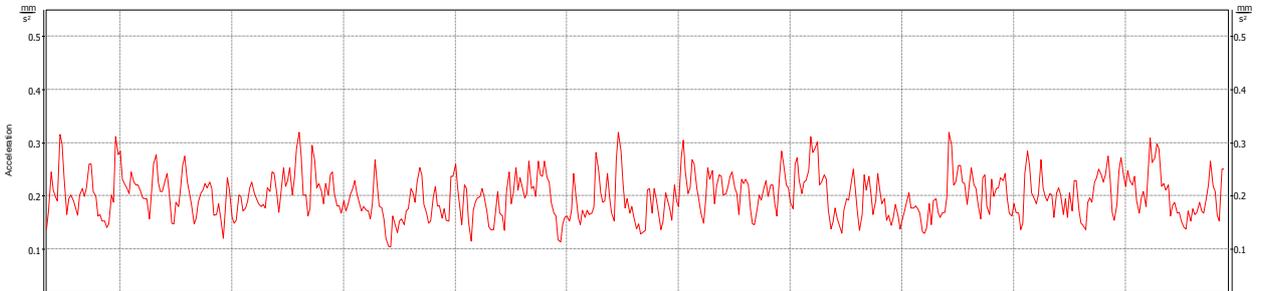
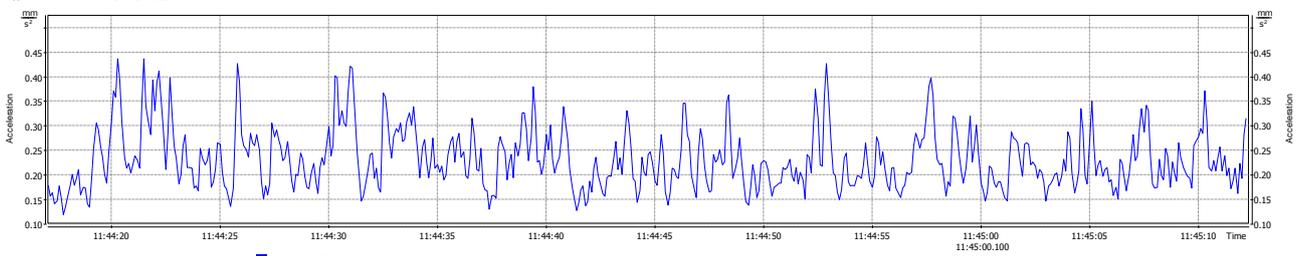
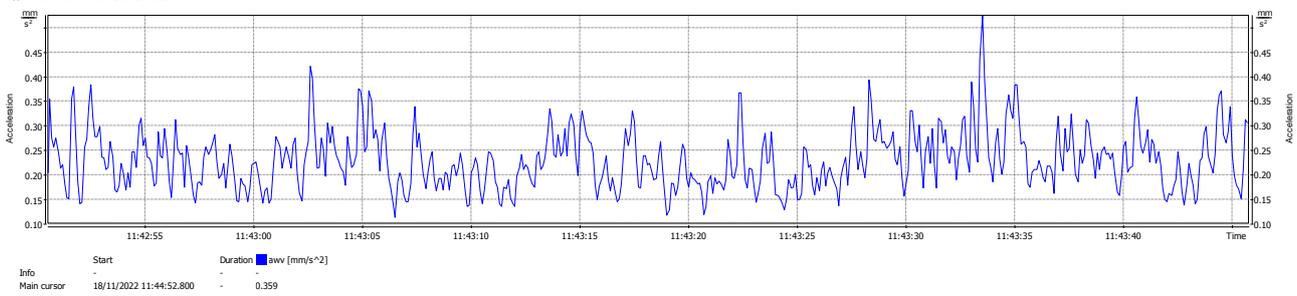
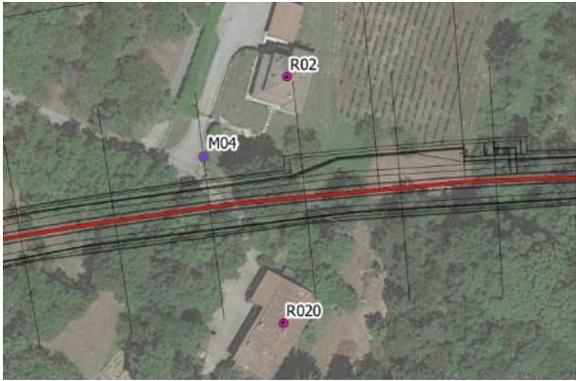


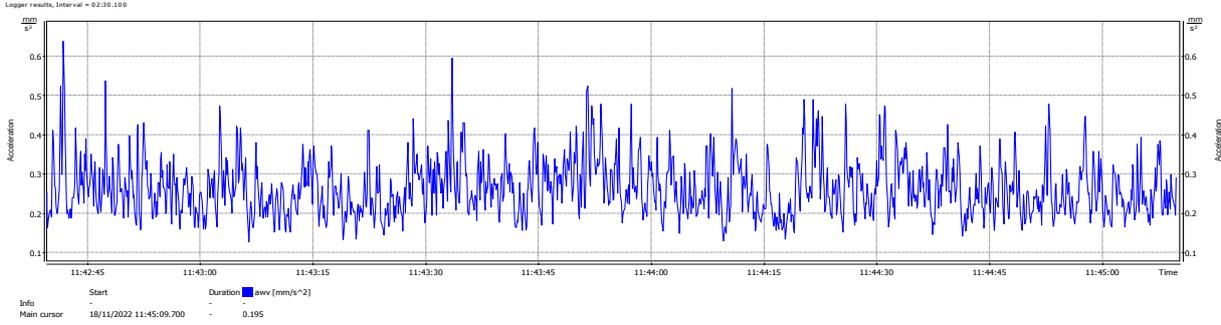
Figura 12: Posizioni di rilievo vibrazionale ante operam area tracciato principale

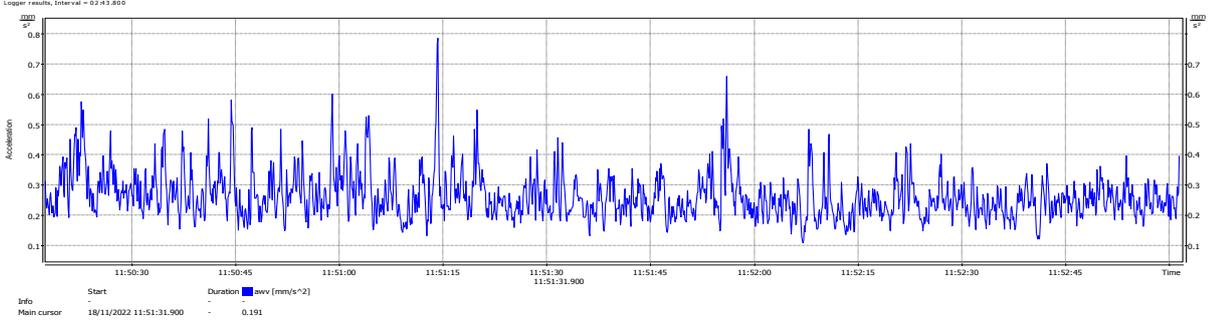
Area	ID misura	Giorno
Asse principale	M01	18/11/2022
 <p>Logger results, Interval = 52.238.950</p> <p>Start Duration [mm/s²]</p> <p>Info</p>		
		
Descrizione	a_w, \max	
Misura eseguita in prossimità del ricevitore V04. Nessun transito di veicoli nel corso della misura. Lavorazioni agricole nei dintorni.	0.39 mm/s²	51.8 dB

Area	ID misura	Giorno	
Asse principale	M02	18/11/2022	
<p>Logger results, Interval = 52.700, pixels per sample = 3</p> 			
			
Descrizione	$a_{w,max}$		
Misura eseguita in prossimità dei ricettori V02-V03. Nessun transito di veicoli nel corso della misura. Lavorazioni agricole nei dintorni.	0.32 mm/s²	50.1 dB	

Area	ID misura	Giorno	
Asse principale	M03	18/11/2022	
 <p>Logger results, Interval = 55 s, pixels per sample = 3</p> <p>Start: 18/11/2022 11:45:00.100 Duration: 0.168 Main cursor: 18/11/2022 11:45:00.100</p>			
			
Descrizione	$a_{w,max}$		
Misura eseguita in prossimità dei ricettori V02-V03. Nessun transito di veicoli nel corso della misura. Lavorazioni agricole nei dintorni.	0.42 mm/s²	52.5 dB	

Area	ID misura	Giorno
Asse principale	M04	18/11/2022
<p>Logger results, Interval = 55 s, pixels per sample = 3</p>  <p>Start: 11:42:55 Duration: 0.359 [mm/s²] Info: Main cursor: 18/11/2022 11:44:52.800</p>		
		
Descrizione	a _{w,max}	
Misura eseguita in prossimità dei ricettori V02-V03. Nessun transito di veicoli nel corso della misura. Lavorazioni agricole nei dintorni.	0.53 mm/s²	54.5 dB

Area	ID misura	Giorno
Asse principale	M05	18/11/2022
 <p>Logger results, Interval = 0.230 100</p> <p>Start: 18/11/2022 11:45:09.700 Duration: 0.195 Main cursor: 18/11/2022 11:45:09.700</p>		
		
Descrizione	$a_{w,max}$	
Misura eseguita in prossimità del ricettore R025. Traffico su S.S. n. 28 in lontananza.	0.32 mm/s²	50.1 dB

Area	ID misura	Giorno		
Asse principale	M06	18/11/2022		
				
				
Descrizione		$a_{w,max}$		
Misura eseguita in prossimità del ricettore R023. Traffico su S.S. n. 28 in lontananza.		<table border="1"> <tr> <td>0.78 mm/s²</td> <td>57.8 dB</td> </tr> </table>	0.78 mm/s²	57.8 dB
0.78 mm/s²	57.8 dB			

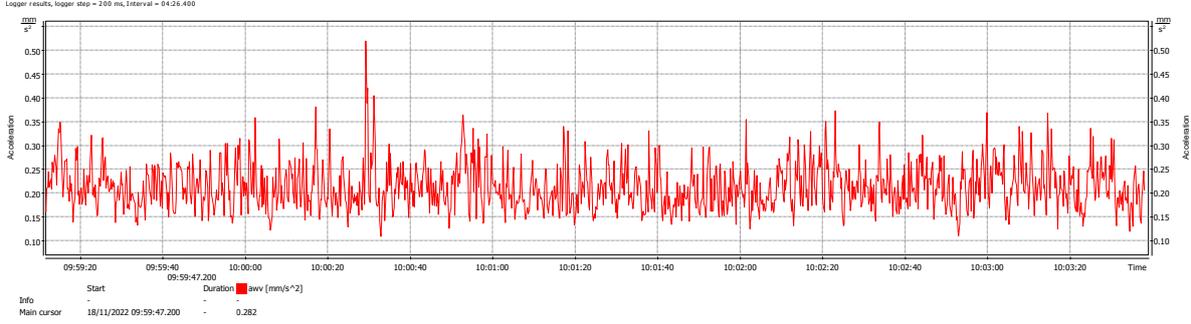
6.2 RILIEVI ANTE OPERAM ASSE SECONDARIO RIONE BORGATO

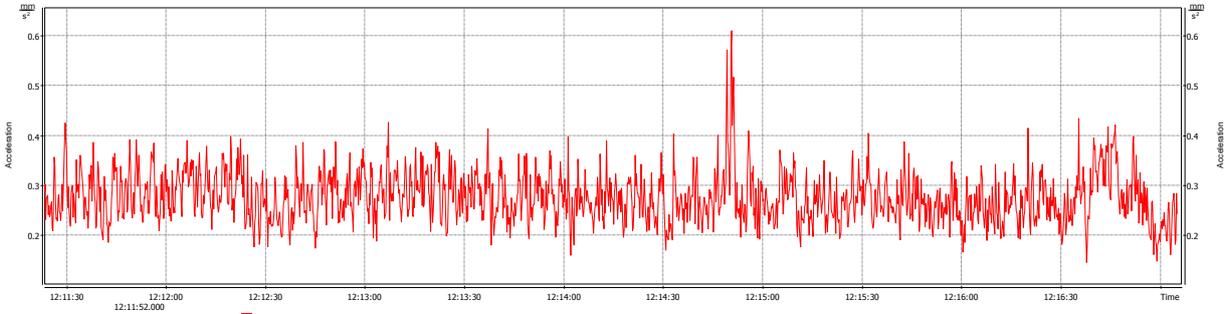
Si riportano nel seguito i risultati dei rilievi vibrazionali ante operam eseguiti nelle posizioni indicate nella figura sottostante ed espressi in termini di accelerazione ponderata massima totale:



Figura 13: Posizioni di rilievo vibrazionale ante operam area Rione Borgato

Area	ID misura	Giorno
Rione Borgato	M11	18/11/2022
Descrizione		a_w, max
Misura eseguita in prossimità della Cappella dell'Annunziata. Traffico leggero con qualche transito di autocarro su via vecchia di Frabosa.		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">0.85 mm/s²</div> <div style="text-align: center;">58.6 dB</div> </div>

Area	ID misura	Giorno
Rione Borgato	M12	18/11/2022
 <p>Logger results, logger step = 200 ms, Interval = 6425.400</p> <p>Start: 09:59:47.200, Duration: 0.282 [mm/s²]</p> <p>Main cursor: 18/11/2022 09:59:47.200, 0.282</p>		
		
Descrizione	a _w ,max	
Misura eseguita in prossimità del ricettore R007. Transito di veicoli leggeri sulla viabilità locale.	0.56 mm/s²	54.9 dB

Area	ID misura	Giorno
Rione Borgato	M13	18/11/2022
 <p>Logger results, logger step = 200 ms, Interval = 05:41.600</p> <p>Info Start 12:11:52.000 Main cursor 18/11/2022 12:11:52.000 Duration a_{wv} (mm/s²) 0.282</p>		
		
Descrizione	$a_{w,max}$	
Misura eseguita in prossimità del ricevitore R010. Transito di veicoli leggeri e pesanti su S.S. 28.	0.62 mm/s²	55.8 dB

7 TARATURA DEL MODELLO

La taratura del modello di calcolo mira a validare il modello di propagazione descritto al capitolo 0 e si basa su alcuni rilievi vibrazionali eseguiti nel corso di precedenti valutazioni nell'ambito di un cantiere stradale. La procedura di taratura è consistita di un rilievo accelerometrico eseguito a una distanza di 10 m dalla sorgente vibrazionale (escavatore).



Figura 14: posizione di misura vibrazionale effettuata a 10 m dalla sorgente

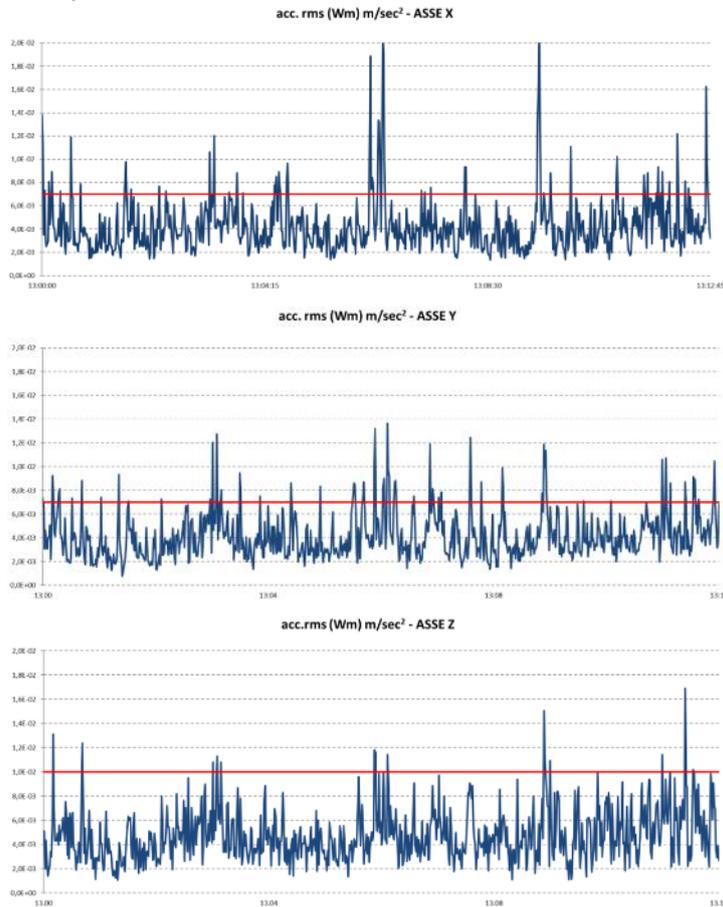


Figura 15: Valori rms da rilievo vibrazionale lungo gli assi x, y, z

Si riportano i dati ottenuti in termini di accelerazione *rms* sui tre assi con ponderazione *Wm* ed il valore complessivo:

Tabella 8: Sintesi del risultato del rilievo a 10 m dalla sorgente vibrazionale

Asse	Livello di accelerazione [dB]
$a_{w,x}$	73.8
$a_{w,y}$	73.3
$a_{w,z}$	74.4
$a_{w,tot}$	78.6

Tramite l'applicazione del modello di propagazione descritto al capitolo 0 relativo ad onde superficiali (parametro $n=0.5$), inserendo come input al modello i livelli vibrazionali associati all'escavatore e considerando un rapporto η/c pari a 1×10^{-5} , si ottiene la curva di propagazione riportata in Figura 16.

Tabella 9: Dati di input

DESCRIZIONE	ASSE	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	Hz	
Escavatore cingolato	Z	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	1.0	1.9	9.9	13.3	16.8	12.6	12.0	28.8	51.9	8.4	mm/s	
		50	46	46	42	46	48	48	48	49	50	60	65	80	83	85	82	82	89	94	78	dB	
	X	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	1.5	7.9	10.7	13.4	10.1	9.6	23.1	41.5	6.7	mm/s
		48	44	44	40	44	46	46	46	47	48	58	64	78	81	83	80	80	87	92	77	dB	
	Y	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	1.5	7.9	10.7	13.4	10.1	9.6	23.1	41.5	6.7	mm/s
		48	44	44	40	44	46	46	46	47	48	58	64	78	81	83	80	80	87	92	77	dB	

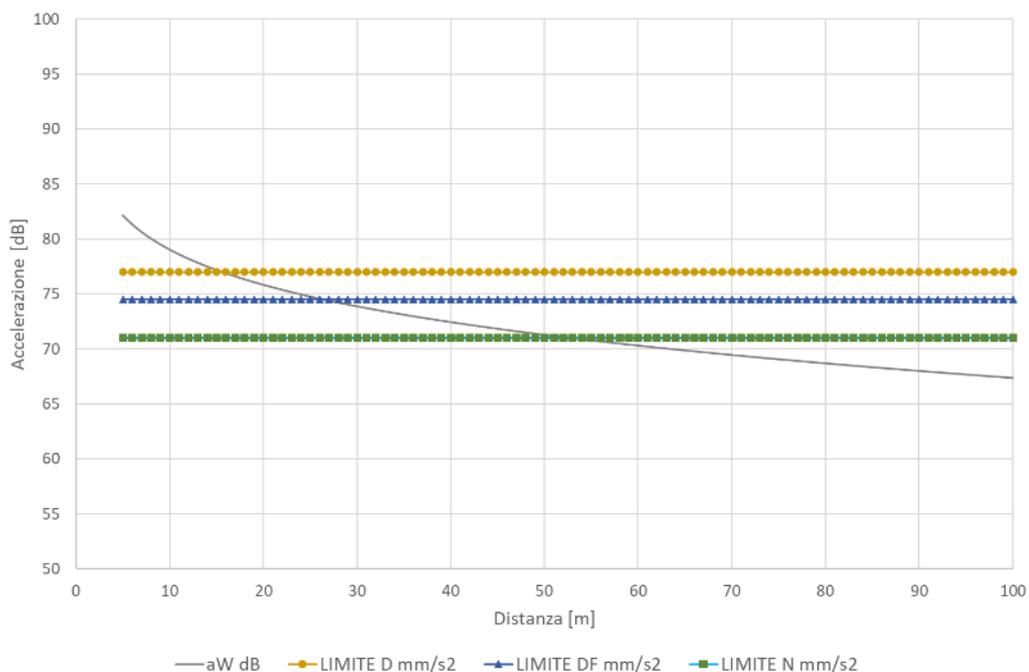


Figura 16: Curva di propagazione del modello di taratura

Il corrispondente livello vibrazionale a 10 m viene riportato nella tabella che segue:

Tabella 10: Dati di input

Parametro	Livello di accelerazione misurato [dB]	Livello di accelerazione calcolato [dB]	Differenza [dB]
$a_{w,tot}$	78.8	79.0	0.2

Alla luce dei risultati sopraesposti si riscontra una buona aderenza tra livelli misurati e livelli stimati dal modello, con uno scostamento di 0.2 dB.

Si ricorda tuttavia che l'eterogeneità della natura dei suoli, la presenza di singolarità quali sottoservizi, condotti fognari, oltre che l'eventuale presenza di falde acquifere, può comportare diversi fenomeni di variazione delle condizioni di propagazione, con livelli vibrazionali reali che potrebbero differire significativamente rispetto a quelli misurati, soprattutto all'interno degli edifici. Si rimanda pertanto per un affinamento del modello di calcolo all'esecuzione di monitoraggi in corso d'opera.

8 CALCOLO PREVISIONALE

Vengono presentati nel seguito i calcoli previsionali vibrazionali presso i ricettori censiti e maggiormente esposti espressi in termini di accelerazione ponderata totale massima in dB. Per quanto riguarda l'asse principale, gli scenari ipotizzati sulla base delle sorgenti individuate al paragrafo 4.1 e sulle indicazioni derivanti dalla documentazione di progetto si concentrano sulle fasi di escavo della galleria San Lorenzo con eventuale impiego di martello demolitore e nella realizzazione delle palificate presso le aree di imbocco e sbocco della galleria stessa dove è minore il ricoprimento e dunque la distanza sorgente-ricettore. Gli scenari presentati fanno riferimento alle fasi 2-3-4 [8] e prevedono:

1. Martello demolitore in galleria
2. Rullo compattatore vibrante in galleria/in superficie
3. Trivellatrice per realizzazione pali presso imbocco/sbocco galleria

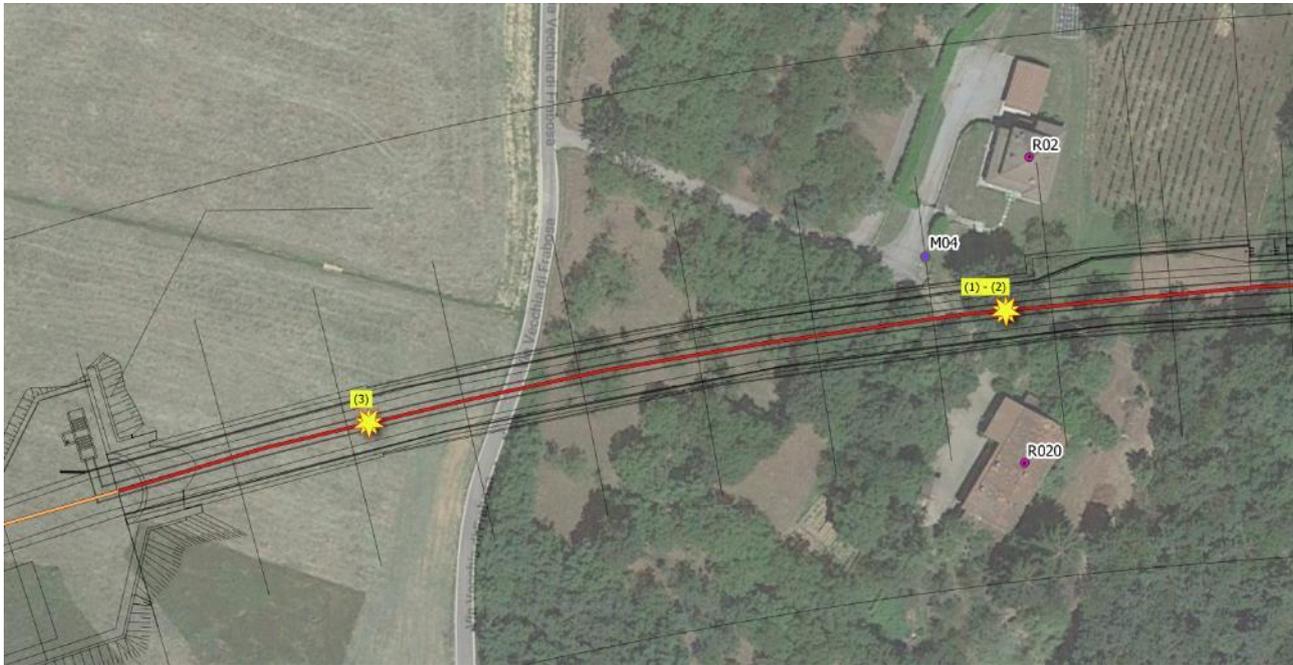
Ciascuna scheda descrittiva riporta la planimetria con indicazione della posizione delle sorgenti e dei ricettori, le distanze e i parametri utilizzati nel calcolo relativamente a tipo di suolo e tipo di propagazione. Viene proposto infine il confronto con il valore limite di riferimento ipotizzato in questa fase relativo al periodo diurno feriale secondo la norma UNI 9614.

Per quanto riguarda la realizzazione dell'asse secondario a Rione Borgato invece l'analisi si concentra sulle fasi di realizzazione delle fondazioni speciali in prossimità delle spalle ovest ed est del viadotto sul fiume Ellero. Gli scenari presentati fanno riferimento alle fasi di cantiere 6-7 Rione Borgato [8] e distinguono tra sono:

4. Realizzazione di fondazioni speciali presso spalla B in superficie (tra 0 e -5 m) /profondità (> 5 m)
5. Realizzazione di fondazioni speciali presso spalla A in superficie (tra 0 e -5 m) /profondità (> 5 m)

I livelli di vibrazione riportati sono depurati del livello di vibrazione residua rilevato nei diversi punti di misura riportati al capitolo 6 e associato ai vari ricettori calcolati.

8.1 ASSE PRINCIPALE

Ricettori R02-R020			
			
Distanze sorgenti-ricettori per ciascun scenario (m)			
Ricettore	(1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria	(3) – Trivellatrice per realizzazione pali imbocco galleria
R02	38	38	152
R020	38	38	140
Parametri utilizzati nell'equazione di propagazione			
Parametro	(1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria	(3) – Trivellatrice per realizzazione pali imbocco galleria
n	1	1	0.5
η/c	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}
Risultati del calcolo			
Ricettore	1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria	(3) – Trivellatrice per realizzazione pali imbocco galleria
R02	76.7	76.7	74.3
R020	76.7	76.7	75.1
Note			
<p>Il valore limite diurno previsto dalla norma UNI 9614 (77 dB – 7.2 mm/s²) risulta rispettato per tutti gli scenari analizzati. Il limite diurno festivo (74.5 dB) risulta rispettato solamente per la lavorazione (3) presso il ricettore R02. Il limite notturno risulta potenzialmente sempre superato.</p>			

Ricettori V01-V09



Distanze sorgenti-ricettori per ciascun scenario (m)

Ricettore	(1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria
V01	68	68
V09	83	83

Parametri utilizzati nell'equazione di propagazione

Parametro	(1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria
n	1	1
η/c	6×10^{-5}	6×10^{-5}

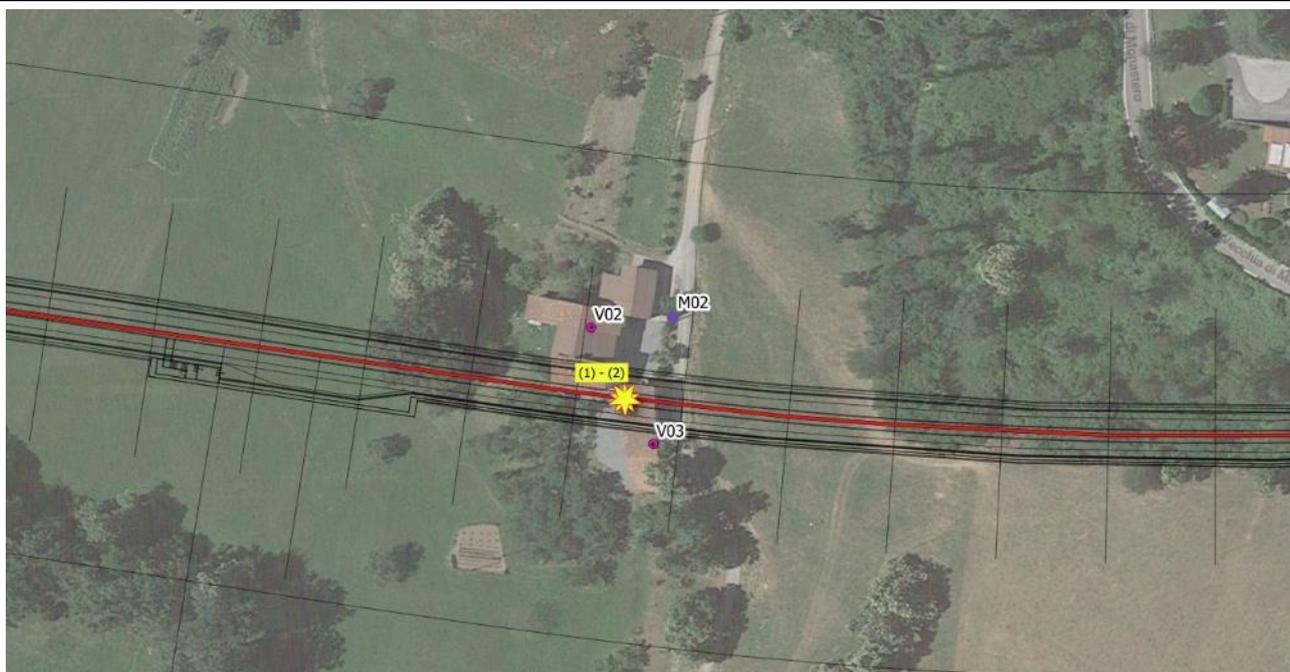
Risultati del calcolo

Ricettore	1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria
V01	71.3	71.1
V09	69.0	68.6

Note

Il valore limite diurno previsto dalla norma UNI 9614 (77 dB – 7.2 mm/s²) e il limite diurno festivo (74.5 dB) risulta rispettato per tutti gli scenari analizzati. Il limite notturno risulta invece di poco superato di soli 0.1 dB presso il ricettore V01.

Ricettori V02-V03



Distanze sorgenti-ricettori per ciascun scenario (m)

Ricettore	(1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria
V02	83	83
V03	83	83

Parametri utilizzati nell'equazione di propagazione

Parametro	(1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria
n	1	1
η/c	6×10^{-5}	6×10^{-5}

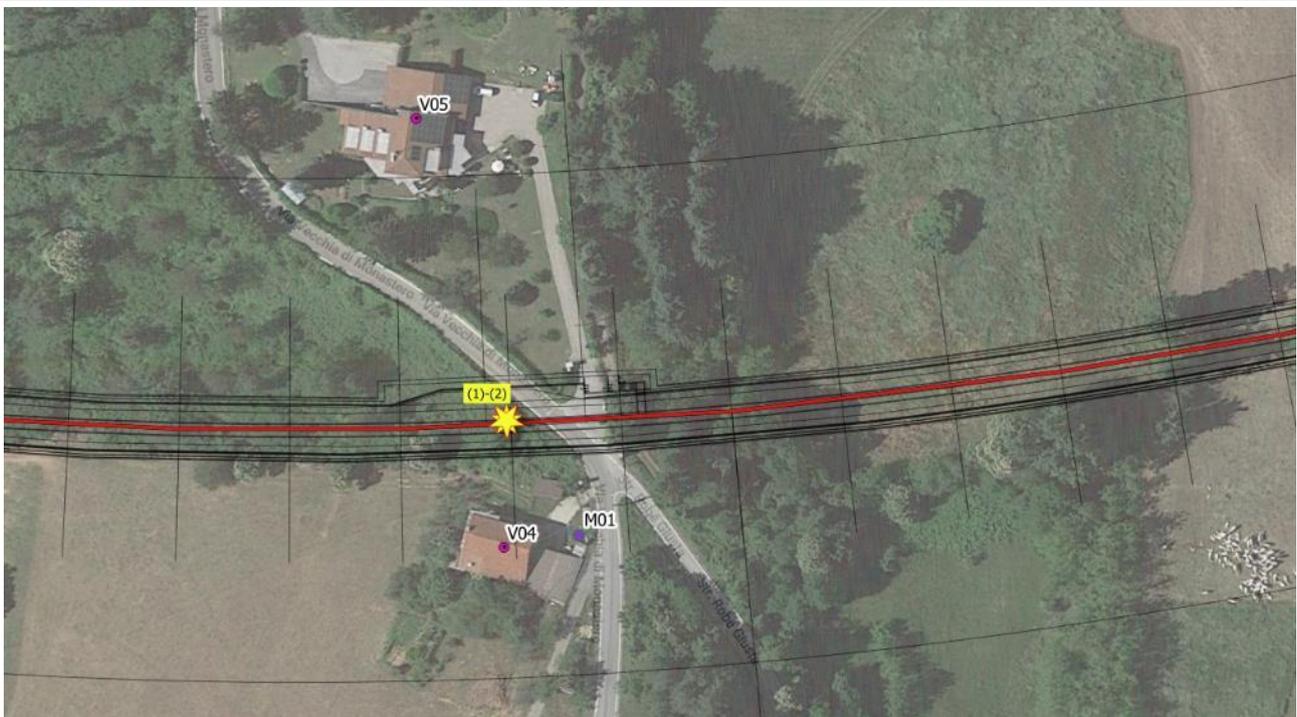
Risultati del calcolo

Ricettore	1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria
V02	69.0	68.6
V03	69.0	68.6

Note

Il valore limite diurno previsto dalla norma UNI 9614 ($77 \text{ dB} - 7.2 \text{ mm/s}^2$) risulta rispettato per tutti gli scenari analizzati. Le lavorazioni comportano anche il rispetto del limite diurno festivo e notturno.

Ricettori V04-V05



Distanze sorgenti-ricettori per ciascun scenario (m)

Ricettore	(1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria
V04	115	123
V05	115	123

Parametri utilizzati nell'equazione di propagazione

Parametro	(1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria
n	1	1
η/c	6×10^{-6}	6×10^{-6}

Risultati del calcolo

Ricettore	1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria
V04	68.9	69.9
V05	68.3	69.2

Note

Il valore limite diurno previsto dalla norma UNI 9614 (77 dB – 7.2 mm/s²) risulta rispettato per tutti gli scenari analizzati. Le lavorazioni comportano anche il rispetto del limite diurno festivo e notturno.

Ricettore V06



Distanze sorgenti-ricettori per ciascun scenario (m)

Ricettore	(1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria
V06	119	119

Parametri utilizzati nell'equazione di propagazione

Parametro	(1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria
n	1	1
η/c	6×10^{-6}	6×10^{-6}

Risultati del calcolo

Ricettore	1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria
V06	68.6	69.5

Note

Il valore limite diurno previsto dalla norma UNI 9614 (77 dB – 7.2 mm/s²) risulta rispettato per tutti gli scenari analizzati. Le lavorazioni comportano anche il rispetto del limite diurno festivo e notturno.

Ricettori R023-R024



Distanze sorgenti-ricettori per ciascun scenario (m)

Ricettore	(1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria	(3) – Trivellatrice per realizzazione pali sbocco galleria
R023	61	61	61
R024	70	70	107

Parametri utilizzati nell'equazione di propagazione

Parametro	(1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria	(3) – Trivellatrice per realizzazione pali sbocco galleria
n	1	1	0.5
η/c	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}

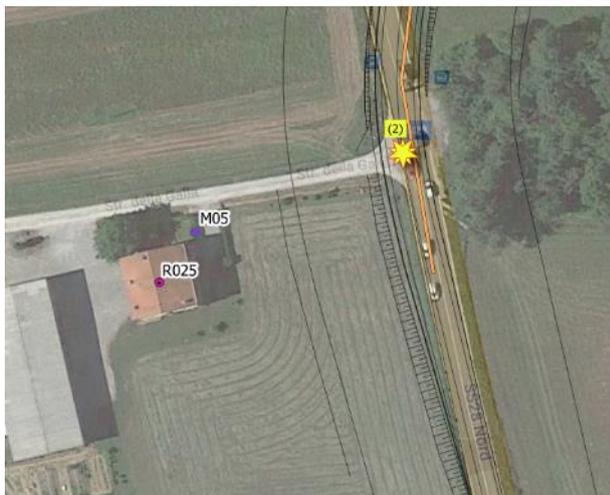
Risultati del calcolo

Ricettore	1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante in galleria	(3) – Trivellatrice per realizzazione pali sbocco galleria
R023	71.1	70.5	82.1
R024	69.3	68.5	77.5

Note

Il valore limite diurno previsto dalla norma UNI 9614 ($77 \text{ dB} - 7.2 \text{ mm/s}^2$) risulta rispettato durante le lavorazioni (1)-(2) così come il valore limite diurno festivo. Lo scenario (3) comporta il superamento del limite diurno maggiormente significativo presso R023.

Ricettori R025-R026



Distanze sorgenti-ricettori per ciascun scenario (m)

Ricettore	(2) – Rullo compattatore vibrante in superficie
R025	35
R025	55

Parametri utilizzati nell'equazione di propagazione

Parametro	(2) – Rullo compattatore vibrante in superficie
n	0.5
η/c	1.3×10^{-4}

Risultati del calcolo

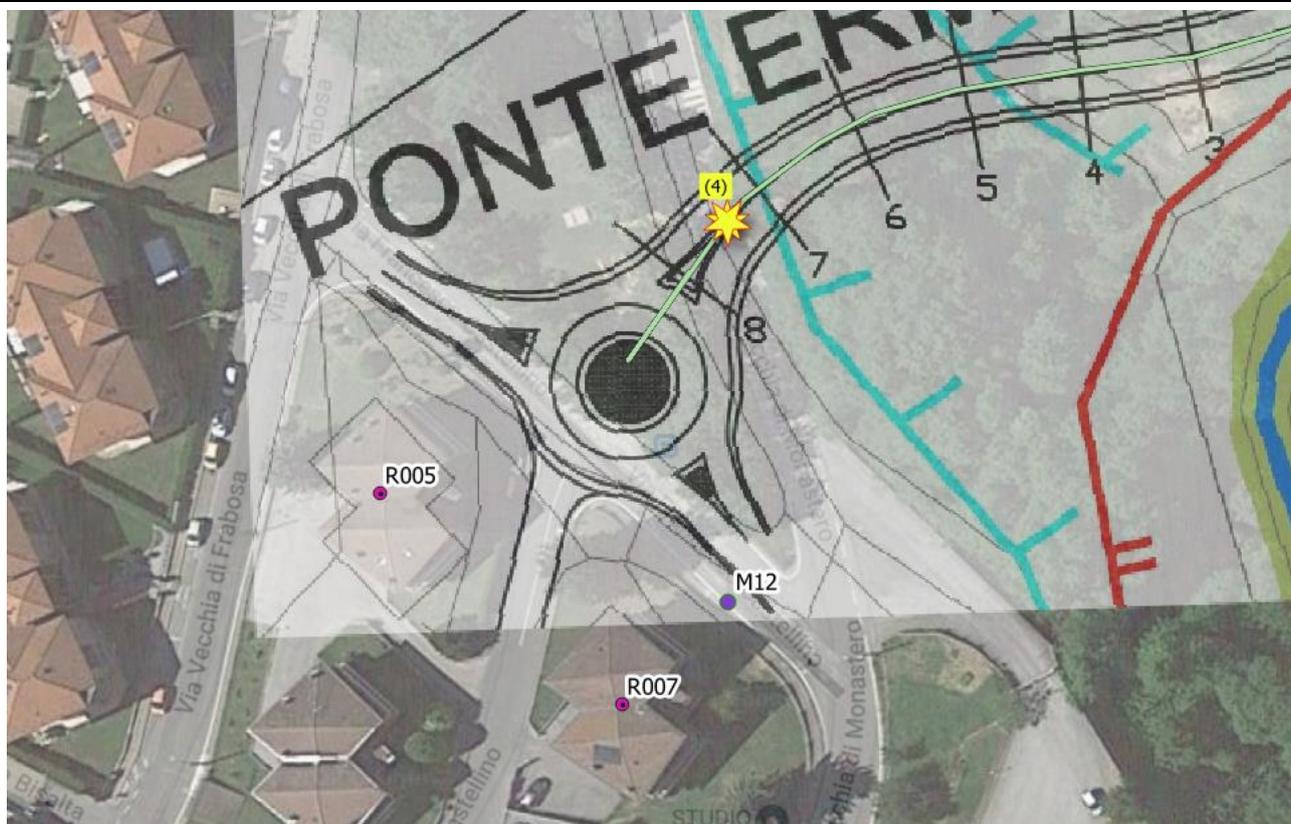
Ricettore	(2) – Rullo compattatore vibrante in superficie
R025	84.8
R025	80.6

Note

Il valore limite diurno previsto dalla norma UNI 9614 ($77 \text{ dB} - 7.2 \text{ mm/s}^2$) risulta superato presso R025 e R026 nello scenario (2). Risultano altresì superati i valori limite diurno festivo e notturno.

8.2 ASSE SECONDARIO

Ricettori R005-R007



Distanze sorgenti-ricettori per ciascun scenario (m)

Ricettore	(4) – Realizzazione di pali spalla B – trivellazione superficiale	(4) – Realizzazione di pali spalla B – trivellazione profonda
R005	56	56
R007	62	62

Parametri utilizzati nell'equazione di propagazione

Parametro	(4) – Realizzazione di pali spalla B – trivellazione superficiale	(4) – Realizzazione di pali spalla B – trivellazione profonda
n	0.5	1
η/c	1.3×10^{-4}	6×10^{-5}

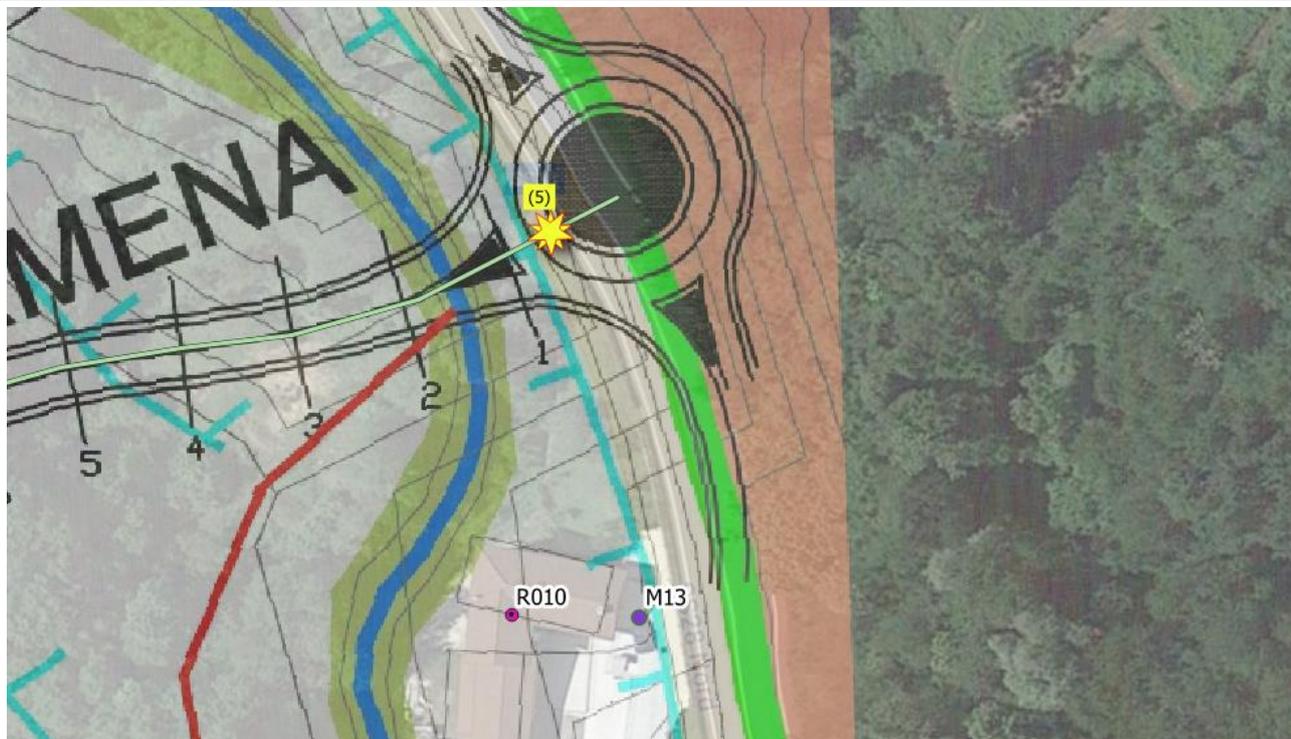
Risultati del calcolo

Ricettore	(4) – Realizzazione di pali spalla B – trivellazione superficiale	(4) – Realizzazione di pali spalla B – trivellazione profonda
R005	82.0	73.4
R007	81.2	72.3

Note

Il valore limite diurno previsto dalla norma UNI 9614 (77 dB – 7.2 mm/s²) risulta superato nel corso della fase superficiale di trivellazione e rispettato nel corso della fase di trivellazione a profondità superiore ai 5 m.

Ricettore R010



Distanze sorgenti-ricettori per ciascun scenario (m)

Ricettore	(4) – Realizzazione di pali spalla A – trivellazione superficiale	(4) – Realizzazione di pali spalla A – trivellazione profonda
R010	51	51

Parametri utilizzati nell'equazione di propagazione

Parametro	(4) – Realizzazione di pali spalla A – trivellazione superficiale	(4) – Realizzazione di pali spalla A – trivellazione profonda
n	0.5	1
η/c	6×10^{-5}	6×10^{-5}

Risultati del calcolo

Ricettore	(4) – Realizzazione di pali spalla A – trivellazione superficiale	(4) – Realizzazione di pali spalla A – trivellazione profonda
R010	84.6	74.4

Note

Il valore limite diurno previsto dalla norma UNI 9614 (77 dB – 7.2 mm/s²) risulta superato nel corso della fase superficiale di trivellazione e rispettato nel corso della fase di trivellazione a profondità superiore ai 5 m.

8.3 SINTESI DEI RISULTATI

Si propone nella seguente tabella la sintesi dei risultati ottenuti presso ciascun ricettore durante le fasi di lavoro maggiormente impattanti sotto il profilo vibrazionale. Le celle in rosso rappresentano i superamenti presunti del valore limite diurno stabilito dalla norma UNI 9614:2017 e che quindi dovranno essere necessariamente derogati.

Per l'asse principale sono stimati in via previsionale, pertanto, superamenti del valore limite diurno presso i ricettori **R023-R024** durante la fase di realizzazione della palificata sbocco galleria San Lorenzo e presso i ricettori **R025-R06** durante le fasi di rullatura del manto stradale. Per l'asse secondario a Rione Borgato invece si ipotizzano in via previsionale superamenti del valore limite diurno presso i ricettori **R005-R007-R010** durante la prima fase di trivellazione superficiale per la realizzazione delle fondazioni delle spalle A e B.

Tabella 11: Sintesi dei risultati del calcolo presso i ricettori

Asse principale			
Ricettore	Livelli di accelerazione massima ponderata previsti per scenario [dB]		
	1) – Martello demolitore in galleria	(2) – Rullo compattatore vibrante	3) – Trivellatrice per realizzazione pali imbocco/sbocco galleria
R002	76.7	76.7	74.3
R020	76.7	76.7	75.1
R023	71.1	70.5	82.1
R024	69.3	68.5	77.5
R025	-	84.8	-
R026	-	80.6	-
V01	71.3	71.1	-
V02	69.0	68.6	-
V03	69.0	68.6	-
V04	68.9	69.9	-
V05	68.3	69.2	-
V06	73.1	74.1	-
V09	69.0	68.6	-
Asse secondario Rione Borgato			
Ricettore	Livelli di accelerazione massima ponderata previsti per scenario [dB]		
	(4)/(5) – Realizzazione di pali spalla B/A – trivellazione superficiale (da 0 a -5 m)	(4)/(5) – Realizzazione di pali spalla B/A – trivellazione profonda (oltre i 5 m di profondità)	
R005	82.0	73.4	
R007	81.2	72.3	
R010	84.6	74.4	

9 INTERVENTI DI MITIGAZIONE E MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

L'Appendice C della norma UNI 9614:2017 prevede che la deroga ai limiti vibrazionali definiti possa essere concessa solo per attività temporanee o attività per le quali misure mitigative adeguate non siano implementabili o economicamente sostenibili, di fatto riconducendo le attività in oggetto ad operazioni di cantiere. Le criticità per le fasi di cantiere possono di norma essere mitigate attraverso accorgimenti esecutivi legati alla scelta delle macchine e soprattutto alle modalità di condotta delle stesse da parte del personale addetto nonché alla migliore programmazione delle singole fasi operative. Per le attività qui analizzate che comportano la generazione di vibrazioni non è possibile, tuttavia, ridurre il livello di vibrazioni indotto, pena la non efficacia della lavorazione stessa, quanto piuttosto risulta possibile ridurre l'incidenza in termini temporali nell'arco della giornata ed in particolar modo nel periodo notturno per garantire un adeguato periodo di riposo ai residenti coinvolti. Al fine di contenere i livelli vibrazionali generati dalle attività di cantiere è necessario agire in generale sulle modalità di utilizzo dei medesimi e sulla loro tipologia adottando accorgimenti quali ad esempio evitare lo stazionamento a motore acceso e il mantenimento della massima distanza possibile dai ricettori ove sia possibile. La definizione di tali misure è demandata all'Appaltatore, che per definirle dovrà basarsi sulle caratteristiche dei macchinari in dotazione.

Le indicazioni relative alle mitigazioni da impatto vibrazionale riguardano pertanto la diluizione temporale di alcune attività in funzione del periodo della giornata (giorno dalle 06:00 alle 22:00 e notte dalle 22:00 alle 06:00) e vengono riassunte nella tabella seguente e con riferimento alle sezioni progressive del tracciato [3] e ai punti di monitoraggio in corso d'opera descritti al paragrafo 9.1.

Tabella 12: Sintesi delle indicazioni emerse dalla valutazione

	Attività	Prescrizioni	Note
Asse principale	Utilizzo di martello demolitore durante escavo galleria San Lorenzo	Esecuzione dei lavori esclusivamente nel periodo diurno presso: <ul style="list-style-type: none"> Sezioni da 55 a 61 (ricettori R02-R020) Sezioni da 66 a 68 (ricettori V01-V09) Sezioni da 100 a 105 (ricettori (R023-R024)) 	Monitoraggio VIB_04, VIB_05, VIB_10
	Utilizzo di rullo compattatore in galleria San Lorenzo	Esecuzione dei lavori esclusivamente nel periodo diurno presso: <ul style="list-style-type: none"> Sezioni da 55 a 61 (ricettori R02-R020) Sezioni da 66 a 68 (ricettori V01-V09) Sezioni da 100 a 105 (ricettori (R023-R024)) Viabilità di innesto alla S.S. 28 direzione nord e sud (ricettori R025-R026) 	Impatto limitato nel tempo rispetto alle altre attività analizzate
	Utilizzo di perforatrice per realizzazione pali imbocco galleria San Lorenzo	Esecuzione dei lavori esclusivamente nel periodo diurno (ricettori R02-R020)	Monitoraggio VIB_04

	Utilizzo di perforatrice per realizzazione pali sbocco galleria San Lorenzo	Esecuzione dei lavori esclusivamente nel periodo diurno (ricettori R023-R024)	Monitoraggio VIB_05
Asse secondario	Utilizzo di perforatrice per realizzazione pali spalle A e B Rione Borgato profondità da 0 a -5 m	Esecuzione dei lavori esclusivamente nel periodo diurno (ricettori R005-R007-R010)	Monitoraggio VIB_11 e VIB_12
	Utilizzo di perforatrice per realizzazione pali spalle A e B Rione Borgato per profondità superiori a -5 m	Esecuzione dei lavori esclusivamente nel periodo diurno (ricettori R005-R007-R010)	Monitoraggio VIB_11 e VIB_12

Si raccomanda infine un'adeguata attività informativa preventiva alla popolazione interessata allo scopo di aumentare il grado di tolleranza della stessa nei confronti dei fenomeni disturbanti. L'informazione deve comprendere i livelli di disturbo attesi e la durata delle lavorazioni prevista e deve essere effettuata con sufficiente anticipo rispetto all'avvio delle lavorazioni.

9.1 MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Trattandosi di impatti a carattere completamente reversibile e temporaneo e considerate le notevoli incertezze insite in questo tipo di valutazioni, si ritiene necessario invocare il ricorso ad un sistema strumentale di monitoraggio, da effettuarsi durante le lavorazioni, al fine di verificare l'entità del fenomeno durante le attività più critiche anche in relazione alla durata delle stesse (scavo con martello demolitore in galleria e perforazione per realizzazione palificata imbocco e sbocco galleria San Lorenzo e spalle A e B Rione Borgato) e procedere di conseguenza alla messa in pratica delle indicazioni prescrittive riportate in Tabella 12.

Sono state pertanto individuate allo scopo 5 posizioni di monitoraggio vibrazionale da effettuarsi in corso d'opera nel corso delle lavorazioni individuate come maggiormente impattanti. I punti VIB_04 e VIB_05 coincidono con punti di monitoraggio del rumore individuati nel Piano di monitoraggio ambientale [11] mentre i punti VIB_10-11-12 risultano di nuova individuazione. La posizione dei punti di monitoraggio fa riferimento ai ricettori individuati e rappresentati nell'allegato 1 alla presente valutazione.

Tabella 13: Elenco punti di monitoraggio vibrazionale in corso d'opera

	ID	Ricettori di riferimento
Asse principale	VIB_04	R02-R020
	VIB_05	R023-R024
	VIB_10	V01-V09
Asse secondario	VIB_11	R005-R007
	VIB_12	R010

Le attività di monitoraggio vibrazionale saranno svolte secondo le modalità definite dalla norma UNI 9614:2017.

10 ELABORATI DI RIFERIMENTO

[1]	03.03_P00_GE00_GEO_CG02	Carta geomorfologica asse principale
[2]	03.06_P00_GE00_GEO_CG05	Carta geomorfologica ponte Rione Borgato
[3]	03.08_P00_GE00_GEO_FG01	Profilo geologico asse principale
[4]	03.12_P00_GE00_GEO_FG03	Profilo geologico asse secondario
[5]	11.06_P00_GA00_STR_PP01	Pianta scavi imbocco ovest galleria San Lorenzo
[6]	11.16_P00_GA00_STR_PP03	Pianta scavi imbocco est galleria San Lorenzo
[7]	08.03_T00_IA03_AMB_SC01	Studio di Impatto Ambientale Rumore: censimento ricettori
[8]	17.01_P00_CA00_CAN_RE01	Relazione cantierizzazione
[9]	P00_CA00_CAN_PE01-2-3	Fasi di lavoro asse principale
[10]	P00_CA00_CAN_PE04	Fasi di lavoro Rione Borgato
[11]	14.02_P00_IA01_AMB_PU01	Piano di monitoraggio ambientale – Planimetria punti di misura
[12]	14.01_P00_IA01_AMB_RE01	Piano di monitoraggio ambientale – Relazione
[13]	01.03_P00_EG00_GEN_RE01	Relazione generale illustrativa

11 BIBLIOGRAFIA

- *Valutazione dei livelli di vibrazioni in edifici residenziali – Normativa, tecniche di misura e di calcolo* – Prof. Angelo Farina – Dipartimento di Ingegneria Industriale Università degli Studi di Parma – Rivista Neo-EUBIOS, n. 16. Maggio 2006 - ISSN 1825-5515
- *Environmental impact of roads and traffic* – L.H. Watkins – Appl. Science Publ.
- *Quadro di riferimento ambientale componente rumore e campi elettromagnetici – Corso di formazione ISPRA su Valutazione di Impatto Ambientale 2012* – Enrico Mazzocchi, Francesca Sacchetti, Rosalba Silvaggio – ISPRA

12 ALLEGATI

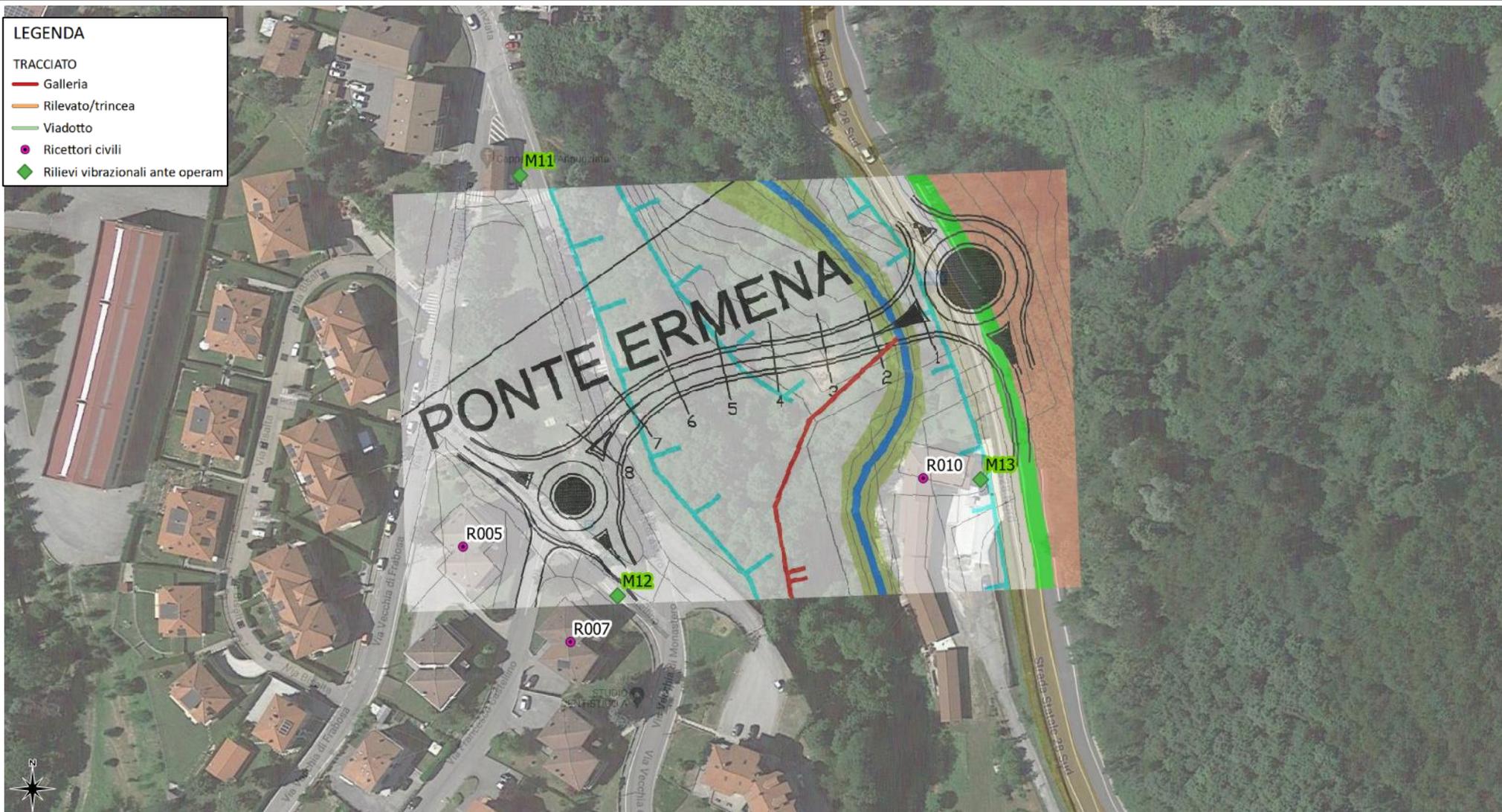
1. Planimetria posizione dei ricettori e delle misure vibrazionali ante operam
2. Certificati di taratura della strumentazione utilizzata

Planimetria posizione ricettori e rilievi vibrazionali ante operam – ASSE PRINCIPALE



Planimetria posizione ricettori e rilievi vibrazionali ante operam – ASSE SECONDARIO RIONE BORGATO

- LEGENDA**
- TRACCIATO
- Galleria
 - Rilevato/trincea
 - Viadotto
 - Ricettori civili
 - Rilievi vibrazionali ante operam



CERTIFICATO DI TARATURA LAT 146 01217-V
Certificate of Calibration

- data di emissione <i>date of issue</i>	2021/10/13
- cliente <i>customer</i>	SAFE S.r.l. Via Oppi, 25 - 37052 Casaleone (VR)
- destinatario <i>receiver</i>	SAFE S.r.l.
- richiesta <i>application</i>	T561/21
- in data <i>date</i>	2021/09/29
Si riferisce a <i>referring to</i>	
- oggetto <i>item</i>	Misuratore di Vibrazioni con Accelerometro Triassiale
- costruttore <i>manufacturer</i>	SVANTEK (DYTRAN)
- modello <i>model</i>	Svan 958A (3233A)
- matricola <i>serial number</i>	92301 (1131)
- data di ricevimento oggetto <i>date of receipt of item</i>	2021/10/07
- data delle misure <i>date of measurements</i>	2021/10/13
- registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	21-0361-RLV

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accREDITAMENTO LAT N° 146 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI).

Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 146 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System.

ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).

This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni di prima linea da cui inizia la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura, in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the procedures given in the following page, where the reference standards are indicated as well, from which starts the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in their course of validity. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente al documento EA-4/02 e sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95%. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to EA-4/02. They were estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Il Sostituto del Responsabile del Centro
Substitute for the Head of the Centre



CERTIFICATO DI TARATURA LAT 146 01217-V
Certificate of Calibration
DESCRIZIONE DELL'OGGETTO IN TARATURA

 Misuratore di Vibrazioni SVANTEK tipo Svan 958A matricola n° 92301
 Accelerometro Triassiale DYTRAN tipo 3233A matricola n° 1131

PROCEDURA DI TARATURA

 I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando la procedura:
 PR002V rev. 02 del Manuale Operativo del laboratorio.

RIFERIMENTI NORMATIVI

ISO 8041-1:2017

CAMPIONI DI LABORATORIO

Strumento	Marca e Modello	Matricola n°	Data taratura	Certificato n°	Ente
Multimetro	Keithley 2000	0688910	2021-06-29	046 368733	ARO
Tavola vibrante	PCB 080A200	165224	2013-05-30	13-0438-02	I.N.R.I.M.
Accelerometro	PCB 352C03	LW 156660	2021-06-22	21-0573-01	I.N.R.I.M.
Condizionatore	PCB 482C54	288	2021-06-21	21-0573-02	I.N.R.I.M.
Chiave dinamometrica	MHH Torqueleader ADS 4	0AN100424	2018-06-14	166 18-G0146	UTENSIL LINE
Termoigrometro	Delta Ohm HD 206-1	07028948	2020-03-18	123 20-SU-0284 123 20-SU-0285	CAMAR Elettronica

CONDIZIONI AMBIENTALI

Parametro	Riferimento	Inizio prova	Fine prova	Temperatura stimata del trasduttore
Temperatura / °C	23,0	21,5	21,4	20,5

L'incertezza di misura della temperatura dell'aria è 1 °C.

INCERTEZZA DI MISURA

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente al documento EA-4/02 e sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad livello di fiducia di circa il 95%. Normalmente tale fattore k vale 2.

Nella determinazione dell'incertezza tipo non è stata presa in considerazione la stabilità nel tempo dell'oggetto in taratura. L'incertezza estesa dichiarata per la taratura di analizzatori con trasduttore accoppiato risulta essere:

$$U_s = 2,5 \%$$

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 146 01217-V
*Certificate of Calibration***1. MISURANDO, MODALITA' E CONDIZIONI DI MISURA**

Il misurando è l'accelerazione letta sullo strumento in prova. La taratura, per la determinazione dell'ampiezza dell'accelerazione, è stata eseguita utilizzando la catena di riferimento.

	Asse X (1)	Asse Y (2)	Asse Z (3)
Metodo di fissaggio	Biadesivo	Biadesivo	Biadesivo
Coppia di serraggio / N m	-	-	-

- Materiale della superficie di montaggio: berillio;
- Tipo di adattatore usato: nessuno;
- Lubrificante usato: nessuno;
- Orientazione del trasduttore in taratura: verticale o orizzontale.

2. SENSIBILITA' DELL'INTERA CATENA

Nella tabella seguente, in funzione dell'asse di riferimento, sono indicati i valori di sensibilità del trasduttore impostati sullo strumento dal cliente e, se necessario, successivamente regolati dal Laboratorio

		Sensibilità impostata	Sensibilità regolata
Asse	f / Hz	s mV / (m s⁻²)	s mV / (m s⁻²)
X (1)	100	100,000	102,000
Y (2)	100	100,000	102,000
Z (3)	100	100,000	102,000

3. RISULTATI

Nella tabella seguente sono riportati i valori di:

- Frequenza impostata (**f**);
- Accelerazione impostata (**a**);
- Fattore della ponderazione in frequenza scelta, valore adimensionale (**Fattore**);
- Accelerazione di riferimento ponderata ottenuta moltiplicando il fattore di ponderazione con l'accelerazione impostata (**a_{ref.}**);
- Valori di accelerazione letti sullo strumento in taratura (**Lettura strumento**);
- Deviazione % tra i valori accelerazione letti sullo strumento in taratura e l'accelerazione di riferimento ponderata;
- Incertezza estesa associata alla misura calcolata (**U_s**);
- Limiti di tolleranza della norma ISO 8041-2005, questi includono le incertezze estese associate alla misura (**Tolleranza norma**).

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 146 01217-V
Certificate of Calibration
Asse X (1)

f / Hz	a / $m\ s^{-2}$	Fattore Ponderazione Wh	$a_{ref.}$ / $m\ s^{-2}$	Letture strumento / $m\ s^{-2}$	Deviazione / %	$U_s +$ Deviazione / %	Tolleranza norma / %
10	10,0	0,95140	6.735	6.900	2.45	2.5	+12/-11
16	10,0	0,41110	6.339	6.450	1.75	2.5	+12/-11
80	5,00	0,20240	0.716	0.716	0.01	2.5	+12/-11
80	10,0	0,20240	1.435	1.440	0.35	2.5	+12/-11
80	10,0	0,20240	1.435	1.440	0.35	2.5	+12/-11
80	100,0	0,20240	7.168	7.160	-0.11	2.5	+12/-11
160	10,0	0,10070	0.712	0.712	-0.05	2.5	+12/-11
800	10,0	0,01862	0.132	0.131	-0.47	2.5	+12/-11

Asse Y (2)

f / Hz	a / $m\ s^{-2}$	Fattore Ponderazione Wh	$a_{ref.}$ / $m\ s^{-2}$	Letture strumento / $m\ s^{-2}$	Deviazione / %	$U_s +$ Deviazione / %	Tolleranza norma / %
10	10,0	0,95140	6.743	6.890	2.18	2.5	+12/-11
16	10,0	0,41110	6.332	6.450	1.86	2.5	+12/-11
80	5,00	0,20240	0.716	0.712	-0.60	2.5	+12/-11
80	10,0	0,20240	1.432	1.440	0.53	2.5	+12/-11
80	10,0	0,20240	1.432	1.440	0.54	2.5	+12/-11
80	100,0	0,20240	7.163	7.070	-1.29	2.5	+12/-11
160	10,0	0,10070	0.714	0.704	-1.47	2.5	+12/-11
800	10,0	0,01862	0.132	0.131	-0.66	2.5	+12/-11

Asse Z (3)

f / Hz	a / $m\ s^{-2}$	Fattore Ponderazione Wh	$a_{ref.}$ / $m\ s^{-2}$	Letture strumento / $m\ s^{-2}$	Deviazione / %	$U_s +$ Deviazione / %	Tolleranza norma / %
10	10,0	0,95140	6.736	6.820	1.24	2.5	+12/-11
16	10,0	0,41110	6.347	6.350	0.05	2.5	+12/-11
80	5,00	0,20240	0.716	0.707	-1.31	2.5	+12/-11
80	10,0	0,20240	1.435	1.430	-0.31	2.5	+12/-11
80	10,0	0,20240	1.434	1.430	-0.29	2.5	+12/-11
80	100,0	0,20240	7.142	7.060	-1.14	2.5	+12/-11
160	10,0	0,10070	0.714	0.700	-1.96	2.5	+12/-11
800	10,0	0,01862	0.132	0.131	-0.70	2.5	+12/-11

Lo strumento in taratura è risultato conforme al paragrafo 14.0 della norma ISO 8041-1:2017