

Eni SpA **DISTRETTO
MERIDIONALE**



Doc. AMB_ME_06_444


[ID_VIP 9601]

Realizzazione dell'area Cluster Sant'Elia 1 - Cerro Falcone 7
RISPOSTA ALLA RICHIESTA DI INTEGRAZIONI DEL MASE

VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE

Comune di Marsicovetere (PZ)
Regione Basilicata

Maggio 2024

 Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE		Rev.	Foglio.
	Maggio 2024	Doc. AMB_ME_06_444		00	2 di 38


**RISPOSTA ALLA RICHIESTA DI INTEGRAZIONI DEL MASE
 (REDATTA IN COLLABORAZIONE CON ISPRA)
 Prot. 0007466 del 26/06/2023**

[ID_VIP 9601]


Istanza di proroga dei termini di validità del decreto di compatibilità ambientale rilasciato dalla Regione Basilicata con DGR n. 461 del 10.04.2015, relativa al “Progetto per la realizzazione dell’area Cluster Sant’Elia 1 – Cerro Falcone 7 in località la Civita del Comune di Marsicovetere (PZ)”

VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE

Comune di Marsicovetere (PZ)
 Regione Basilicata


	Commessa: P24004		Doc. n. AMB_ME_06_444		
	--	--	--	--	--
	00	Maggio 2024	M. Sergenti	Mazzone D.	Di Michele C.
	REV.	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

00	Emissione	Proger S.p.A.	Eni S.p.A.	Eni S.p.A.	Maggio 2024
REV.	DESCRIZIONE	PREPARATO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA

	Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 3 di 38
--	---	---------------------	--	------------	--------------------------


Sommario

1	PREMESSA	5
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
2.1	LOCALIZZAZIONE	6
2.2	I RICETTORI	7
2.3	LE INFRASTRUTTURE DELL'AREA	8
3	DEFINIZIONI TECNICHE	9
4	RIFERIMENTI NORMATIVI	10
4.1	LA NORMA UNI 9614:2017	11
4.2	LA NORMA 9916:2014	13
5	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	16
6	IL MODELLO MATEMATICO	19
6.1	REALIZZAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO	19
6.2	CREAZIONE DELL'OROGRAFIA DEL TERRENO	20
6.3	IL MODELLO DI PROPAGAZIONE NEL TERRENO DELLE ONDE VIBRAZIONALI	21
6.4	LA PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI NEGLI EDIFICI	22
6.5	ACCOPPIAMENTO TERRENO-EDIFICIO	25
6.6	INSERIMENTO DELLE SORGENTI	27
7	MISURE DI VIBRAZIONE RESIDUA (ANTE OPERAM)	29
7.1	LA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	30
8	PREVISIONE DEI LIVELLI NEL TERRITORIO CIRCOSTANTE	33
8.1	PREMESSA	33
8.2	INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI	33
8.3	VALUTAZIONE SECONDO UNI 9614:2017	34
8.3.1		34
8.4	VALUTAZIONE SECONDO UNI 9916:2014	36
	CONCLUSIONI	38

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Foglio. 4 di 38</p>
--	-----------------------------	---	--------------------	------------------------------------

Elenco Allegati

<i>Allegato di riferimento</i>	<i>Descrizione</i>
Allegato 02	Monitoraggio di vibrazioni residue
Allegato 03	Vibrazioni di cantiere (UNI 9614:2017) - Fase di cantiere
Allegato 04	Vibrazioni di cantiere (UNI 9614:2017) - Fase di perforazione
Allegato 05	Vibrazioni di cantiere (UNI 9614:2017) - Fase di esercizio
Allegato 06	Vibrazioni di cantiere (UNI 9916:2014) - Fase di cantiere
Allegato 07	Vibrazioni di cantiere (UNI 9916:2014) - Fase di perforazione
Allegato 08	Vibrazioni di cantiere (UNI 9916:2014) - Fase di esercizio
Allegato 02	Monitoraggio di vibrazioni residue
Allegato 03	Vibrazioni di cantiere (UNI 9614:2017) - Fase di cantiere

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Foglio. di 5 38</p>
--	-----------------------------	--	--------------------	----------------------------

1 PREMESSA

In relazione alle future attività in progetto che prevedono la perforazione di un pozzo bidreno nell'area cluster Sant'Elia 1 Cerro Falcone 7, di competenza di Eni S.p.A., nell'ambito della Concessione di Coltivazione Idrocarburi liquidi e gassosi "Val D'Agri" in Basilicata, la Scrivente Società è stata incaricata della realizzazione della valutazione di impatto vibrazionale. La presente relazione è da considerarsi in risposta alle osservazioni avanzate dal MASE.

Scopo del presente documento è la valutazione degli impatti che saranno indotti sulla componente vibrazione nelle aree interessate dalla realizzazione del progetto. Le emissioni vibrazionali sono determinate principalmente dalle fasi di cantiere previste per la posa della condotta in oggetto e le opere collegate ad esso.

Tali operazioni richiederanno l'impiego di mezzi pesanti di rumorosità rilevante che lavoreranno, in modo transitorio, con scavi a cielo aperto.

Nello studio saranno caratterizzate le principali fasi di cantiere per la realizzazione di tali opere e stimati gli impatti associati alla fase più critica.


Al termine delle attività per la realizzazione dell'opera, l'oleodotto e le aree pozzo non produrranno emissioni vibrazionali percepibili, pertanto il presente lo studio riguarda solamente la fase in corso d'opera.

Lo studio è stato articolato nelle seguenti fasi:

- analisi dei riferimenti normativi;
- analisi del contesto territoriale, individuazione dei ricettori potenzialmente impattati;
- analisi della situazione vibrazionale Ante Operam;
- analisi delle principali sorgenti vibrazionali delle fasi di cantiere;
- stima degli impatti acustici con calcoli previsionali;
- verifica del rispetto dei limiti di legge.

Per quanto riguarda la valutazione dell'esposizione umana, l'indicatore ambientale delle vibrazioni, tratto dalla norma UNI 9614:2017 "*Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo*", è il valore vettoriale della massima accelerazione statistica ($a_{W,95}$), risultante dalle 3 componenti X, Y e Z delle accelerazioni pesate attraverso la curva W_m .

Per il contributo vibratorio sugli edifici e i possibili danni prodotti da esso viene invece impiegato l'indicatore tratto dalla norma 9916:2014 "*Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici*", ovvero il valore di picco in velocità p.c.p.v. (espresso in mm/s) valutato alle fondazioni dello stabile.

	Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 6 di 38
--	---	---------------------	--	------------	--------------------------

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 Localizzazione

L'area interessata dai lavori in progetto ricade all'interno dell'area cluster Sant'Elia 1 Cerro Falcone 7, della Concessione di Coltivazione Idrocarburi liquidi e gassosi "Val d'Agri" in Basilicata, di cui Eni è contitolare e rappresentante unica.

La concessione è ubicata alla quota di circa 800 m s.l.m., in un'area sub-pianeggiante, in Località 'La Civita', a circa 1.2 km in direzione Nord Ovest dal Comune di Marsicovetere, Provincia di Potenza.



Figura 2.1: Ubicazione dell'area di intervento (Scala 1:500)

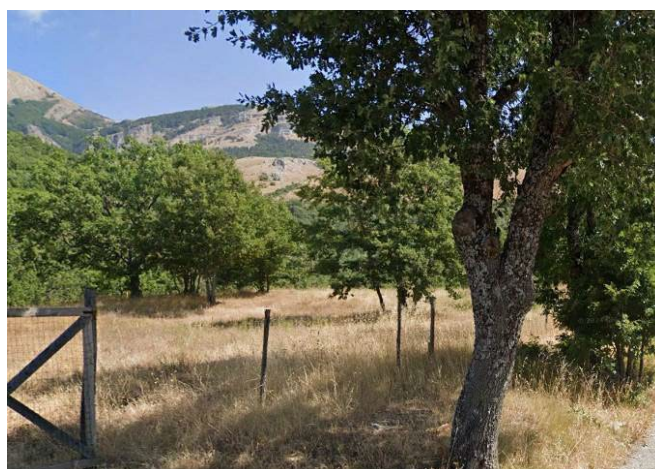


Figura 2.2: Area oggetto dell'intervento



2.2 I Ricettori

I ricettori presenti nelle zone limitrofe alle aree interessate dal progetto sono quelli rappresentati nella figura sottostante. Per l'analisi in questione sono stati individuati i ricettori considerati nel precedente Studio di Impatto Ambientale, con l'aggiunta di un nuovo ricettore (RIC05), che a seguito di un sopralluogo è stato identificato come abitativo:

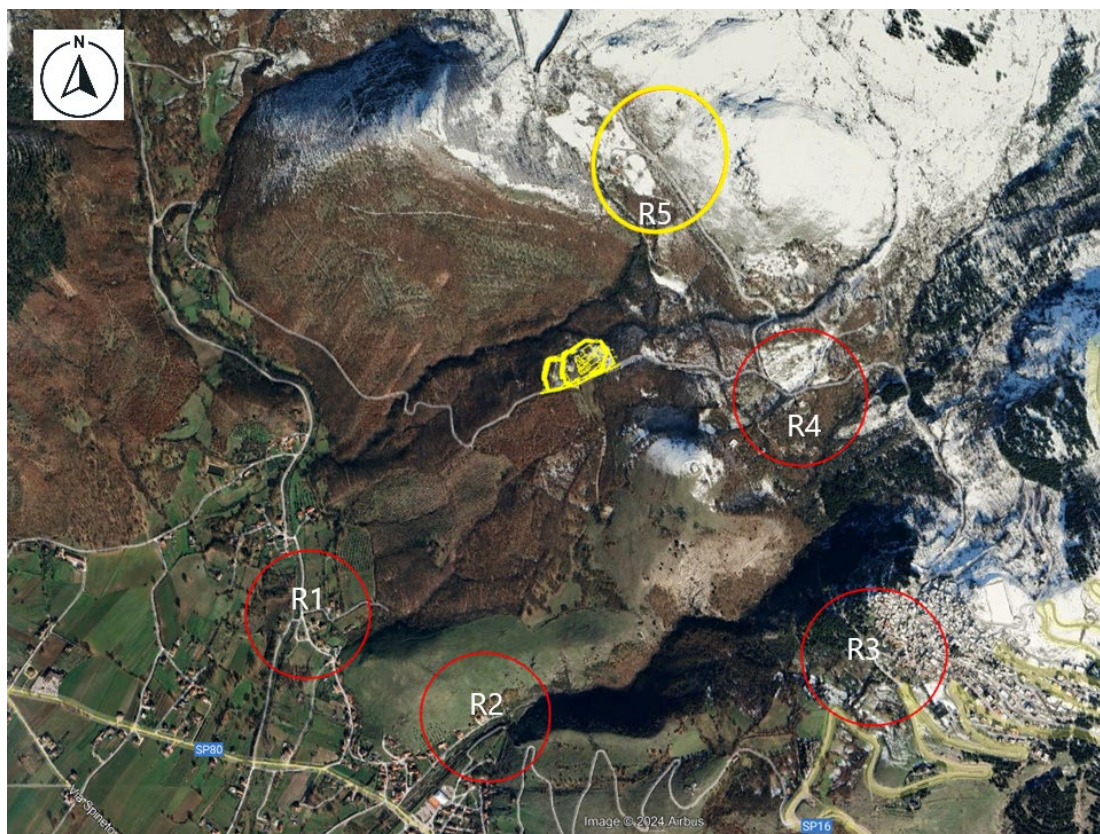


Figura 2.3: Posizione dei ricettori interessati alle emissioni (Scala 1:1000)

Tabella 2.1: Vista di alcuni ricettori

R1	R2	R3
		




2.3 Le infrastrutture dell'area

Le infrastrutture principali, presenti in zona e mostrate nella figura seguente, sono:

- SP141 Marsicovetere-Tempa della Seta;
- SP16 Marsicana;
- SP80 di Galaino.




Figura 2.4: Posizione delle infrastrutture principali (scala 1:2000)

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE</p> <p>Doc. AMB_ME_06_444</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Foglio. 9 di 38</p>
--	-----------------------------	--	--------------------	--------------------------------

3 DEFINIZIONI TECNICHE

- Accelerazione; $a(t)$: Valore istantaneo del modulo del vettore accelerazione in un punto, calcolato come somma vettoriale delle sue tre componenti cartesiane.
- Accelerazione assiale; $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$: Valore istantaneo di ciascuna delle tre componenti cartesiane del vettore accelerazione in un punto.
- Accelerazione assiale "band limited"; $a_{b,j}(t)$: Valore istantaneo dell'accelerazione ottenuta filtrando l'accelerazione $a_j(t)$ con un filtro passabanda.
- Accelerazione ponderata assiale $a_{w,j}(t)$: Valore istantaneo dell'accelerazione ponderata in frequenza nel dominio del tempo per il j-esimo asse, ottenuta utilizzando la curva W_m secondo quanto previsto dalla norma UNI EN ISO 8041-1.
- Accelerazione ponderata assiale efficace; $a_{w,rms}(t)$: Valore efficace valutato all'istante t di $a_{w,j}(t)$, calcolato in conformità alla UNI EN ISO 8041-1 :2017.
- Accelerazione ponderata totale efficace; $a_w(t)$: Valore efficace totale valutato all'istante t sui tre assi.
- Ambiente di misura: Ambiente significativo in termini di permanenza del soggetto esposto delle attività svolte o ambiente nel quale il soggetto esposto lamenta il maggior disturbo.
- Disturbo: Sensazione personale legata ai livelli di vibrazioni che determinano irrequietezza, fastidio, ansia, irritazione.
- Edificio: Costruzione utilizzata come abitazione o per altre attività umane, inclusi uffici, fabbriche, ospedali, scuole, luoghi ricreativi e di culto, spazi commerciali.
- Evento: Elemento minimo del fenomeno vibratorio oggetto di misura, al quale viene associata, come descrittore della vibrazione, la massima accelerazione ponderata.
- Giornate festive: Giorni di domenica e giornate festive ufficialmente riconosciute dalla legislazione e regolamentazione nazionale e locale.
- Massima accelerazione ponderata; $a_{w,max}$: Il più elevato dei valori efficaci dell'accelerazione ponderata $a_w(t)$ misurati durante uno specifico evento.
- Massima accelerazione statistica; $a_{w,95}$: stima del 95° percentile della distribuzione cumulata di probabilità della massima accelerazione ponderata $a_{w,max}$, misurata sui singoli eventi.
- Periodo di attività: periodo di permanenza dei fenomeni vibratorii, definito dall'orario di inizio e dall'orario di fine.
- Periodo diurno: fascia oraria fra le ore 06.00 e le ore 22.00.
- Periodo notturno: fascia oraria fra le ore 22.00 e le ore 06.00.
- Punti singolari: punti dell'ambiente di misura caratterizzati da condizioni strutturali, di vincolo e di modi di vibrare che li rendano unici rispetto al resto dell'ambiente e quindi non rappresentativi della situazione generale.
- Valutazione del disturbo: Insieme delle attività di misurazione delle vibrazioni, di calcolo dei descrittori del disturbo e di confronto con i limiti di riferimento suggeriti.
- Vibrazioni della sorgente, V_{sor} : Vibrazioni immesse nell'edificio dalla specifica sorgente oggetto di indagine. Se la sorgente è di tipo stazionario, sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione $a_{w,95}$.
- Vibrazioni residue, V_{res} : Vibrazioni presenti nell'edificio in assenza della specifica sorgente oggetto di indagine. Sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione $a_{w,95}$.
- Vibrazioni immesse, V_{imm} : Vibrazioni che vengono immesse nell'edificio da tutte le sorgenti attive di qualsiasi origine (V_{sor} , e V_{res}). Sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione $a_{w,95}$.

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Foglio. 10 di 38</p>
--	-----------------------------	--	--------------------	-------------------------------------

4 RIFERIMENTI NORMATIVI

- UNI 9614:2017 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”
- UNI 9916:2014 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici”
- UNI 11568:2015 “Vibrazioni – Strumentazione e analisi per la misura delle vibrazioni – Strumenti di misura.
- UNI ISO 5348:2021 “Mechanical vibration and shock - Mechanical mounting of accelerometers”
- ISO 2631-1:1997 Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements
- ISO 2631-2:2003 Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)
- ISO 20283-5:2016 - Mechanical vibration — Measurement of vibration on ships — Part 5: Guidelines for measurement, evaluation and reporting of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships
- ISO 8041-1:2017 Human response to vibration — Measuring instrumentation — Part 1: General purpose vibration meters
- ISO 2041:2009 Mechanical vibration, shock and condition monitoring – Vocabulary
- ISO 10055:1996 Mechanical vibration -- Vibration testing requirements for shipboard equipment and machinery components
- ISO 19201:2013. Mechanical vibration – Methodology for selecting appropriate machinery vibration standards.
- ISO 20816-1:2016 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 1: General guidelines
- ISO 20816-2:2017 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 2: Land-based gas turbines, steam turbines and generators in excess of 40 MW, with fluid-film bearings and rated speeds of 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min and 3 600 r/min
- ISO 20816-3:2022 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 3: Industrial machinery with a power rating above 15 kW and operating speeds between 120 r/min and 30 000 r/min
- ISO 20816-4:2018 Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 4: Gas turbines in excess of 3 MW, with fluid-film bearings
- ISO 5348:1987. Mechanical mounting of accelerometers for measuring mechanical vibration and shock
- ISO 5349-1:2001. Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements
- ISO 5349-2:2001. Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace
- European Directive 89/656/EEC on the Minimum Health and Safety Requirements for the Use by Workers of Personal Protective Equipment at the Workplace



4.1 La norma UNI 9614:2017

In Italia, a differenza di quanto avviene per il rumore, non esiste una legislazione specifica sulla problematica vibrazioni, per cui è necessario rifarsi a normative tecniche, siano queste italiane o internazionali.

La recente UNI 9614 del 2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" prende spunto dalla norma internazionale ISO 2631-2:2003 e dalla norma norvegese NS 8176.E.

L'accelerazione misurata sui tre assi $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$ deve essere filtrata con un filtro passa banda (band-limiting) con le caratteristiche riportate nella ISO 2631-2 e UNI EN ISO 8041-1:2017 punto 5.6.2, e successivamente con il filtro di ponderazione W_m . Si ottiene per l' j -esimo asse, l'accelerazione ponderata $a_{w,j}(t)$.

Per l'intera storia temporale del segnale ponderato viene calcolato l'andamento nel tempo del valore efficace dell'accelerazione ponderata, per ogni singolo asse cartesiano $[a_{w,rms,j}(t)]$

$$a_{w,rms,j}(t) = \frac{1}{\tau} \sqrt{\int_{t-\tau}^t a_{w,j}^2(\epsilon) d\epsilon} \quad (1)$$

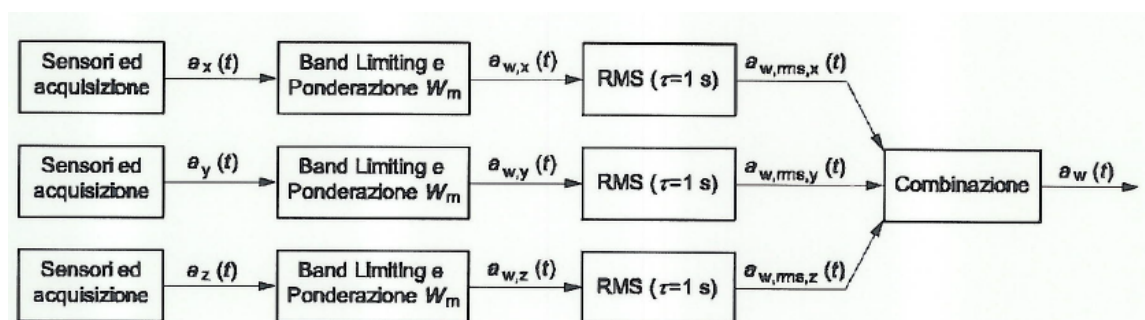
Dove j indica l'asse di misura (x, y o z).

Il tempo di integrazione τ è pari a 1 secondo.

Il calcolo dell'accelerazione totale ponderata $a_w(t)$ sarà ottenuta dalla somma vettoriale dei valori sui tre assi x, y e z, attraverso la relazione

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

Secondo lo schema riportato qui sotto




Di questo valore variabile nel tempo, verrà considerato il valore massimo dell' i -esimo evento.

$$a_{w,max,i} = \max(a_w(t)) \quad (3)$$

La massima accelerazione statistica $a_{w,95}$ sarà ottenibile dalla relazione

$$a_{w,95} = \overline{a_{w,max}} + 1,8 \cdot \sigma \quad (4)$$

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Foglio. 12 di 38</p>
--	-----------------------------	--	--------------------	-------------------------------------

Dove

$\overline{a_{w,max}}$ è la media dei valori massimi degli eventi considerati

σ è lo scarto tipo dei valori massimi degli eventi considerati.

In questo modo è quindi calcolabile il valore di accelerazione vibrazionale immessa nell'ambiente abitativo, ma il valore associato alla sorgente viene ricavato come differenza quadratica rispetto alle vibrazioni residue presenti.


Le vibrazioni residue andranno misurate con lo stesso principio seguito per la misura delle vibrazioni immesse.

$$V_{SOR} = \sqrt{V_{imm}^2 - V_{res}^2} \quad (5)$$

Per questo motivo si è resa necessaria una campagna di misure Ante Operam al fine di determinare i valori delle vibrazioni residue sul territorio.

La valutazione del disturbo viene a differenziarsi in base alla destinazione d'uso degli edifici per cui si esegue tale valutazione.

Nel nostro caso non essendovi ricettori sensibili (come ospedali o case di riposo), i valori limite saranno quelli per gli ambienti ad uso abitativo limitatamente al periodo diurno e quindi un valore di $V_{sor} = 7,2 \text{ mm/s}^2$.

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Foglio. 13 di 38</p>
--	-----------------------------	--	--------------------	-------------------------------------

4.2 La Norma 9916:2014

La UNI 9916 “*Vibrazioni – Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo*” considera i diversi tipi di sollecitazione vibratoria: livelli costanti, non costanti, impulsivi.

La norma UNI 9916 fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii allo scopo di permettere anche la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Altro scopo della norma è di ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevate in tempi diversi su uno stesso edificio, o su edifici diversi a parità di sorgente di eccitazione, nonché di fornire criteri di valutazione degli effetti delle vibrazioni medesime.

La norma considera per semplicità gamme di frequenza variabili da 0.1 a 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale (vento, terremoti, ecc.) nonché ad eccitazioni causate dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza delle vibrazioni può essere più ampio ma, tuttavia, le eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio.

La norma UNI 9916 conduce alla classificazione delle strutture in 14 categorie. Le strutture comprese nella classificazione riguardano:

- tutti gli edifici residenziali e gli edifici utilizzati per le attività professionali (case, uffici, ospedali, case di cura, ecc.);
- gli edifici pubblici (municipi, chiese, ecc.);
- edifici vecchi ed antichi con un valore architettonico, archeologico e storico;
- le strutture industriali più leggere spesso concepite secondo le modalità costruttive in uso per gli edifici abitativi.


La classificazione degli edifici è basata sulla loro resistenza strutturale alle vibrazioni oltre che sulla tolleranza degli effetti vibratorii sugli edifici in ragione del loro valore architettonico, archeologico e storico.

I fattori dai quali dipende la reazione di una struttura agli effetti delle vibrazioni sono:

- ❖ la categoria della struttura;
- ❖ le fondazioni;
- ❖ la natura del terreno.

La categoria di struttura è classificata in una scala da 1 a 8 (a numero crescente di categoria corrisponde una minore resistenza alle vibrazioni) in base ad una ripartizione in due gruppi di edifici:

- GRUPPO 1: edifici vecchi e antichi o strutture costruite con criteri tradizionali;
- GRUPPO 2: edifici e strutture moderne.

	Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 14 di 38
--	---	---------------------	--	------------	------------------------

L'associazione della categoria viene fatta risalire alle caratteristiche tipologiche e costruttive della costruzione e al numero di piani.

Le fondazioni sono classificate in tre classi.

- Classe A: fondazioni su pali legati in calcestruzzo armato e acciaio, platee rigide in calcestruzzo armato, pali di legno legati tra loro e muri di sostegno a gravita.
- Classe B: pali non legati in calcestruzzo armato, fondazioni continue, pali e platee in legno.
- Classe C: muri di sostegno leggeri, fondazioni massicce in pietra e la condizione di assenza di fondazioni, con muri appoggiati direttamente sul terreno. Il terreno viene quindi classificato in sei classi:
 - ✓ Tipo a: rocce non fessurate o rocce molto solide, leggermente fessurate o sabbie cementate;
 - ✓ Tipo b: terreni compattati a stratificazione orizzontale;
 - ✓ Tipo c: terreni poco compattati a stratificazione orizzontale;
 - ✓ Tipo d: piani inclinati, con superficie di scorrimento potenziale;
 - ✓ Tipo e: terreni granulari, sabbie, ghiaie (senza coesione) e argille coesive sature;
 - ✓ Tipo f: materiale di riporto.

L'Appendice D della UNI 9916 contiene i criteri di accettabilità dei livelli delle vibrazioni con riferimento alla DIN 4150.

La parte 3 della DIN 4150 indica i punti in cui eseguire i rilievi all'interno di una abitazione e indica le velocità massime ammissibili per vibrazioni transitorie e continue.

Per vibrazioni transitorie la DIN 4150 indica tre posizioni in cui eseguire i rilievi:

- ✓ in corrispondenza delle fondazioni;
- ✓ sul solaio più elevato in corrispondenza del muro perimetrale;
- ✓ al centro dei solai.

Nella Tabella che segue, applicabile per vibrazioni transitorie, sono riportati, per diverse tipologie di costruzioni, i valori di riferimento alle fondazioni ed a livello del solaio superiore.

Tabella 4.1: Valori limite UNI 9916 espressi in velocità di vibrazione di picco (p.c.p.v.) in mm/s per vibrazioni di breve durata. Per frequenze superiori ai 100 Hz possono essere adottati i valori per 100 Hz.

	Tipo di edificio	Fondazioni			Ultimo solaio
		Da 1 a 10 Hz	Da 10 a 50 Hz	Da 50 a 100 Hz	Tutte le frequenze
1	Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari	20	da 20 a 40	da 40 a 50	40
2	Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo	5	da 5 a 15	da 15 a 20	15
3	Edifici che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle precedenti classificazioni e che sono da tutelare in modo particolare (monumenti sotto la protezione delle belle arti)	3	da 3 a 8	da 8 a 10	8

Le vibrazioni generate dalle attività di produzione, caratterizzate da un livello medio complessivo sostanzialmente costante, possono essere catalogate, ai fini della verifica in corrispondenza dei ricettori rispetto al danneggiamento, come vibrazioni di tipo permanente. Per la verifica rispetto al danneggiamento, si farà in tal caso riferimento ai limiti di prospetto D.2 UNI9916, tratti dalla DIN4150-3 e riportati nella tabella seguente.

Tabella 4.2: Valori limite UNI 9916 espressi in velocità di vibrazione di picco (p.c.p.v.) in mm/s per vibrazioni permanenti

	Tipo di edificio	Per tutte le frequenze
1	<i>Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari</i>	10
2	<i>Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo</i>	5
3	<i>Edifici che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle precedenti classificazioni e che sono da tutelare in modo particolare (monumenti sotto la protezione delle belle arti)</i>	2.5

La figura riportata nella pagina che segue riassume quanto esposto per le vibrazioni transitorie. Nella lettura di tale figura si deve rammentare che:

- Nel caso di misure in posizione 1 (fondazione) si prende a riferimento il valore maggiore delle tre componenti;
- Nel caso di misure in posizione 2 (ultimo solaio orizzontale del fabbricato) si prende in considerazione il valore maggiore tra le due componenti orizzontali;
- Nel caso di misure in posizione 3 (mezzera solaio) si prende in considerazione la vibrazione in direzione verticale.

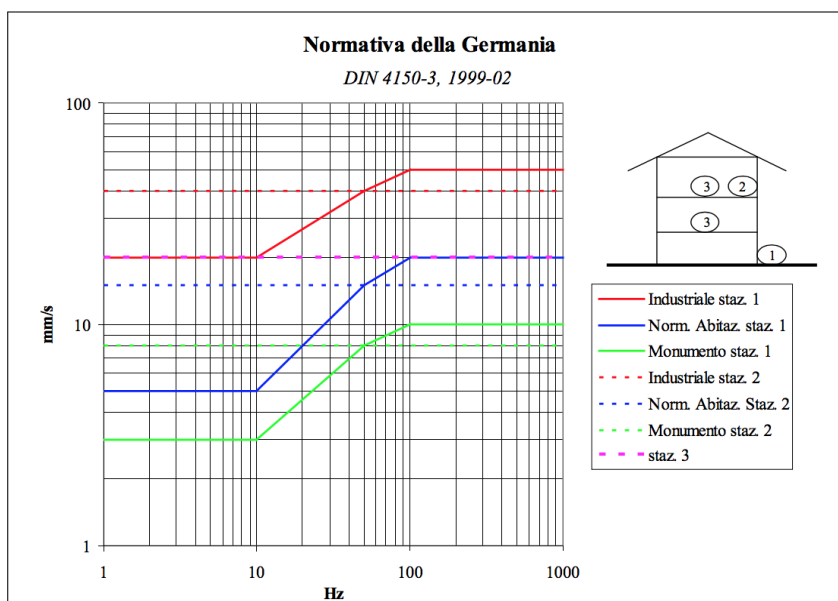


Figura 4.1: Limiti delle vibrazioni sugli edifici previsti dalla DIN 4150-3


 Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 17 di 38
---	---------------------	--	------------	---------------------------

Figura 5.1: Approntamento postazione area cluster “S.Elia1 – CF7”



Durante la fase di perforazioni saranno utilizzate le seguenti attrezzature:

- aste pesanti (drill collars), per scaricare peso sullo scalpello;
- stabilizzatori, a lame o a rulli, per centrare, irrigidire ed inflettere la BHA;
- motori di fondo e turbine, atti a produrre la rotazione del solo scalpello;
- strumenti elettronici in grado di misurare la direzione e rilevare parametri litologici durante la perforazione, quali MWD (Measuring While Drilling) e LWD (Logging While Drilling);
- strumento per la perforazione verticale del foro;
- sistema di orientamento dello scalpello (steerable system);
- allargatori.



Figura 5.2: Planimetria area cluster "S.Elia1 - CF7", in fase di perforazione



6 IL MODELLO MATEMATICO

6.1 Realizzazione del modello matematico

Per rappresentare la situazione esistente è stato realizzato un apposito modello matematico in cui vengono inseriti tutti gli elementi che concorrono a determinare la situazione di vibrazione residua dell'area oggetto di studio.

Il primo passaggio per la definizione dello scenario di calcolo all'interno del modello previsionale è stato la ricostruzione dell'orografia dell'area di interesse, inserendo gli edifici e le strade locali.

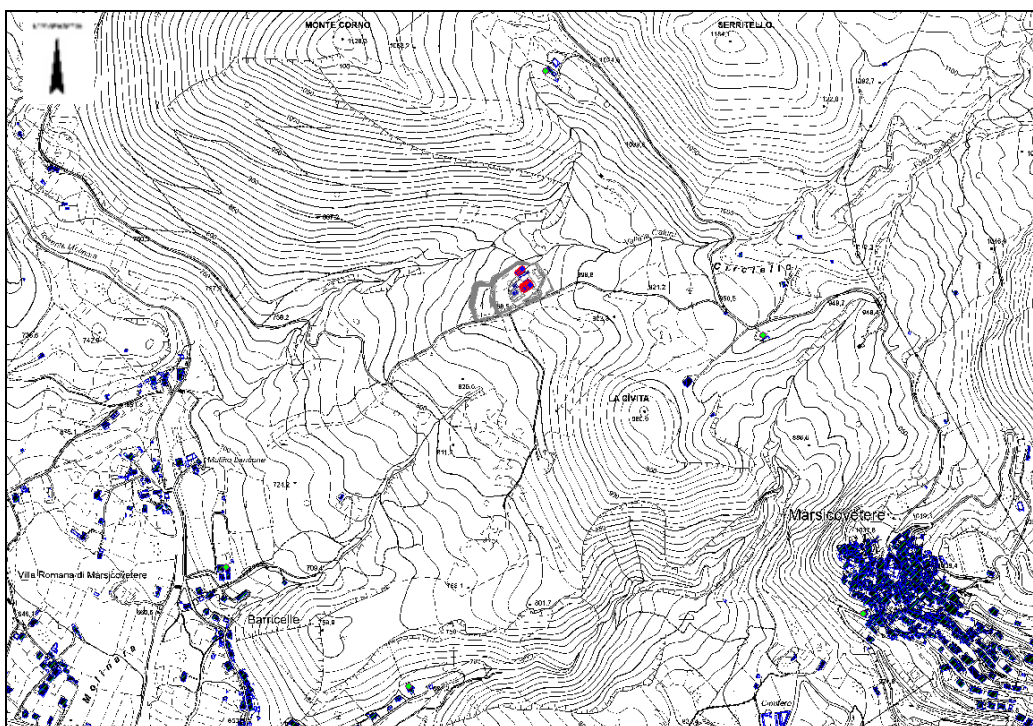



Figura 6.1: Inserimento degli edifici e delle strade nel modello (vista planimetrica scala 1:2000)

	Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 20 di 38
--	---	---------------------	--	------------	---------------------------

6.2 Creazione dell'orografia del terreno

Sulla base delle informazioni altimetriche raccolte nelle cartografie vettoriali dell'area, è stato ricreato il modello digitale del terreno (DGM) fino a una distanza di almeno 500 metri dal confine d'impianto in modo da comprendere le abitazioni limitrofe potenzialmente interessate dalle emissioni.

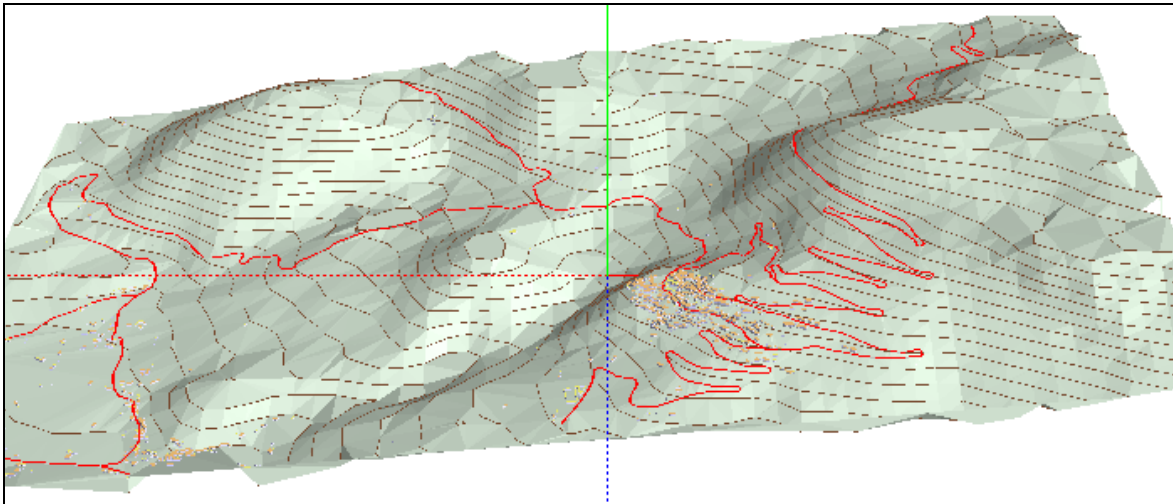



Figura 6.2: Creazione del modello digitale del terreno (vista 3D)

Una volta definita l'orografia del territorio, sono stati inseriti nello scenario di calcolo tutti gli elementi che si comportano come ostacoli alla propagazione dell'onda sonora come, ad esempio, i muretti di contenimento interni, il muro perimetrale e gli edifici.

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Foglio. 21 di 38</p>
--	-----------------------------	--	--------------------	-------------------------------------

6.3 Il modello di propagazione nel terreno delle onde vibrazionali

Lo studio della propagazione vibratoria sui terreni vede la concorrenza di due fenomeni che interagiscono tra di loro:

- l'attenuazione materiale del mezzo, legata alle caratteristiche dissipative del terreno all'interno del quale avviene la propagazione di energia vibratoria. L'attenuazione materiale del mezzo è un fenomeno complesso (dipende ad esempio dalla frequenza e ampiezza del moto), risultante dalla interazione di diversi meccanismi, tra cui le perdite di energia di natura viscosa per attrito tra le particelle di terreno e le dissipazioni dovute al movimento relativo tra fasi solida e fluida.
- l'attenuazione geometrica, legata al fenomeno di propagazione dell'energia vibratoria entro volumi di terreno sempre crescenti con l'aumentare della distanza dalla sorgente. In un mezzo omogeneo essa è legata alla geometria della sorgente (puntuale, lineare, etc.), alla sua profondità, alle caratteristiche del dominio sede dei fenomeni propagatori (presenza di ostacoli, discontinuità, etc.). L'attenuazione geometrica dipende poi dal particolare tipo di campo vibratorio studiato e si manifesta in modo diverso per le onde di volume rispetto alle onde di superficie o di interfaccia.

L'approccio scelto per creare un modello propagativo delle vibrazioni nel terreno durante le attività per la realizzazione dell'oleodotto parte dalle relazioni presenti in letteratura, definendo poi i parametri specifici del terreno in modo che vi sia una buona rispondenza tra i valori misurati alle diverse distanze e i valori teorici. In questo senso possiamo fare alcune considerazioni (visibili anche nei grafici precedenti) per cui:

- la sorgente specifica, il cantiere che si sviluppa lungo la linea dell'oleodotto è assumibile come una sorgente di tipo lineare;
- l'attenuazione dissipativa del mezzo è stata calcolata nell'ipotesi di mezzo debolmente dissipativo e campo vibratorio costituito in prevalenza da onde di volume nelle vicinanze della sorgente, e di superficie di tipo Rayleigh per distanze maggiori;
- l'attenuazione geometrica pertinente alla sorgente puntuale nel campo vicino è stata assunta proporzionale a r^{-1} , mentre nel campo lontano si è considerata una prevalenza di onde di Rayleigh con una legge di attenuazione proporzionale a r^{-n} , dove n varia in funzione della distanza.

Pertanto, l'attenuazione delle vibrazioni è stata calcolata in condizioni di campo libero mediante la seguente espressione:

$$A(r, f) = A(r_0, f) \cdot \left(\frac{r_0}{r}\right)^n \cdot e^{-2\mu f \epsilon / c(r-r_0)} \quad (7)$$

dove


$A(r, f)$ è il valore dell'accelerazione alla frequenza f misurabile alla distanza r dalla sorgente;

$A(r_0, f)$ è il valore dell'accelerazione alla frequenza f misurato alla distanza r_0 dalla sorgente;

e è un parametro legato alle caratteristiche geotecniche del terreno;

c è la velocità di propagazione dell'onda vibrazionale nel terreno.

Nel nostro caso, e e c variano in funzione dell'area considerata lungo la linea di sviluppo dell'oleodotto.

 <p>Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale</p>	<p>Data Maggio 2024</p>	<p>VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444</p>	<p>Rev. 00</p>	<p>Foglio. 22 di 38</p>
--	-----------------------------	--	--------------------	-------------------------------------

6.4 La propagazione delle vibrazioni negli edifici

La propagazione delle vibrazioni negli edifici e la risposta di pareti e solai dipendono dalle caratteristiche costruttive dell'edificio. Al fine delle valutazioni è importante separare due aspetti fondamentali del fenomeno:

- l'interazione suolo-fondazioni;
- la propagazione nel corpo dell'edificio.

Il primo aspetto è legato al fatto che la mancanza di solidarietà all'interfaccia terreno-struttura dà luogo a fenomeni dissipativi, configurandosi come un fenomeno limitante della trasmissione. Detto fenomeno è perciò condizionato dalla tipologia delle fondazioni (fondazioni a platea, fondazioni su plinti isolati, pali di fondazioni, ecc.).

Nel caso di fondazioni a platea la grande area di contatto con il terreno determina una perdita di accoppiamento praticamente nulla alle basse frequenze fino alla frequenza di risonanza della fondazione.

Per le altre tipologie di fondazioni possono essere utilizzate curve empiriche che consentono la stima dei livelli di vibrazione della fondazione in funzione dei livelli di vibrazione del terreno.

La propagazione nel corpo dell'edificio è determinante sia per gli abitanti sia per le strutture in quanto i pavimenti, pareti e soffitti degli edifici sono soggetti a significative amplificazioni delle vibrazioni rispetto a quelle trasmesse dalle fondazioni. In molti casi la risonanza delle strutture orizzontali può causare un'amplificazione delle vibrazioni nel campo di frequenze comprese tra 10 e 30 Hz. I problemi maggiori si verificano quando la frequenza di risonanza dei solai coincide con la frequenza di picco dello spettro di vibrazione del terreno.

Negli edifici multipiano un valore di attenuazione delle vibrazioni da piano a piano è approssimativamente pari a 3 dB. I risultati di misure sperimentali svolti da Ishii e Tachibana in un edificio a 10 piani fuori terra con struttura in calcestruzzo armato e acciaio mostrano un'attenuazione di circa 1 dB alle basse frequenze in corrispondenza dei piani alti e maggiore di 3 dB ai primi piani.

La norma DIN 4150 riferisce che, nel caso di vibrazioni orizzontali le frequenze proprie dei piani di un edificio seguono all'incirca la legge $f = 10/n$, essendo n il numero del piano. Per la componente verticale si hanno circa $f = 10$ Hz per pavimenti poco rigidi e $f = 30$ Hz per pavimenti molto rigidi. Gli incrementi per risonanza possono essere dell'ordine di $3\div 8$ volte, con rari casi di incrementi fino a 15 volte.

Risultati analoghi sono stati ottenuti nel corso di misure eseguite dalle Ferrovie Svizzere: generalmente si ha un'attenuazione nelle componenti orizzontali x e y ($f = 0\div 80$ Hz) tra suolo e piano terra degli edifici ma si verifica un'amplificazione della componente verticale z tra suolo e piano terra e suolo-primo piano.

Mediamente l'amplificazione sul pavimento è di 5 dB per frequenze di risonanza di circa 20 Hz, ma può arrivare anche a 20 dB nel caso del pavimento del piano terra con frequenza di risonanza di circa 40 Hz.

Le caratteristiche strutturali degli edifici che influiscono sulla propagazione delle vibrazioni trasmesse dal terreno alla fondazione vengono considerate composte da due componenti:

- propagazione da piano a piano;
- amplificazione degli orizzontamenti.

I due fenomeni comportano evidentemente due effetti contrari, il primo di attenuazione, il secondo di amplificazione. In relazione alle condizioni specifiche che caratterizzano gli immobili, uno dei due effetti può prevalere sull'altro, come pure i due effetti si possono elidere vicendevolmente.

In generale i fenomeni si differenziano in relazione al campo di frequenza in cui hanno specifica rilevanza.

Le vibrazioni, prevalentemente verticali in corrispondenza del sistema fondazionale dell'edificio, si propagano verso l'alto con una attenuazione progressiva da piano a piano.

Nella seguente tabella riportiamo tale attenuazione in funzione della frequenza per altezze di interpiano sino a 3.2 m e per 3 orizzontamenti.

Il primo orizzontamento connota la posizione di minima attenuazione che viene considerata nelle verifiche previsionali.

Tabella 6.1: Attenuazioni di interpiano (espressi in dB)

Piano	Frequenze in terzi d'ottava (Hz)								
	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
1° Orizzontamento	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3
2° Orizzontamento	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5.5	-6
3° Orizzontamento	-6	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-7.5

Per ciò che riguarda la propagazione delle vibrazioni nel corpo della struttura i problemi maggiori riguardano i solai: la vibrazione può essere amplificata in corrispondenza della frequenza fondamentale degli orizzontamenti, che dipende dalla luce del solaio e dalla loro tipologia costruttiva. L'amplificazione dei solai spazia in un ambito che va da 5 dB per frequenze proprie di circa 20 Hz a valori limite di 20 dB per frequenze proprie di circa 40 Hz. Le frequenze proprie degli orizzontamenti più diffusi si situano tra 10 Hz e 20 Hz.

Per le frequenze orizzontali, come già citato, la norma DIN 4150 suggerisce di calcolare le frequenze proprie ai vari piani con la formula $f = 10/n$, dove n è il numero del piano.

Per le frequenze connesse a modi verticali, la frequenza propria di un solaio si può esprimere come:

$$f_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (\text{Hz}) \quad (8)$$

dove "k" viene assunto approssimativamente come la rigidezza per carichi concentrati in mezzera ed "m" come la massa della striscia di solaio considerata (il calcolo preciso proviene dalla risoluzione di un integrale di Duhamel).

Nella figura seguente sono riportati, a titolo esemplificativo, i valori di amplificazione attesi per orizzontamenti in latero-cemento di classico dimensionamento per differenti luci.

Le curve tabellate fornite dalla letteratura indicano che non sono attese amplificazioni per le componenti in frequenza superiori a 50 Hz.

Nel caso di struttura portante orizzontale in acciaio e legno, sono messe in conto, in relazione ai minori smorzamenti strutturali che caratterizzano tali materiali costruttivi, maggiori amplificazioni, dell'ordine del 10% per l'acciaio e del 20% per il legno.

Tabella 6.2: Amplificazioni	<i>Frequenze in terzi d'ottava (Hz)</i>
--	---



6.5 Accoppiamento terreno-edificio

La differenza tra il livello di vibrazione del terreno e quello delle strutture di fondazione è detta attenuazione per perdita di accoppiamento (coupling loss).

Dal punto di vista fondazionale, gli edifici possono essere classificati come edifici su fondazione diretta (plinti isolati o travi continue) ed edifici su fondazioni profonde (pali, pozzi, diaframmi, ecc).

La figura seguente fornisce i valori sperimentali medi della perdita di accoppiamento in funzione della frequenza per fondazioni su pali nel terreno o su plinti di edifici in muratura, con o senza intelaiatura.

Per gli edifici con struttura portante verticale in muratura, in relazione alla maggiore massa, viene messa in conto una maggiore attenuazione pari a 2 dB. Per edifici con struttura portante verticale in acciaio, in relazione alla minore massa in gioco, viene messa in conto una riduzione di attenuazione, rispetto al caso di struttura portante in cemento armato, pari a 2 dB.

Per fondazioni a platea generale dato che la vibrazione della stessa può essere considerata simile a quella che si verificherebbe nel terreno senza la presenza della platea, la perdita di accoppiamento è zero alle basse frequenze fino alla frequenza di risonanza della platea.

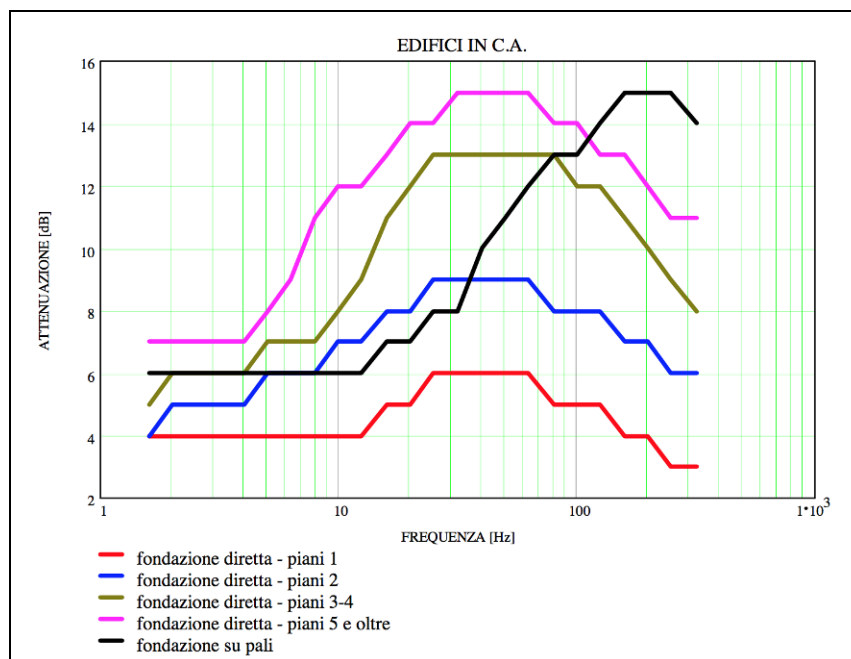


Figura 6.3: Attenuazioni legate all'accoppiamento terreno-fondazioni

Il comportamento varia se le fondazioni della costruzione non sono in cemento armato.

Nella figura seguente è possibile osservare la differenza di attenuazione per accoppiamento tra i diversi tipi di fondazioni.

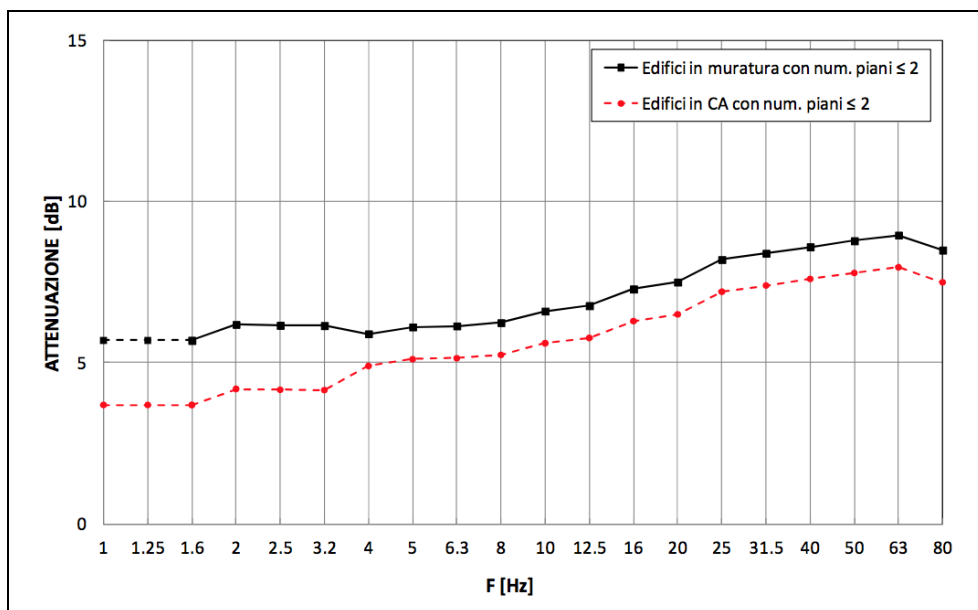


Figura 6.4: Attenuazioni legate all'accoppiamento terreno-fondazioni



6.6 Inserimento delle sorgenti

La mancanza di dati specifici sulle vibrazioni prodotte dalle macchine di cantiere e mezzi d'esercizio impiegati rappresenta una problematica significativa nell'effettuare valutazioni precise degli impatti delle attività. Per affrontare questa situazione, è stato necessario fare affidamento su misurazioni effettuate in passato su mezzi o macchine simili.

Questa pratica riflette un approccio prudente e ragionevole, in quanto l'esperienza pregressa può fornire una base solida per comprendere e stimare le vibrazioni che potrebbero essere generate dalle attrezzature del cantiere attuali. Utilizzare dati storici da macchine simili può consentire una valutazione preliminare degli impatti e delle possibili misure di mitigazione da adottare.

Nella presente valutazione sono state considerate solo le sorgenti con una certa rilevanza in termini di livelli di vibrazioni, ad esempio macchinari impiegati per le operazioni di scavo e di perforazione. Il periodo di attività delle sorgenti s'intende a funzionamento parziale e ciò dipende direttamente dal tipo di lavorazione in corso, che varia in base alla pianificazione come da cronoprogramma non ancora definito. Le sorgenti rimanenti mostrano un livello di vibrazioni modesto, e quindi possono essere ritenute trascurabili.

Qui di seguito si riportano esempi di time history e spettrogrammi di alcune delle sorgenti più impattanti:

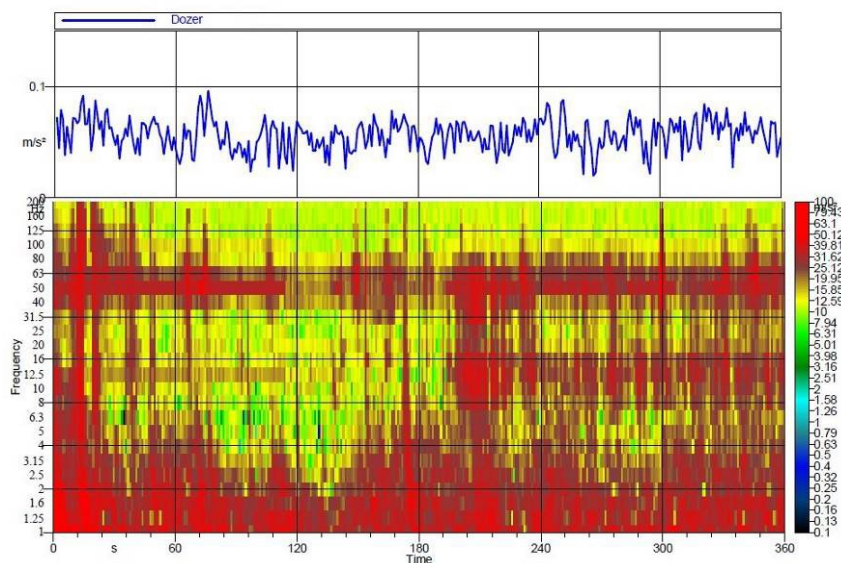


Figura 6.5: Vibrazione prodotta dal funzionamento di un dozer

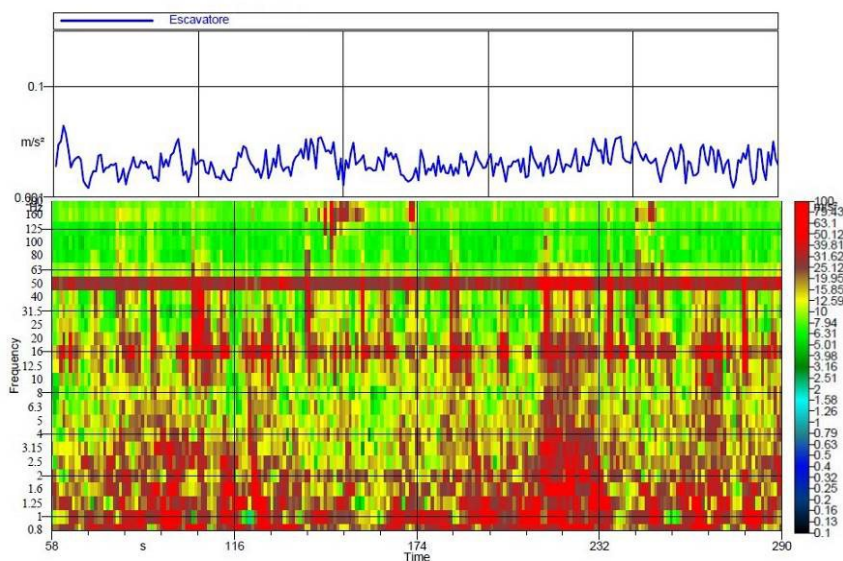


Figura 6.6: Vibrazione prodotta dal funzionamento di un escavatore

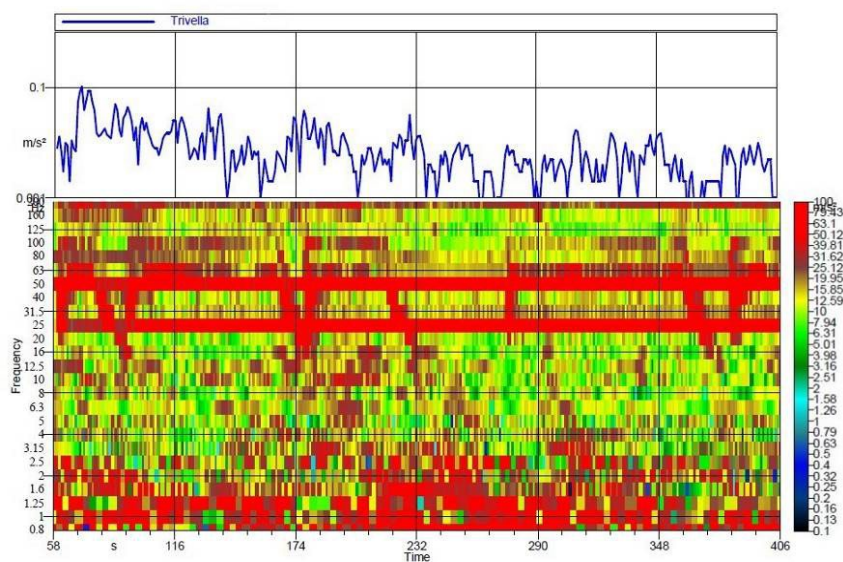



Figura 6.7: Vibrazione prodotta dal funzionamento di una trivella

	Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 29 di 38
--	---	---------------------	--	------------	---------------------------

7 MISURE DI VIBRAZIONE RESIDUA (ANTE OPERAM)

Le misure sono state eseguite con accelerometri triassiali in modo da ottenere i valori di accelerazione vibrazionale su X, Y e Z.

La metodologia di fissaggio degli accelerometri è attraverso una massa sismica di adeguato peso e tale da garantire un appoggio isostatico, come previsto dalla UNI ISO 5348:2021.

Nel mese di marzo 2024 è stata effettuata una campagna di rilievi di vibrazione ante-operam sull'area circostante la futura zona di cantiere. I punti sono stati scelti in corrispondenza dei ricettori più esposti alle future emissioni del cantiere, come già descritto al paragrafo 2.2.

Sono stati individuati n. 5 punti distribuiti sull'intera area oggetto di indagine, come rappresentato in figura sottostante.

In totale, sono stati individuati e monitorati cinque punti di rilevamento, disposti in maniera strategica sull'intera area di studio, come chiaramente rappresentato nella figura sottostante. Questa distribuzione mirata consente di ottenere una panoramica completa e rappresentativa degli effetti vibrazionali potenziali che potrebbero interessare i ricettori nelle vicinanze del futuro cantiere.

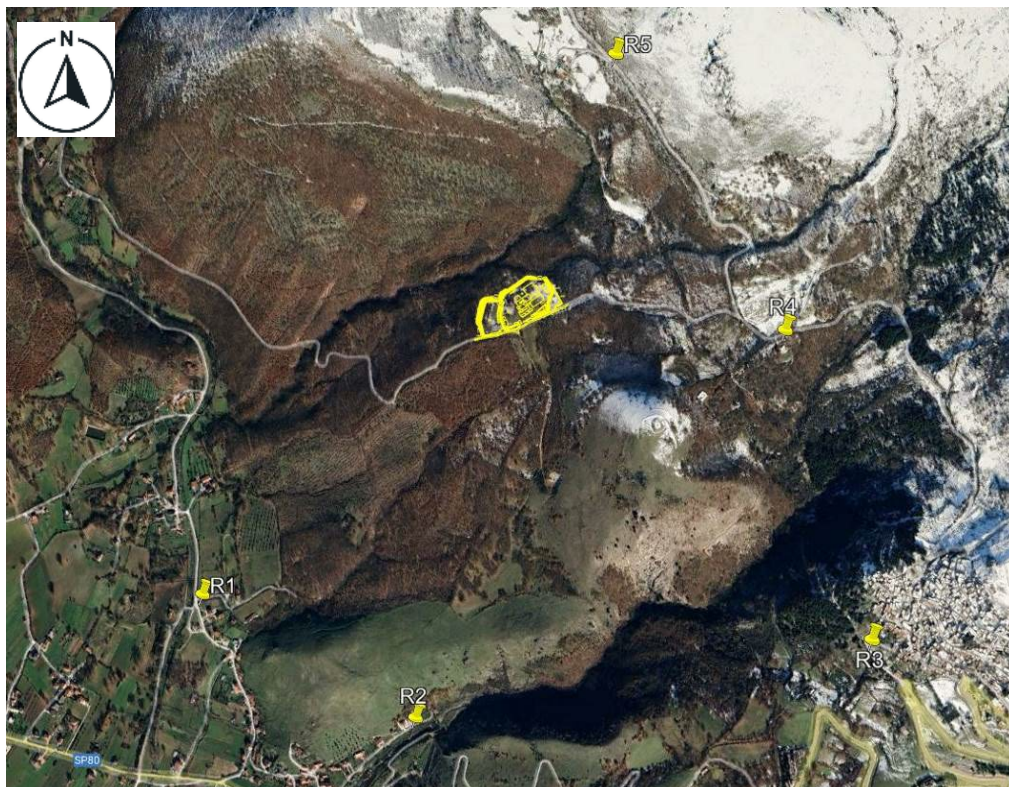



Figura 7.1: Misure di vibrazione effettuate (scala 1:2000)

	Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 30 di 38
--	---	---------------------	--	------------	---------------------------

Ai fini dell'applicazione a livello normativo i livelli di vibrazione residua sono utili per l'analisi secondo norma UNI 9614:2017, in quanto è necessario effettuare una differenza tra vibrazione immessa e vibrazione residua. Le fonti predominanti di vibrazioni attuali nell'area di studio sono principalmente attribuibili al traffico veicolare. È interessante notare che i livelli di vibrazione rilevati risultano essere contenuti, e questo fenomeno può essere spiegato da una combinazione di fattori. In primo luogo, le emissioni di vibrazioni dovute al traffico veicolare sono relativamente basse. In secondo luogo, un altro elemento importante è la quantità di traffico presente nell'area. Il traffico veicolare moderato infatti comporta che le sorgenti di vibrazione siano meno frequenti, contribuendo a mantenere i livelli complessivi di vibrazione molto bassi.

Qui di seguito si riportano i dati delle misure elaborati secondo la norma UNI 9614:2017.

I valori di accelerazione totale, nell'ultimo grafico del report, vengono ottenuti dalla somma quadratica dei valori di accelerazione sui tre assi.

$$A_{w,Tot} = \sqrt{a_{w,x}^2(t) + a_{w,y}^2(t) + a_{w,z}^2(t)} \quad (6)$$

La misurazione dei livelli di vibrazione residua è stata condotta per un tempo statisticamente riproducibile (20 minuti per punto).

Tabella 7.1: Valori di vibrazione residua

Punto di misura	Vibrazione residua Asse X (mm/s ²)	Vibrazione residua Asse Y (mm/s ²)	Vibrazione residua Asse Z (mm/s ²)	Vibrazione residua Asse - Vettore (mm/s ²)
R1	1.1	0.5	0.7	1.3
R2	1.0	0.6	0.7	1.3
R3	0.8	0.5	0.6	1.2
R4	0.9	0.4	0.4	1.1
R5	0.8	0.5	0.4	1.0

7.1 La Strumentazione Utilizzata

Le misure sono state eseguite con accelerometri triassiali ad alta sensibilità (1 V/g ~ 100 mV/m/s²), connessi direttamente al sistema di analisi (analizzatore in tempo reale a 4 canali).

La catena di misura era così costituita:

Analizzatore Dewesoft a 4 canali modello Sirius Mini;

Accelerometro ad alta sensibilità Dytran modello 3233A



Figura 7.2: – Catena di misura

L'intera catena di misura, costituita dall'accelerometro, dall'analizzatore e dal calibratore accelerometrico, è stata certificata presso un Centro di Taratura Accreditato. Nella tabella che segue riportiamo gli estremi dei certificati


Tabella 7.2: – Estremi dei certificati della catena di misura

Strumento	Modello	Costruttore	Matricola	Certificato	Data certificato
Analizzatore di vibrazioni a 4 canali	Sirius Mini	Dewesoft	DB20123435	LCE-1372-V	2021-10-20
Accelerometro triassiale	3233A	Dytran	123	LCE-1372-V	2021-10-20
Calibratore accelerometrico	394C06	PCB	1773	LAT 068 51177-V	2023-06-27

Il rilevatore di vibrazioni con il suo accelerometro è stato verificato per ogni asse con il calibratore accelerometrico, prima e dopo ogni sessione di misura, senza riscontrare variazioni superiori al 2%.



Figura 7.3 – Calibratore accelerometrico

	Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 32 di 38
--	---	---------------------	--	------------	------------------------

L'accelerometro triassiale ad alta sensibilità Dytran mod. 3233A consente misurazioni a bassi livelli vibratori, Il suo rumore elettrico, nella banda di frequenza considerata per le misurazioni (circa 1-100 Hz), è di 12 mm/s².

Tabella 7.3: Dati del rumore elettrico dell'accelerometro usato

Equivalent Electrical Noise		0.00008	g rms	0.00078	m/s ² rms
Spectral Noise	1Hz	12	µg rms / √(Hz)	118	µm/s ² rms / √(Hz)
	10Hz	4	µg rms / √(Hz)	39	µm/s ² rms / √(Hz)
	100Hz	1.2	µg rms / √(Hz)	12	µm/s ² rms / √(Hz)
	1000Hz	0.5	µg rms / √(Hz)	5	µm/s ² rms / √(Hz)



8 PREVISIONE DEI LIVELLI NEL TERRITORIO CIRCOSTANTE

8.1 Premessa

Al fine di comprendere l'impatto vibrazionale sul territorio, attraverso i calcoli di propagazione descritti in precedenza, sono state realizzate una serie di mappe di isolivello vibrazionale, allegate alla relazione. In questo modo è possibile individuare la propagazione sul territorio stesso delle onde vibrazionali. Di seguito sono riportate le tabelle dei ricettori coinvolti dalle emissioni vibrazionali del cantiere. I valori riportati in tabella si riferiscono al piano terra dell'edificio.

8.2 Individuazione dei Ricettori

Qui di seguito vengono riportati sul modello i ricettori considerati:

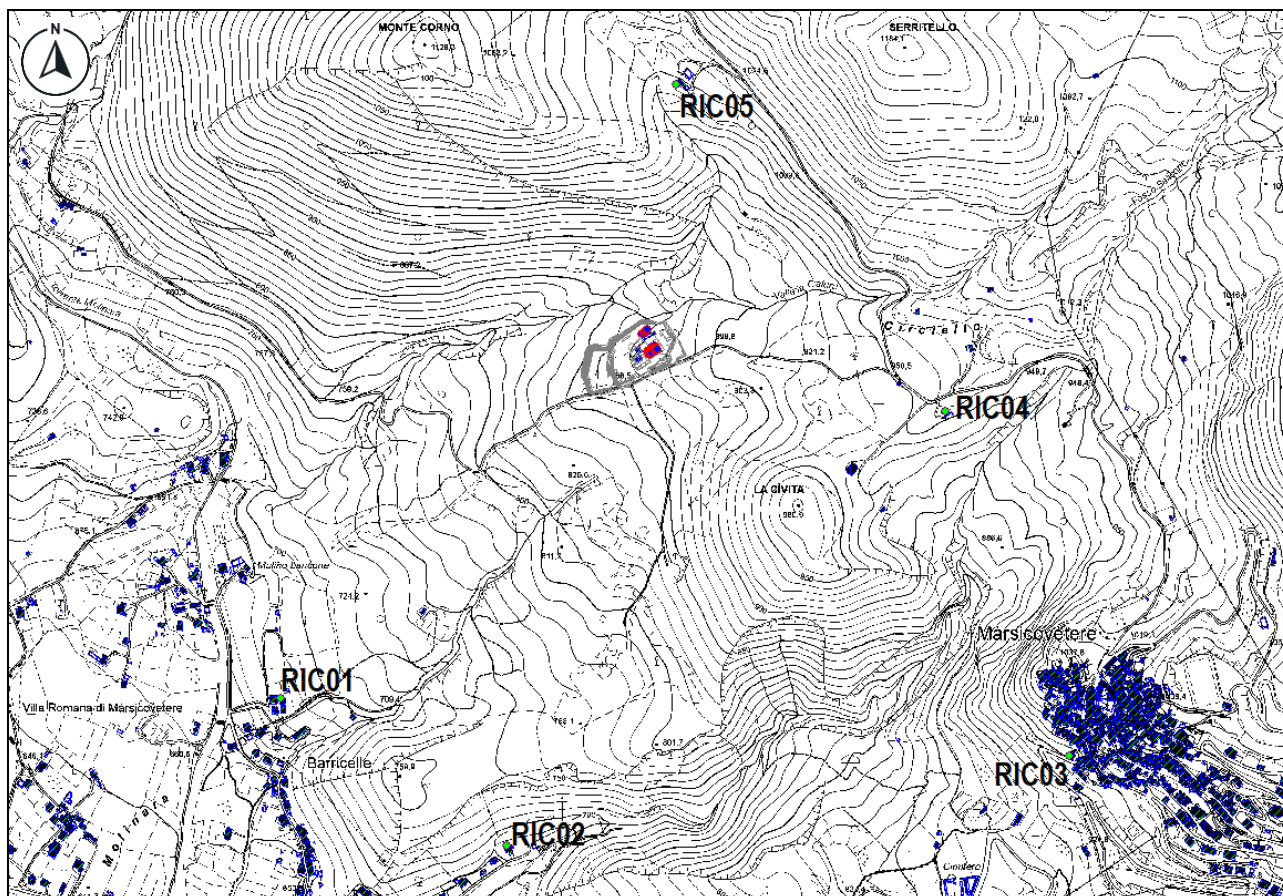



Figura 8.1: Ricettori individuati per la valutazione (scala 1:2000)

	Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 34 di 38
--	---	---------------------	--	------------	---------------------------

8.3 Valutazione secondo UNI 9614:2017

8.3.1

Tabella 8.1: FASE DI CANTIERE – UNI 9614:2017-Periodo diurno

Ricettore	Vibrazione immessa (mm/s ²)	Vibrazione residua (mm/s ²)	Vibrazione sorgente (mm/s ²)	Valore Limite (mm/s ²)
RIC01	1.3	1.3	0.2	7.2
RIC02	1.3	1.3	0.2	7.2
RIC03	1.2	1.2	0.2	7.2
RIC04	1.2	1.1	0.5	7.2
RIC05	1.3	1.0	0.9	7.2

Tabella 8.2: FASE DI PERFORAZIONE – UNI 9614:2017-Periodo diurno

Ricettore	Vibrazione immessa (mm/s ²)	Vibrazione residua (mm/s ²)	Vibrazione sorgente (mm/s ²)	Valore Limite (mm/s ²)
RIC01	1.3	1.3	0.2	7.2
RIC02	1.3	1.3	0.3	7.2
RIC03	1.2	1.2	0.2	7.2
RIC04	1.3	1.1	0.6	7.2
RIC05	1.8	1.0	1.5	7.2

Tabella 8.3: FASE DI PERFORAZIONE – UNI 9614:2017-Periodo notturno

Ricettore	Vibrazione immessa (mm/s ²)	Vibrazione residua (mm/s ²)	Vibrazione sorgente (mm/s ²)	Valore Limite (mm/s ²)
RIC01	1.3	1.3	0.2	3.6
RIC02	1.3	1.3	0.3	3.6
RIC03	1.2	1.2	0.2	3.6
RIC04	1.3	1.1	0.6	3.6
RIC05	1.8	1.0	1.5	3.6



	Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 35 di 38
--	---	---------------------	--	------------	---------------------------

Tabella 8.4: FASE DI PERFORAZIONE – UNI 9614:2017- FASE DI ESERCIZIO –Periodo diurno

Ricettore	Vibrazione immessa (mm/s ²)	Vibrazione residua (mm/s ²)	Vibrazione sorgente (mm/s ²)	Valore Limite (mm/s ²)
RIC01	1.3	1.3	0.0	7.2
RIC02	1.3	1.3	0.0	7.2
RIC03	1.2	1.2	0.0	7.2
RIC04	1.1	1.1	0.0	7.2
RIC05	1.0	1.0	0.1	7.2

Tabella 8.5: FASE DI PERFORAZIONE – UNI 9614:2017- FASE DI ESERCIZIO – Periodo notturno

Ricettore	Vibrazione immessa (mm/s ²)	Vibrazione residua (mm/s ²)	Vibrazione sorgente (mm/s ²)	Valore Limite (mm/s ²)
RIC01	1.3	1.3	0.0	3.6
RIC02	1.3	1.3	0.0	3.6
RIC03	1.2	1.2	0.0	3.6
RIC04	1.1	1.1	0.0	3.6
RIC05	1.0	1.0	0.1	3.6

	Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 36 di 38
--	---	---------------------	--	------------	------------------------

8.4 Valutazione secondo UNI 9916:2014

Tabella 8.6: FASE DI CANTIERE – UNI 9916:2014-Periodo diurno

Ricettore	PPV, z (Maggiore delle tre componenti assiali) (mm/s)	Fondazioni Limite Da 1 a 10 Hz	Fondazioni Limite Da 10 a 50 Hz	Fondazioni Limite Da 50 a 100 Hz
RIC01	0.13	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC02	0.14	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC03	0.09	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC04	0.27	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC05	0.49	5	da 5 a 15	da 15 a 20

Tabella 8.7: FASE DI PERFORAZIONE – UNI 9916:2014-Periodo diurno

Ricettore	PPV, z (Maggiore delle tre componenti assiali) (mm/s)	Fondazioni Limite Da 1 a 10 Hz	Fondazioni Limite Da 10 a 50 Hz	Fondazioni Limite Da 50 a 100 Hz
RIC01	0.10	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC02	0.13	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC03	0.08	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC04	0.24	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC05	0.51	5	da 5 a 15	da 15 a 20

Tabella 8.8: FASE DI PERFORAZIONE – UNI 9916:2014-Periodo notturno

Ricettore	PPV, z (Maggiore delle tre componenti assiali) (mm/s)	Fondazioni Limite Da 1 a 10 Hz	Fondazioni Limite Da 10 a 50 Hz	Fondazioni Limite Da 50 a 100 Hz
RIC01	0.10	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC02	0.13	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC03	0.08	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC04	0.24	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC05	0.51	5	da 5 a 15	da 15 a 20



	Eni S.p.A. <i>Natural Resources</i> Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 37 di 38
--	---	---------------------	--	------------	------------------------

Tabella 8.9: FASE DI PERFORAZIONE – UNI 9916:2014-FASE DI ESERCIZIO - Periodo diurno

Ricettore	PPV, z (Maggiore delle tre componenti assiali) (mm/s)	Fondazioni Limite Da 1 a 10 Hz	Fondazioni Limite Da 10 a 50 Hz	Fondazioni Limite Da 50 a 100 Hz
RIC01	0.01	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC02	0.01	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC03	0.00	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC04	0.01	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC05	0.02	5	da 5 a 15	da 15 a 20

Tabella 8.10: FASE DI PERFORAZIONE – UNI 9916:2014-FASE DI ESERCIZIO - Periodo notturno

Ricettore	PPV, z (Maggiore delle tre componenti assiali) (mm/s)	Fondazioni Limite Da 1 a 10 Hz	Fondazioni Limite Da 10 a 50 Hz	Fondazioni Limite Da 50 a 100 Hz
RIC01	0.01	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC02	0.01	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC03	0.00	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC04	0.01	5	da 5 a 15	da 15 a 20
RIC05	0.02	5	da 5 a 15	da 15 a 20

 Eni S.p.A. Natural Resources Distretto Meridionale	Data Maggio 2024	VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE Doc. AMB_ME_06_444	Rev. 00	Foglio. 38 di 38
--	---------------------	--	------------	---------------------------

CONCLUSIONI

L'analisi è stata svolta secondo le norme UNI 9614:2017 e UNI 9916:2014. La norma UNI 9614:2017 definisce il metodo di misurazione 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. La norma UNI 9916:2014 fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misurazione, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii per permettere la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Si specifica che per la norma UNI 9916:2014 è stato preso a riferimento il valore maggiore delle tre componenti assiali (asse z), poiché trattasi di analisi effettuate alla fondazione. I risultati della valutazione effettuata hanno evidenziato un sostanziale rispetto dei limiti per entrambe le norme considerate.

Marsicovetere, 11/04/2024

IL TECNICO INCARICATO

Sergenti Marco

