



**Eni SpA** **DISTRETTO  
MERIDIONALE**



Doc. AMB\_ME\_06\_425

**[ID\_VIP 9449]**

***Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione  
dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di  
collegamento***

**VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE**

**Comune di Marsico Nuovo (PZ)  
Regione Basilicata**

Ottobre 2023

|   |                              |  |                    |                  |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>2</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|------------------|------------------|

**[ID\_VIP 9449]**

**Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione  
dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di  
collegamento**

**VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE**

Comune di Marsico Nuovo (PZ)

Regione Basilicata

|   |                         |              |                              |                   |                  |
|---|-------------------------|--------------|------------------------------|-------------------|------------------|
|  | Commessa: <b>P21095</b> |              | Doc. n. <b>AMB_ME_06_425</b> |                   |                  |
|   | --                      | --           | --                           | --                | --               |
|   | 00                      | Ottobre 2023 | Sergenti M.                  | Mazzone D.        | Di Michele C.    |
|   | <b>REV.</b>             | <b>DATA</b>  | <b>ELABORATO</b>             | <b>VERIFICATO</b> | <b>APPROVATO</b> |

|      |             |               |            |            |              |
|------|-------------|---------------|------------|------------|--------------|
| 00   | Emissione   | Proger S.p.A. | Eni S.p.A. | Eni S.p.A. | Ottobre 2023 |
| REV. | DESCRIZIONE | PREPARATO     | VERIFICATO | APPROVATO  | DATA         |

|  |                              |   |                    |                  |                  |
|--|------------------------------|---|--------------------|------------------|------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>3</p> | <p>di<br/>68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|------------------|------------------|

## INDICE

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>                                      | <b>7</b>  |
| 2.1      | LOCALIZZAZIONE.....   | 7         |
| 2.2      | I RICETTORI.....  | 8         |
| 2.3      | LE INFRASTRUTTURE DELL'AREA.....  | 12        |
| <b>3</b> | <b>DEFINIZIONI TECNICHE.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>4</b> | <b>RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>   | <b>15</b> |
| 4.1      | LA NORMA UNI 9614:2017.....   | 16        |
| 4.2      | LA NORMA 9916:2014.....   | 22        |
| <b>5</b> | <b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....</b>  | <b>27</b> |
| 5.1      | AREA POZZO "PERGOLA 1" - ALLESTIMENTO A PRODUZIONE.....                     | 28        |
| 5.2      | AREA "INNESTO 3".....   | 28        |
| 5.3      | CONDOTTE DI COLLEGAMENTO DA PE1 A IN3.....                                  | 28        |
| <b>6</b> | <b>CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ.....</b>                                   | <b>31</b> |
| 6.1      | MEZZI DI CANTIERE.....  | 32        |
| 6.2      | VIABILITÀ DI CANTIERE.....  | 35        |
| <b>7</b> | <b>IL MODELLO MATEMATICO.....</b>   | <b>37</b> |
| 7.1      | REALIZZAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO.....                                   | 37        |
| 7.2      | CREAZIONE DELL'OROGRAFIA DEL TERRENO.....                                   | 38        |
| 7.3      | IL MODELLO DI PROPAGAZIONE NEL TERRENO DELLE ONDE VIBRAZIONALI.....         | 38        |
| 7.4      | LA PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI NEGLI EDIFICI.....                         | 40        |
| 7.5      | ACCOPPIAMENTO TERRENO-EDIFICIO.....   | 43        |
| <b>8</b> | <b>MISURE DI VIBRAZIONE RESIDUA (ANTE OPERAM).....</b>                      | <b>46</b> |
| <b>9</b> | <b>PREVISIONE DEI LIVELLI DI VIBRAZIONI NEL TERRITORIO CIRCOSTANTE.....</b> | <b>48</b> |
| 9.1      | PREMESSA.....   | 48        |
| 9.2      | VALUTAZIONE SECONDO UNI 9614:2017.....                                      | 48        |

|   |                              |  |                    |                  |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>4</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|------------------|------------------|

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 9.3       | VALUTAZIONE SECONDO UNI 9916:2014 .....                | 51        |
| <b>10</b> | <b>CONCLUSIONI.....</b>                                | <b>54</b> |
|           | <b>APPENDICE A – DEFINIZIONI TECNICHE .....</b>        | <b>55</b> |
|           | <b>APPENDICE B - RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>        | <b>57</b> |
|           | <b>APPENDICE C – LA NORMA UNI 9614:2017 .....</b>      | <b>58</b> |
|           | <b>APPENDICE D – LA NORMA 9916:2014 .....</b>          | <b>61</b> |
|           | <b>APPENDICE E - LA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....</b> | <b>67</b> |

### **INDICE DELLE TABELLE**

|  |    |
|--|----|
| 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. .... | 25 |
| Tabella 4.2: Valori limite UNI 9916 espressi in velocità di vibrazione di picco (p.c.p.v.) in mm/s per vibrazioni permanenti.....  | 25 |
| Tabella 7.1: Attenuazioni di interpiano (espressi in dB) .....   | 42 |
| Tabella 7.2: Amplificazioni in funzione della luce del solaio (espressi in dB).....  | 43 |

### **INDICE DELLE FIGURE**

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.1: Area oggetto dell'intervento.....   | 7  |
| Figura 2.2: Percorso indicativo delle condotte .....  | 8  |
| Figura 2.3: Posizione delle infrastrutture principali.....                                  | 12 |
| Figura 4.1: Indicazione dei punti di misura ideali .....                                    | 18 |
| Figura 4.2: Limiti delle vibrazioni sugli edifici previsti dalla DIN 4150-3.....            | 26 |
| Figura 6.1: Itinerari viabilità di cantiere.....  | 36 |
| Figura 7.1: Inserimento degli edifici e delle strade nel modello (vista planimetrica) ..... | 37 |
| Figura 7.2: Creazione del modello digitale del terreno (vista 3D) .....                     | 38 |
| Figura 7.3: Attenuazioni legate all'accoppiamento terreno-fondazioni.....                   | 44 |
| Figura 7.4: Attenuazioni legate all'accoppiamento terreno-fondazioni.....                   | 45 |
| Figura 8.1: Misure di vibrazione effettuate .....   | 46 |

### **Elenco Allegati**

- Allegato 01 - Misure di vibrazione residua
- Allegato 02 – Certificati di taratura degli strumenti

|   |                              |  |                    |                  |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>5</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|------------------|------------------|

## 1 Premessa

In relazione al procedimento VIA [ID\_VIP 9449] Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di collegamento, il presente documento è redatto per rispondere alle richieste di integrazione da parte del MASE inerenti alla Tematica ambientale "Agenti fisici (rumore e vibrazioni)"

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 lungo quasi tutta l'estensione dell'opera.

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 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.

Per il contributo vibratorio sugli edifici e i possibili danni prodotti da esso viene invece impiegato l'indicatore tratto dalla norma UNI 9916:2014 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
|  <p data-bbox="296 297 566 358">Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p data-bbox="587 199 730 264">Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p data-bbox="770 159 1225 241">Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p data-bbox="842 266 1153 322">VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p data-bbox="1251 199 1299 264">Rev.<br/>00</p> | <p data-bbox="1324 199 1372 264">Pag<br/>6</p> | <p data-bbox="1398 199 1430 264">di<br/>68</p> |
|---|--|--|--|--|--|

vibrazioni sugli edifici”, ovvero il valore di picco in velocità p.c.p.v. (espresso in mm/s) valutato alle fondazioni dello stabile.

|  |                              |   |                    |                  |                  |
|--|------------------------------|---|--------------------|------------------|------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesco 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>7</p> | <p>di<br/>68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|------------------|------------------|

## 2 Inquadramento territoriale

### 2.1 LOCALIZZAZIONE

L'area interessata dai lavori in progetto ricade all'interno della Concessione di Coltivazione "Val d'Agri", di cui Eni è contitolare e rappresentante unica.

La concessione ricade in un'area dell'Appennino Lucano e interessa, principalmente, l'alto fondovalle del fiume Agri e parte dei rilievi circostanti. Ha un'estensione di circa 525,90 km<sup>2</sup> e passa per 40 vertici rientranti nei fogli no. 199, 200, 210 e 211 della Carta d'Italia IGM in scala 1: 100.000.

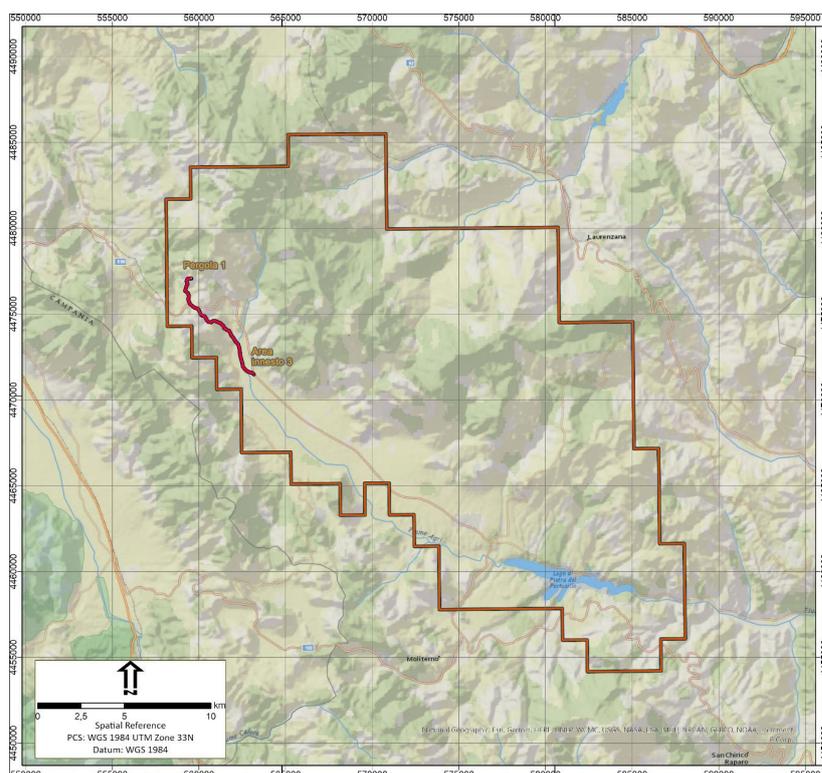


Figura 2.1: Area oggetto dell'intervento

L'esistente area Pozzo Pergola 1 è ubicata sulla sommità pianeggiante di un rilievo calcareo ad una quota di circa 1.030 m slm.

Dalla postazione Pergola 1, il tracciato delle nuove condotte esce in direzione ovest, per poi scendere parallelo alla strada di accesso al pozzo, fino in prossimità del Vallone Quagliarella, e prosegue verso la Strada Statale SS276 attraversandola.

|   |                              |  |                    |                  |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrate di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>8</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|------------------|------------------|

Il tracciato segue la discesa verso il fondovalle attraversando la strada statale SS598, in corrispondenza del monte Malagrina, immediatamente prima dello stesso, il tracciato devia verso Est per attraversare l'altopiano in direzione dell'abitato di Marsico Nuovo.

In prossimità del versante antistante l'abitato di Marsico Nuovo si discende in valle prosegue verso il fiume Agri, attraversando prima il "Torrente Verzarulo" poi il Fiume Agri, per terminare in corrispondenza della futura "Area Innesto 3" posta in località S. Elia.



Figura 2.2: Percorso indicativo delle condotte

## 2.2 I RICETTORI

Per la presente valutazione sono stati considerati i ricettori potenzialmente impattati in fase di cantiere e più prossimi alle aree di cantiere stesse. I ricettori presenti nelle zone limitrofe allo stabilimento sono quelli rappresentati nella figura sottostante. Per l'analisi in questione è stata selezionata un'area di indagine costituita da un buffer di larghezza 250 m per lato rispetto

|   |                              |  |                    |                  |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>9</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|------------------|------------------|

all'area di cantiere. Per quanto riguarda la viabilità di cantiere, il buffer include i tragitti dove si svolgono gli spostamenti di mezzi più frequenti.

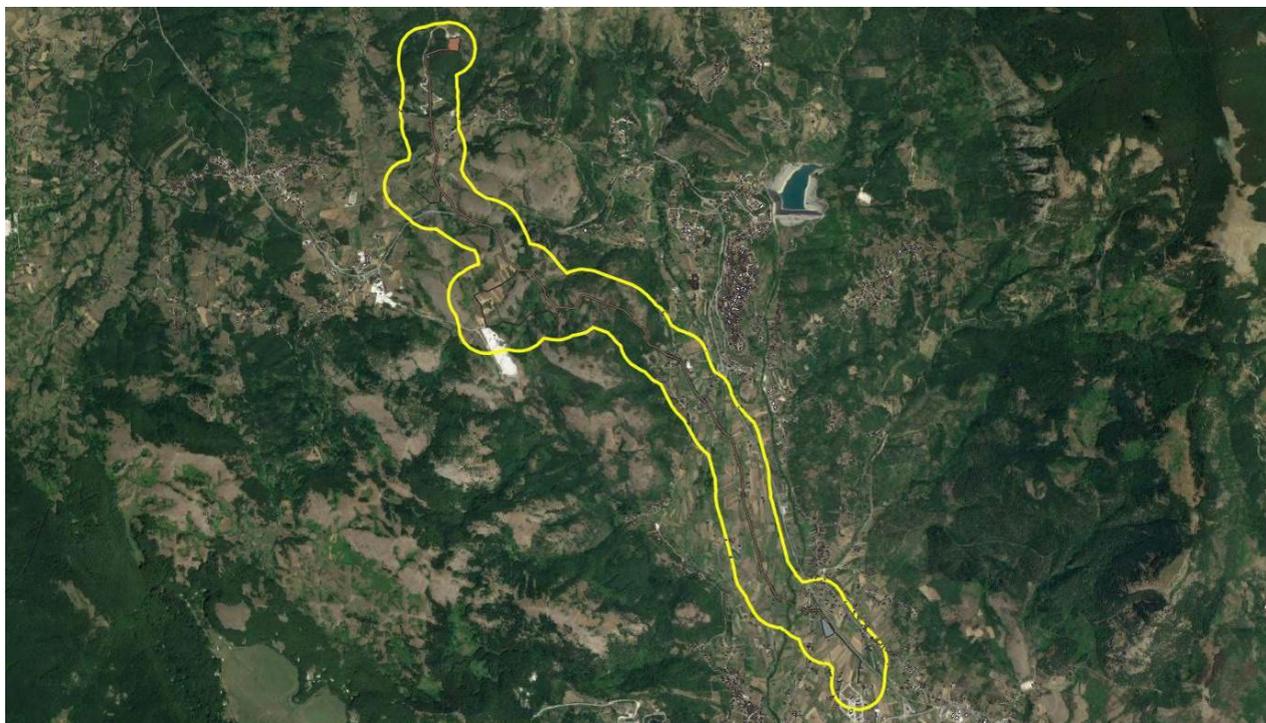
La scelta della larghezza del buffer è stata effettuata considerando:

- Minimizzazione dell'impatto ambientale: il buffer di 250 metri è stato scelto per coprire un'area sufficientemente ampia oltre la quale il livello del fenomeno vibratorio diventa pressoché ininfluenza
- Efficienza nell'analisi degli impatti: La conformazione delle aree di lavoro del cantiere permette un'efficiente analisi degli impatti entro un raggio di 250 metri, consentendo una valutazione accurata senza estendere eccessivamente i confini dell'area di studio.
- Gestione delle risorse: La scelta del buffer di 250 metri consente di ottimizzare l'allocatione delle risorse disponibili per la valutazione degli impatti, focalizzandosi sulle aree più direttamente interessate dal cantiere.

La scelta dei ricettori è stata effettuata considerando:

- Prossimità agli accessi stradali: I ricettori selezionati sono nelle vicinanze agli accessi stradali principali utilizzati per il trasporto dei materiali e delle attrezzature da cantiere.
- Riduzione delle emissioni: La scelta dei ricettori in prima schiera può anche essere influenzata dalla necessità di ridurre al minimo l'esposizione alle vibrazioni prodotte dai lavori di cantiere, specialmente se si tratta di aree residenziali.
- Comunicazione e coinvolgimento della comunità: La scelta dei ricettori in prima schiera può essere anche strategica per facilitare la comunicazione e il coinvolgimento della comunità locale, consentendo una maggiore trasparenza e la possibilità di rispondere prontamente a eventuali preoccupazioni o richieste della comunità.
- Requisiti normativi: Le normative locali o nazionali possono richiedere la considerazione di specifici ricettori in base al tipo di progetto e all'area geografica, garantendo così la conformità legale.
- Pianificazione del traffico e della logistica: I ricettori prossimi al cantiere possono essere scelti anche in base alla pianificazione del traffico e della logistica per garantire un flusso efficiente dei veicoli e dei materiali da e verso il cantiere.

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>10 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|



*Posizione dei ricettori interessati alle emissioni*

In totale nel buffer prescelto sono identificati n. 446 ricettori di cui si seguito si riportano le caratteristiche.

| <b>Tipo edificio</b>  | <b>N° edifici</b> |
|-----------------------|-------------------|
| Residenziale          | 223               |
| Ricettivi             | 1                 |
| Luoghi di culto       | 1                 |
| Agricolturale         | 37                |
| Industriali           | 7                 |
| Commerci              | 1                 |
| Altro                 | 176               |
| <b>Edifici totali</b> | <b>446</b>        |

Dei 446 sono stati individuati n. 8 ricettori scelti per le misurazioni di vibrazioni residua e che sono inoltre quelli considerati per l'analisi previsionale di vibrazioni.

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>11 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|

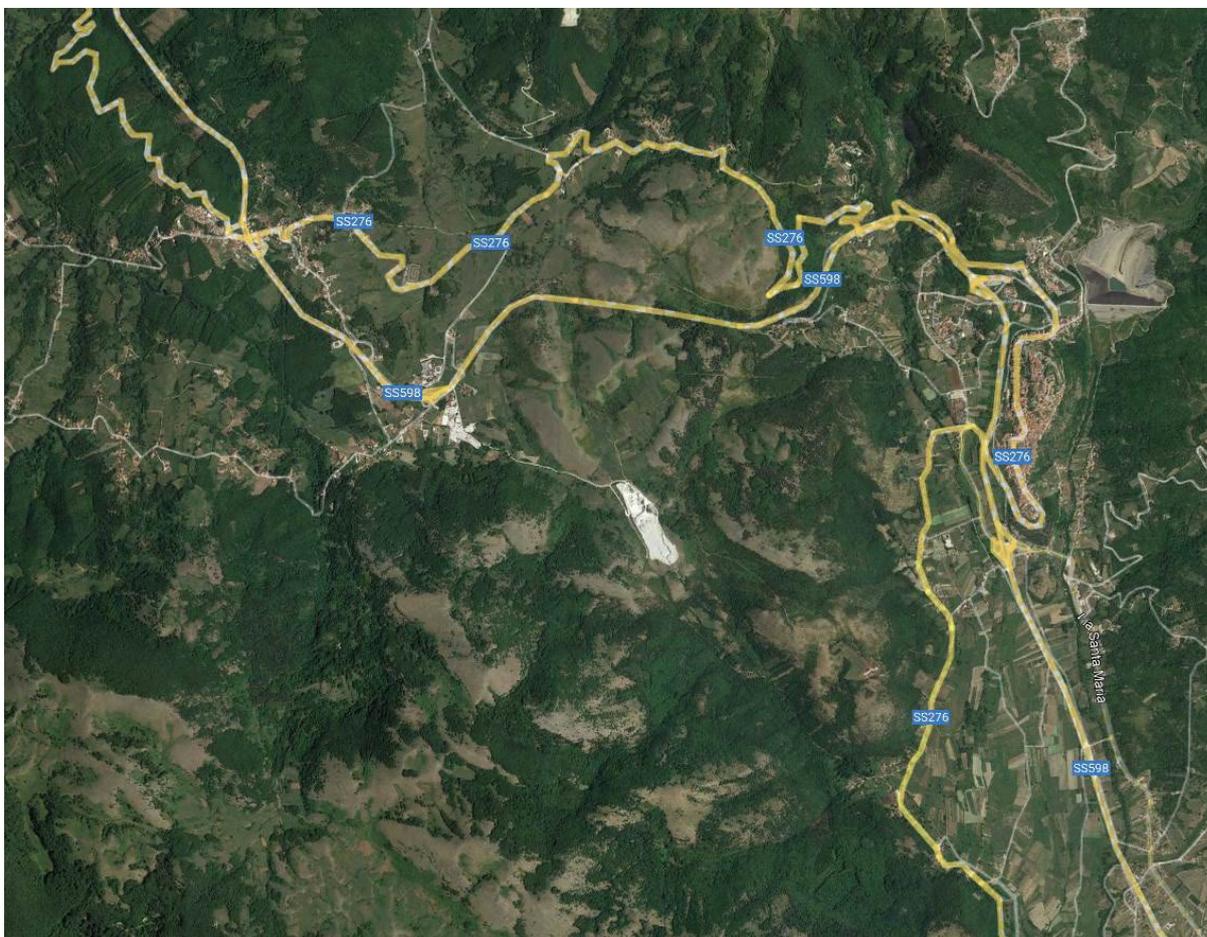
| <b>Ricettore</b> | <b>Foto identificativa</b>  | <b>Destinazione d'uso</b> | <b>Distanza dall'opera<br/>in progetto</b> |
|------------------|---|---------------------------|--|
| RV01             |    | Residenziale              | 35 m                                       |
| RV02             |    | Residenziale              | 102 m                                      |
| RV03             |   | Residenziale              | 390 m                                      |
| RV04             |  | Residenziale              | 47 m                                       |
| RV05             |  | Residenziale              | 30 m                                       |
| RV06             |  | Residenziale              | 28 m                                       |
| RV07             |  | Residenziale              | 67 m                                       |
| RV08             |  | Residenziale              | 51 m                                       |

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>12</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

## 2.3 LE INFRASTRUTTURE DELL'AREA

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

- Strada statale 598 di Fondo Valle d'Agri
- Strada Provinciale ex SS 276 dell'Alto Agri
- Via Santa Maria
- Via Cerbaia



*Figura 2.3: Posizione delle infrastrutture principali*

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>13</p> | <p>di<br/>68</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  $a_{w,95}$ .

|   |  |  |  |   |  |
|---|--|--|--|---|--|
|  <p data-bbox="296 297 566 360">Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p data-bbox="587 199 730 264">Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p data-bbox="770 159 1225 241">Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrate di collegamento</p> <p data-bbox="842 266 1158 322">VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p data-bbox="1251 199 1299 264">Rev.<br/>00</p> | <p data-bbox="1324 199 1372 264">Pag<br/>14</p> | <p data-bbox="1398 199 1430 264">di<br/>68</p> |
|---|--|--|--|---|--|

- Vibrazioni immesse, Vimm: Vibrazioni che vengono immesse nell'edificio da tutte le sorgenti attive di qualsiasi origine (Vsor, e Vres). Sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione  $a_{w,95}$ .

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>15 68</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

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>16 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

#### 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.

La norma 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 si applica a tutti i fenomeni che possono dare origine a vibrazioni negli edifici; a titolo esemplificativo e non esaustivo: traffico su gomma e su rotaia, attività industriali e funzionamento di macchinari, attività stradali e di cantiere di varia natura, esplosioni e scoppi, attività umane di qualsiasi natura.

La norma non si applica:

- alle vibrazioni derivanti da eventi sismici e affini;
- alle valutazioni di possibili danni strutturali, architettonici o cosmetici negli edifici, all'esame di problematiche di igiene del lavoro, né infine alle valutazioni di danni a macchinari o strumentazione sensibile;
- alle vibrazioni con frequenza minore del limite di banda inferiore al terzo d'ottava con centro a 1 Hz

Per quanto attiene le situazioni esistenti o già autorizzate la presente norma, i valori limite e i metodi in essa indicati non si applicano per i casi in cui la data di pubblicazione della norma è posteriore a:

- l'inizio dell'attività della sorgente delle vibrazioni;
- l'autorizzazione formale alla costruzione (per esempio: permesso di costruire dichiarazione di inizio attività, ecc.) di sorgenti di vibrazioni o manufatti che partecipano ai fenomeni;

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>17</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

- la data di modifiche di destinazione d'uso di edifici o di opere dove ha sede la generazione delle vibrazioni

Variazioni a situazioni esistenti attraverso modifiche sostanziali ai manufatti o alle caratteristiche delle sorgenti delle vibrazioni, per quanto di interesse nella generazione e propagazione della vibrazione, se avvenute dopo la data di pubblicazione della presente norma rientrano nel campo di applicazione.

#### 4.1.1 Misurazioni

La misurazione deve essere eseguita soltanto dopo un attento esame di tutti gli aspetti rilevanti ai fini di una chiara descrizione del fenomeno sotto osservazione in particolare: la tipologia della sorgente, la tipologia dell'edificio con le posizioni normalmente occupate dalle persone e i tempi di permanenza nelle stesse. In base a tali informazioni sarà possibile predisporre un piano delle secondo quanto indicato nei punti successivi.

Grandezza da misurare e direzioni di misura

La grandezza cinematica scelta per la valutazione del disturbo è l'accelerazione assoluta; si deve quindi ricorrere alla misurazione diretta e, quindi, all'impegno dei sensori accelerometrici; non è ammesso l'impiego di velocimetri o altri tipi di sensori e trasduttori.

Le vibrazioni devono essere misurate simultaneamente secondo 3 direzioni ortogonali e il sistema di assi ortogonali deve essere riferito alla struttura dell'edificio, oppure al corpo umano.

Il sistema di riferimento deve essere indicato nel rapporto di misurazione con la motivazione della scelta.

Preferibilmente, per assodata convenzione si utilizzerà l'asse Z per la direzione verticale.

Va comunque sottolineato l'orientamento del sistema di riferimento non influisce sul risultato delle elaborazioni successive, necessarie per la valutazione del disturbo, che fanno riferimento alla combinazione delle elaborazioni delle accelerazioni assiali: è tuttavia suggerito il mantenimento della traccia delle singole componenti assiali dell'accelerazione misurata, per una miglior comprensione dei fenomeni meccanici che generano la vibrazione.

Postazione di misurazione

Le postazioni di misura devono essere scelte sulla base delle reali condizioni di utilizzo degli ambienti da parte degli abitanti.

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>18 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

Sono quindi esclusi dalle valutazioni seguenti ambienti in quanto considerati ai fini dell'applicazione della presente norma non abitati ripostigli servizi igienici cantine solai corridoio eccetera sono inoltre da escludere zone esterne dell'abitazione quali Giardini video di accesso balconi e terrazzi scale, pianerottoli e simili.

Sono altresì da escludere dalle indagini ambienti privi di requisiti di abitabilità previsti dalla legislazione vigente indipendentemente dal loro reale uso.

Poiché il file della misura e la valutazione del disturbo alla persona le misurazioni devono essere effettuate in generale sui pavimenti o in subordine su elementi strutturali che possono essere:

- in diretto contatto con il corpo umano durante l'attività normale all'interno dell'ambiente
- superficie di appoggio per mobili utilizzati per il riposo

Sono invece da escludere soffitti controsoffitti mensole, vetrate, suppellettili, mobili, letti, ecc.

Devono inoltre essere evitate misurazioni su superfici che manifestano scarsa aderenza con le strutture, per esempio, piastrelle poco aderenti al massetto simile superfici morbide e cedevoli tappeti moquette o per le quali l'ampiezza delle vibrazioni può derivare anche da cattivo stato di manutenzione.

Le vibrazioni devono essere misurate nella posizione all'interno dell'ambiente di misura dove si osserva il più elevato dei valori efficaci dell'accelerazione ponderata  $a_w(t)$  ma lontano dai punti singolari.

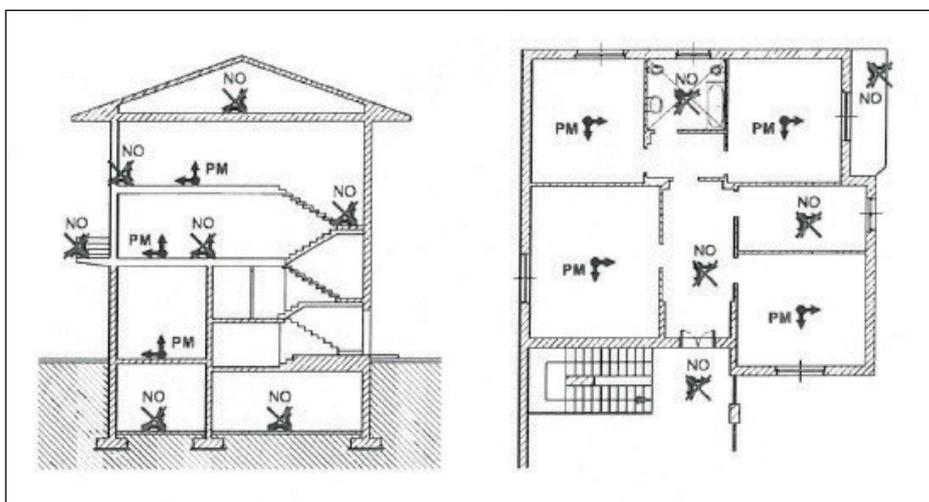


Figura 4.1: Indicazione dei punti di misura ideali

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>19 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

#### 4.1.2 Durata della misurazione e numero di eventi

La durata complessiva delle misurazioni è legata al numero di eventi del fenomeno in esame necessario assicurare una ragionevole accuratezza statistica, tenendo conto non solo della variabilità della sorgente ma anche dell'ambiente di misura.

Se l'esposizione completa deriva da fenomeni di tipo diverso presenti in diversi periodi, occorrerà all'analisi separata delle vibrazioni in ciascuno di questi periodi.

L'appendice A fornisce i criteri con cui individuare gli eventi considerare per il calcolo della massima accelerazione statistica  $a_{w95}$  per i casi di maggiore interesse: è però fondamentale lo sperimentatore verifichi che le condizioni di misurazione e gli eventi siano effettivamente ed esaurientemente rappresentative della situazione in esame.

#### 4.1.3 Misurazioni delle vibrazioni immesse e residue

Per il calcolo delle vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo è necessario procedere alla misurazione delle vibrazioni immesse e delle vibrazioni residuo.

La vibrazione residua deve essere misurata nello stesso punto scelto per la misura delle vibrazioni immesse e con le medesime modalità e criteri. Negli ambienti destinati ad uso lavorativo le vibrazioni connesse con l'attività produttiva stessa (per esempio funzionamento di macchinari, movimentazione di merci ecc) o agli impianti al servizio di tali attività sono da considerare come vibrazioni residue. Per sorgenti continue ricadenti definizione delle attività essenziali di pubblico servizio, la misurazione delle Vibrazioni residue non è, generalmente, un'opzione attuabile. Per queste sorgenti si possono quindi misurare, in generale, le so le vibrazioni immesse.

Tuttavia, per questo tipo di Sorgenti quando possibile, è opportuno procedere a misurazioni periodi di manutenzione di regime ridotto allo scopo di ottenere una stima delle vibrazioni residue.

Per le sorgenti continue legate ad attività non interrompibili ma non ricadenti nelle attività essenziali, la misura della vibrazione residua è un'opzione attuabile.

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>20</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

Pertanto si deve procedere azioni delle vibrazioni residue attraverso disattivazione programmata delle sorgenti specifiche, previa valutazione cautelativa della significatività delle vibrazioni residue stesse e del loro peso porto alle vibrazioni immesse.

Per sorgenti semi-continue, intermittenti o temporanee, la misurazione delle vibrazioni residuo è per principio possibile e quindi da effettuare.

#### 4.1.4 Strumentazione

La valutazione del disturbo può essere effettuata con l'impiego di strumentazione dedicata che, oltre all' acquisizione e registrazione del segnale accelerometrico, esegue l'elaborazione in linea dei dati.

In alternativa è possibile far ricorso a sistemi acquisizione dati che memorizzano la storia temporale dell'accelerazione in forma digitale e di un software specifico per l'elaborazione fuori linea.

#### 4.1.5 Metodo di calcolo

Il metodo di calcolo illustrato nel seguito è da considerarsi valido per tutti i tipi di sorgente e adeguato a coprire sia i fenomeni di media e breve durata sia fenomeni impulsivi caratterizzati da un fattore di cresta molto elevato.

L'elaborazione del segnale corrispondente ad ogni singolo evento comporta una serie di passaggi da eseguirsi nella sequenza indicata.

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  $[a_{w,rms,j}(t)]$

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

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>21</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

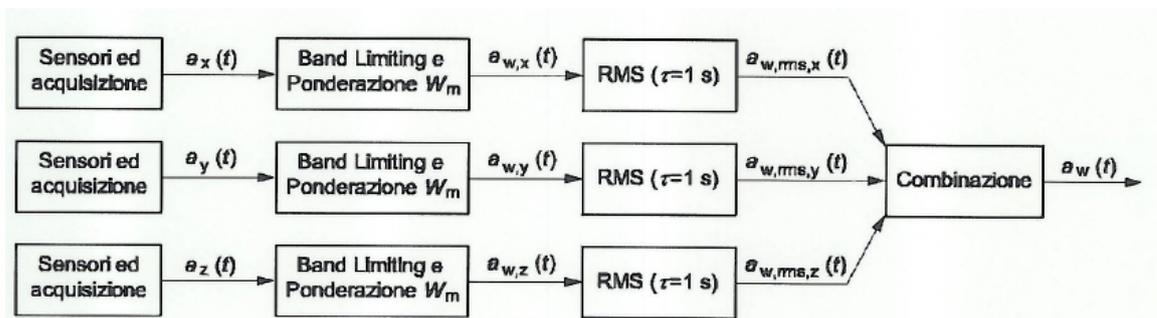
Dove j indica l'asse di misura(x, y o z).

Il tempo di integrazione  $\tau$  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

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

Dove

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

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>22 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

$\sigma$  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  $V_{sor} = 7,2 \text{ mm/s}^2$ .

#### 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

|  |                              |  |                    |                   |                  |
|--|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>23</p> | <p>di<br/>68</p> |
|--|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

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.

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrate di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>24</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

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 comprende 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 comprende pali non legati in calcestruzzo armato, fondazioni continue, pali e platee in legno.
- Classe C infine comprende i muri di sostegno leggeri, le fondazioni massicce in pietra e la condizione di assenza di fondazioni, con muri appoggiati direttamente sul terreno. Il terreno viene 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 per vi sulle fondazioni ed a livello del solaio superiore.

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa delle condotte interrate di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>25 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|

*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 | Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari   | 10                     |
| 2 | Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo  | 5                      |
| 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) | 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:

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>26 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|

- 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.

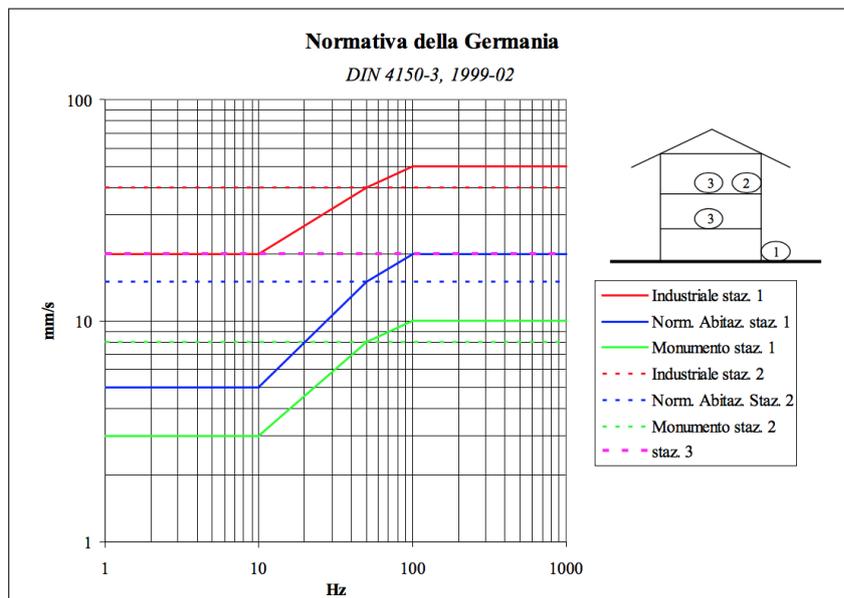


Figura 4.2: Limiti delle vibrazioni sugli edifici previsti dalla DIN 4150-3

|  |                              |  |                    |                   |                  |
|--|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>27</p> | <p>di<br/>68</p> |
|--|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

## 5 Descrizione Del Progetto

Il progetto consiste nella messa in produzione del pozzo Pergola 1, realizzazione dell'area Innesto 3 e realizzazione delle linee di collegamento dall'area pozzo PE1 (Pergola 1) all'area Innesto 3 dove è prevista l'interconnessione con le linee della dorsale Cerro Falcone-Volturno.

Il progetto è articolato essenzialmente nelle seguenti attività:

- Allestimento alla produzione del Pozzo Pergola 1;
- Installazione di due condotte di lunghezza pari a circa 8,1 km;
- Realizzazione Area Innesto 3.

Si specifica che i cantieri Pergola 1 e Innesto 3 saranno fissi, mentre tutte le attività relative all'installazione delle condotte prevederanno dei cantieri mobili.

Lo scenario impiantistico, pertanto, prevede la realizzazione di interventi che saranno localizzati in tre macroaree e riguarderanno:

1. Area all'interno del Pozzo Pergola 1  
Installazione presso l'esistente area Pozzo Pergola 1, delle facilities di controllo della testa pozzo e degli impianti superficiali necessari per la messa in produzione.
2. Aree interessate dal tracciato delle condotte di collegamento dal Pozzo Pergola 1 all'Area Innesto 3:  
Posa di due nuove condotte di collegamento per il trasporto dell'olio dal Pozzo Pergola 1 all'Area Innesto 3.
3. Area Innesto 3:  
Lavori per la realizzazione della piazzola dell'Area Innesto 3 ed installazione delle facilities all'interno dell'Area Innesto 3 per la ricezione della produzione da PE1 ed interconnessione con la RERA esistente.  
  
Inoltre, per completezza di trattazione, si precisa che nell'Area Innesto 3 saranno previsti anche i collegamenti in ingresso con le condotte esistenti provenienti dalle Aree Pozzo AGR11, CF6 e CF9 (aree pozzo esistenti) e in uscita con le due condotte esistenti dirette all'Area Innesto 2, via Sezionamento 5 (aree esistenti).

|  |                              |  |                    |                   |                  |
|--|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrate di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>28</p> | <p>di<br/>68</p> |
|--|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

Di seguito si riporta una sintetica descrizione degli impianti facenti parte del progetto.

### 5.1 AREA POZZO “PERGOLA 1” - ALLESTIMENTO A PRODUZIONE

Nella postazione esistente denominata Pozzo “Pergola 1 (PE1)” si prevede l’esecuzione di nuove opere necessarie per la messa in produzione del pozzo già presente.

L’area del piazzale, già realizzata e recintata e da ampliare per una piccola porzione, ricade nel territorio comunale di Marsico Nuovo in Provincia di Potenza (Regione Basilicata) ed è ubicata in località “Pergola” individuabile ad Est della Masseria Russo, a Nord della Masseria Votta ed in destra idrografica del Vallone Quagliarella.

### 5.2 AREA “INNESTO 3”

La nuova postazione denominata Area Innesto 3 è necessaria per collegare le linee provenienti dal pozzo Pergola 1 alla rete di raccolta esistente.

Si tratta di una nuova area, ricadente nel territorio comunale di Marsico Nuovo in Provincia di Potenza (Regione Basilicata).

Differentemente dall’area Pozzo Pergola 1, essendo questa una nuova area, saranno necessari lavori per la realizzazione dell’accesso all’area e la formazione del piano di imposta dell’impianto.

L’estensione finale dell’area impianto sarà di circa 10 600 m<sup>2</sup> (circa 12 500 m<sup>2</sup> considerando anche la nuova strada di accesso) ed il perimetro sarà delimitato da una recinzione composta da rete metallica alta 2 m e dotata di relativo cancello di accesso. L’uscita di emergenza sarà assicurata da appositi cancelletti con apertura a spinta (maniglioni antipanico).

### 5.3 CONDOTTE DI COLLEGAMENTO DA PE1 A IN3

La messa in produzione del pozzo “Pergola 1” prevede anche la realizzazione di due condotte di collegamento alla rete di raccolta. In particolare, tale collegamento avverrà in corrispondenza dell’Area Innesto 3 (in progetto) in località “Scarpano”, ove avverrà l’interconnessione con le condotte esistenti della Dorsale Cerro Falcone-Volturino.

|  |                              |  |                    |                   |                  |
|--|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>29</p> | <p>di<br/>68</p> |
|--|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

I tracciati delle due condotte DN 200 dal pozzo "Pergola 1" all'area "Innesto 3" si sviluppano in stretto parallelismo per una lunghezza di circa 8,1 km, interessando il territorio del comune di Marsico Nuovo (PZ).

Il progetto ricade per buona parte della sua lunghezza nell'ambito montano del bacino idrografico del fiume Agri, attraversando i rilievi montuosi del versante destro della valle, situati per lo più a Ovest dell'abitato di Marsico Nuovo. Questi rilievi vengono percorsi seguendo linee di cresta e di versante.

Il tratto finale percorre la piana alluvionale dell'Alta Val d'Agri in direzione SE per un tratto di 3 km circa per raggiungere l'Area Innesto 3.

Dall'area Pozzo Pergola 1, posta sulla sommità pianeggiante di un rilievo calcareo a quota 1040 m s.l.m., il tracciato scende, in direzione SO, lungo un crinale boscato a media pendenza caratterizzato da roccia sub-affiorante fino a raggiungere la strada d'accesso al Pozzo in prossimità della quale verge in direzione S posizionandosi in parallelismo con la stessa fino al gruppo di abitazioni in Località Quagliarella.

Le condotte proseguono la discesa del versante per poi, dopo il doppio attraversamento della strada e di un corso d'acqua nel fondo della vallecchia, risalire il versante opposto riportandosi su terreni sub pianeggianti.

Il tracciato continua il suo percorso in direzione Sud, supera, mediante una trivellazione la SS276, per poi in prossimità dell'attraversamento superiore della Galleria Ferroviaria della vecchia linea dismessa, iniziare un tratto montuoso caratterizzato da terreni di roccia dura con presenza di diffusi macigni di dimensioni considerevoli che renderanno impegnativo il lavoro di preparazione della pista e successivo ripristino delle condizioni originarie.

Il tracciato prosegue questo tratto montuoso con diverse inversioni di pendenza per un tratto di circa 2,5 km, dove non sono da segnalare particolari criticità realizzative.

L'accesso alla pista di questo tratto sarà garantito da strade sterrate esistenti che andranno adeguate al passaggio dei mezzi di cantiere.

Il tracciato dopo un tratto su terreni sub pianeggiati, riprende l'ultima discesa che lo porterà, dopo l'attraversamento della SS276, nella piana alluvionale in località Capo d'Acqua. In questo tratto, all'altezza della cabina del Consorzio di Bonifica andrà realizzato un rinforzo in pali trivellati a sostegno della strada di accesso all'impianto.

|  |                              |  |                    |                   |                  |
|--|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>30</p> | <p>di<br/>68</p> |
|--|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

Il tracciato prosegue nella piana su terreni prevalentemente ad uso agricoli localmente saturi, fino ad arrivare all'attraversamento del Fiume Agri, che avverrà per mezzo di un Microtunnel di circa 250m.

Successivamente dopo l'attraversamento di due strade caratterizzate da traffico medio, che verranno attraversate mediante due trivellazioni, le condotte si posizionano in parallelismo con le tubazioni esistenti della Dorsale Cerro Falcone per poi arrivare all'Area Innesto 3.

Il tracciato delle condotte DN 300 e DN 150 per il collegamento alla dorsale Volturino-Cerro Falcone si sviluppa per un breve tratto (circa 15/20m) dal collegamento con le condotte della dorsale esistente, ubicata nei pressi della SS276, fino ad entrare nella recinzione della nuova area impianto denominata "Innesto 3".

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>31 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|

## 6 Cronoprogramma delle attività

La realizzazione del progetto impiegherà la costituzione di un cantiere per la messa in produzione del pozzo Pergola 1, la realizzazione dell'Area Innesto 3 e la posa delle condotte. L'attività di cantiere sarà solo diurna e distribuita su 8 ore, con una durata totale di circa 8 mesi, suddivisione con la quale è stata impostata la presente Valutazione d'Impatto Vibrazionale:

| Attività   | Durata (Giorni) | MESI |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
|--|-----------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|
|  |                 | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Apertura cantiere lavori aree impianti                 | 30              | ■    | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Apertura cantiere lavori condotte                      | 30              | ■    | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| <b>AREA POZZO Pergola 1</b>                            |                 |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Lavori di demolizione                                  | 30              |      | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Movimenti terra adeguamento piazzola                   | 25              |      | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Scavi e rinterrati                                     | 90              |      | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Opere in Calcestruzzo Armato                           | 105             |      | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Installazione Fabbricati                               | 25              |      |   | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Recinzione e ripristini finali                         | 30              |      |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■ |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Prefabbricazione e posa tubazioni interrato            | 90              |      | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Prefabbricazione e installazione tubazioni fuori terra | 105             |      | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Installazione apparecchiature e packages               | 45              |      |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Verniciature e coibentazioni                           | 75              |      |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Lavori Elettrici                                       | 80              |      |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Lavori Strumentali                                     | 80              |      |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Collaudi idraulici ed elettro-strumentali              | 30              |      |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■ |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| <b>AREA INNESTO 3</b>                                  |                 |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Strada di accesso e scotico area                       | 25              |      | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Movimenti terra formazione piazzola                    | 60              |      | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Scavi e rinterrati                                     | 100             |      |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |  |  |  |  |  |  |
| Opere in Calcestruzzo Armato                           | 115             |      |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |  |  |  |  |  |  |
| Installazione Fabbricati                               | 25              |      |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■ |   |   |   |  |  |  |  |  |  |

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>32 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|

| Attività   | Durata (Giorni) | MESI |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|-----------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  |                 | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Recinzione e ripristini finali                                 | 30              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Prefabbricazione e posa tubazioni interrate                    | 105             |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Prefabbricazione e installazione tubazioni fuori terra         | 120             |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Installazione apparecchiature e packages                       | 45              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Verniciature e coibentazioni                                   | 85              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Lavori Elettrici   | 90              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Lavori Strumentali   | 90              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Collaudi idraulici ed elettro-strumentali                      | 30              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Installazione condotte collegamento dorsale esistente e tie-in | 15              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>CONDOTTE DI COLLEGAMENTO PE1-INN3</b>                       |                 |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Apertura pista   | 45              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Sfilamento e Saldatura   | 75              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Scavo e posa condotte  | 90              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Posa cavi elettrici, fibra e protezione catodica               | 90              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Rinterro scavo   | 105             |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Attraversamenti (cielo aperto e trivellazioni)                 | 105             |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Installazione microtunnel                                      | 150             |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Collaudi idraulici   | 30              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Ripristini geomorfologici e ambientali                         | 60              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Inertizzazione condotte  | 15              |      |   |   |   |   |   |   |   |   |

## 6.1 MEZZI DI CANTIERE

La fase realizzativa del progetto richiederà l'utilizzo complessivo stimato delle sottoelencate macchine di trasporto ed operatrici, da impiegarsi nel periodo dei lavori di costruzione in funzione della programmazione delle attività. Si precisa che i mezzi elencati non saranno tutti presenti contemporaneamente in cantiere e che il loro funzionamento sarà alternato in base alle attività da svolgere di volta in volta.

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>33 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

La mancanza di dati specifici sulle vibrazioni prodotte dalle macchine di cantiere impiegate rappresenta una problematica significativa nell'effettuare valutazioni precise degli impatti delle attività di costruzione. 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, ovvero 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. Le sorgenti rimanenti mostrano un livello di vibrazioni modesto, e quindi possono essere ritenute trascurabili.

Qui di seguito si riportano le time history e gli spettrogrammi delle sorgenti più impattanti:

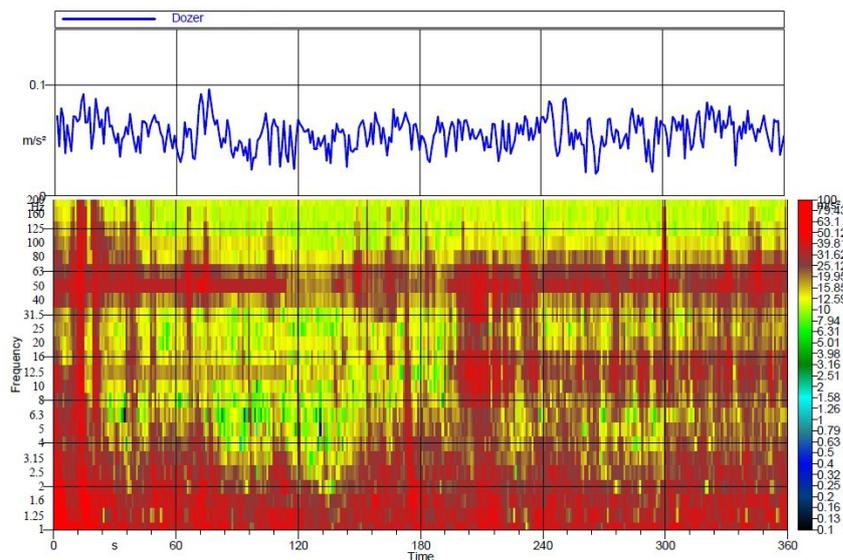


Figura 6.1: Vibrazione prodotta dal funzionamento di un dozer

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>34 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|

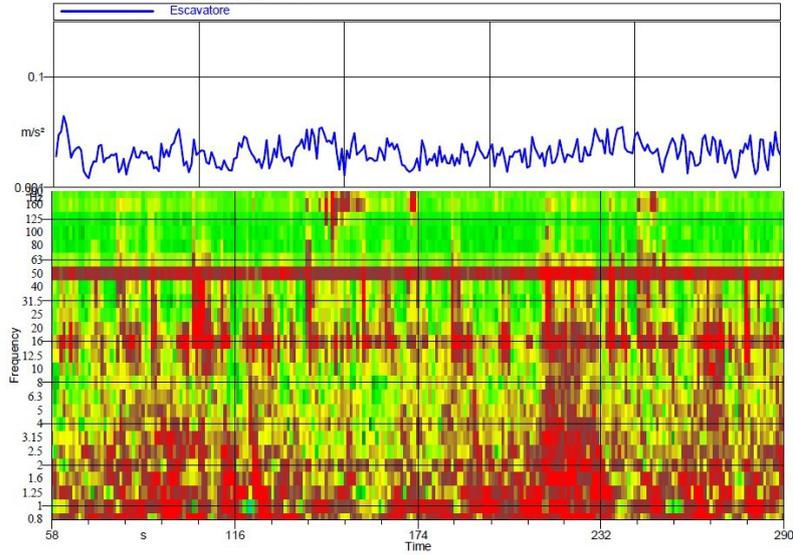


Figura 6.2: Vibrazione prodotta dal funzionamento di un escavatore

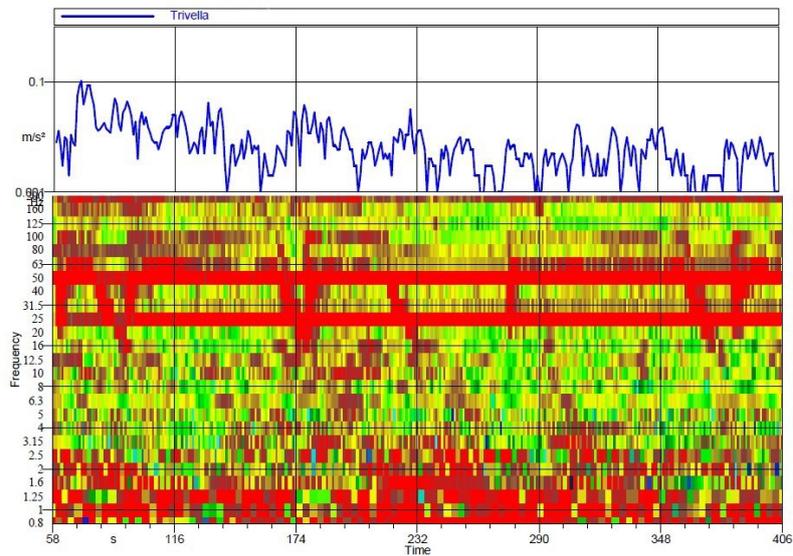


Figura 6.3: Vibrazione prodotta dal funzionamento di una trivella

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>35</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

## 6.2 VIABILITÀ DI CANTIERE

Per quanto riguarda la gestione della viabilità all'interno del cantiere, sono stati presi in considerazione il sistema di percorsi per i veicoli sia interni che esterni, al fine di garantire un collegamento sicuro tra le diverse aree del cantiere e facilitare le operazioni di carico e scarico dei materiali da costruzione e dei rifiuti.

In accordo con quanto comunicato dalla committenza, è previsto un numero totale di transiti giornalieri di circa 20 veicoli, includendo sia gli spostamenti in andata che in ritorno. Questo modesto volume di transiti contribuirà a mantenere bassi i livelli di emissione da questa specifica fonte. Per questo motivo l'analisi prevederà una valutazione mirata dei ricettori situati nelle immediate vicinanze delle zone di cantiere, come descritto al paragrafo 2.2.

Dalle mappe risultanti dai nostri studi, è possibile osservare i livelli di vibrazione in tutte le zone, comprese quelle non direttamente coinvolte dai ricettori designati. Questa pratica contribuisce a garantire una visione comprensiva degli impatti potenziali, rafforzando la nostra capacità di anticipare e gestire qualsiasi effetto collaterale che potrebbe verificarsi a causa delle attività di cantiere.

In sintesi, nonostante il limitato numero di transiti previsti, la metodologia di analisi mirata e completa ci permette di assicurare una valutazione accurata e dettagliata degli effetti delle vibrazioni sull'ambiente circostante, garantendo al contempo una gestione responsabile e sostenibile del progetto di cantiere.

Di seguito, è presente una rappresentazione cartografica che illustra la disposizione di tutti i percorsi lungo l'intera area del progetto.

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>36 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|



*Figura 6.4: Itinerari viabilità di cantiere*

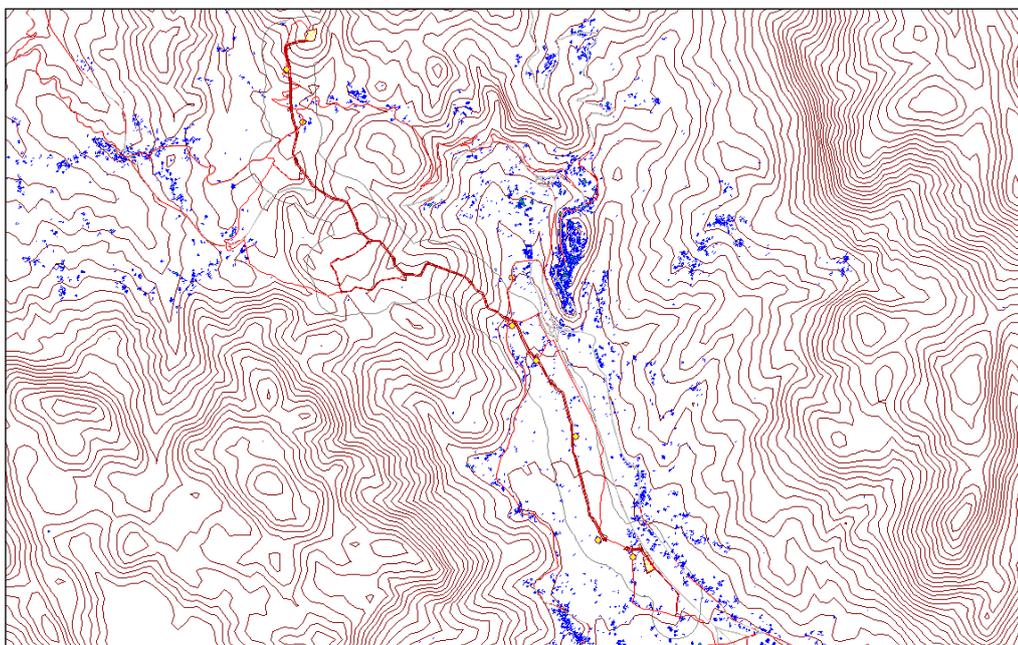
|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>37 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

## 7 Il modello matematico

### 7.1 REALIZZAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO

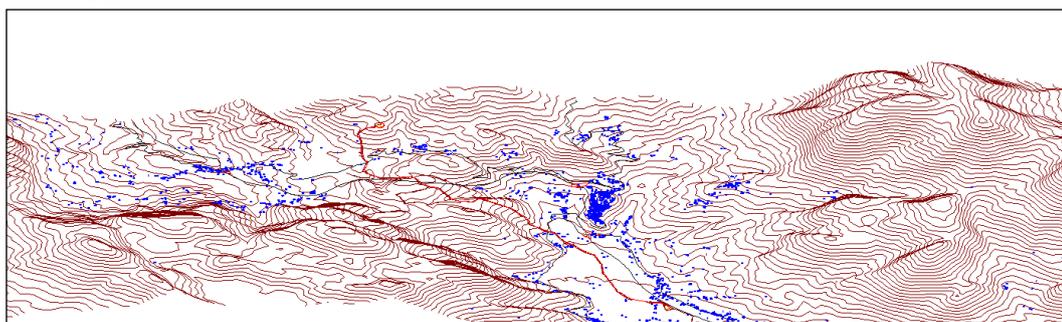
Per rappresentare la situazione esistente è stato realizzato un apposito modello matematico in cui vengono inseriti tutti gli elementi che concorrono a determinare la situazione di vibrazione residua dell'area oggetto di studio.

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 7.1: Inserimento degli edifici e delle strade nel modello (vista planimetrica)*

Il modello rappresenta in modo tridimensionale la situazione territoriale dell'area.



**Inserimento degli edifici e delle strade nel modello (vista 3D)**

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>38</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

## 7.2 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.

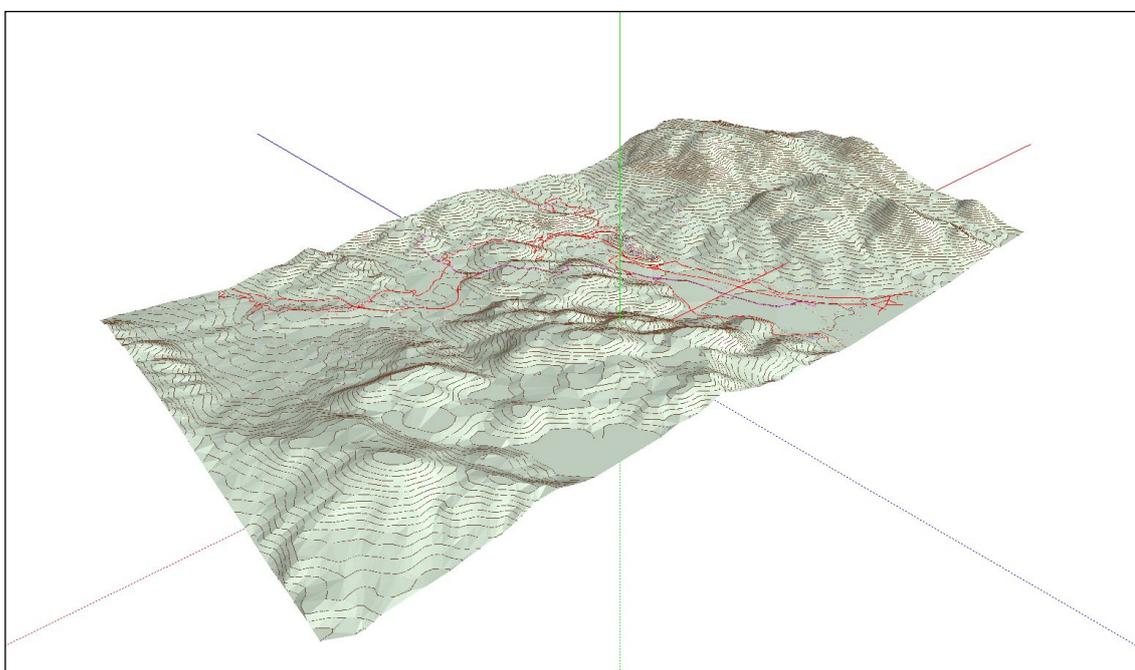


Figura 7.2: Creazione del modello digitale del terreno (vista 3D)

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.

## 7.3 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

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>39 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

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:

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

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrate di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>40</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

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.

#### 7.4 LA PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI NEGLI EDIFICI

La propagazione delle vibrazioni negli edifici e la risposta di pareti e solai dipende 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

|  |                              |  |                    |                         |
|--|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrate di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>41 68</p> |
|--|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

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÷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-primi 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.

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>42 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|

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 7.1: 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°<br>Orizzontamento | -2                               | -2 | -2 | -2 | -3   | -3 | -3 | -3   | -3   |
| 2°<br>Orizzontamento | -4                               | -4 | -4 | -4 | -5   | -5 | -5 | -5.5 | -6   |
| 3°<br>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:

|  |                              |   |                    |                   |                  |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p style="text-align: center;"><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>43</p> | <p>di<br/>68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------|------------------|

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

dove "k" viene assunto approssimativamente come la rigidità 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 7.2: Amplificazioni in funzione della luce del solaio (espressi in dB)*

| Luce del solaio | Frequenze in terzi d'ottava (Hz) |     |     |     |      |     |    |    |    |
|-----------------|----------------------------------|-----|-----|-----|------|-----|----|----|----|
|                 | 12.5                             | 16  | 20  | 25  | 31.5 | 40  | 50 | 63 | 80 |
| Luce da 4 m     | 1.5                              | 2,6 | 4.4 | 8.4 | 20   | 4.1 | -  | -  | -  |
| Luce da 5 m     | 4.3                              | 8.7 | 20  | 4.8 | -    | -   | -  | -  | -  |
| Luce da 6 m     | 20                               | 3.7 | -   | -   | -    | -   | -  | -  | -  |
| Luce da 7 m     | 4.8                              | -   | -   | -   | -    | -   | -  | -  | -  |

## 7.5 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).

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>44 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

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.

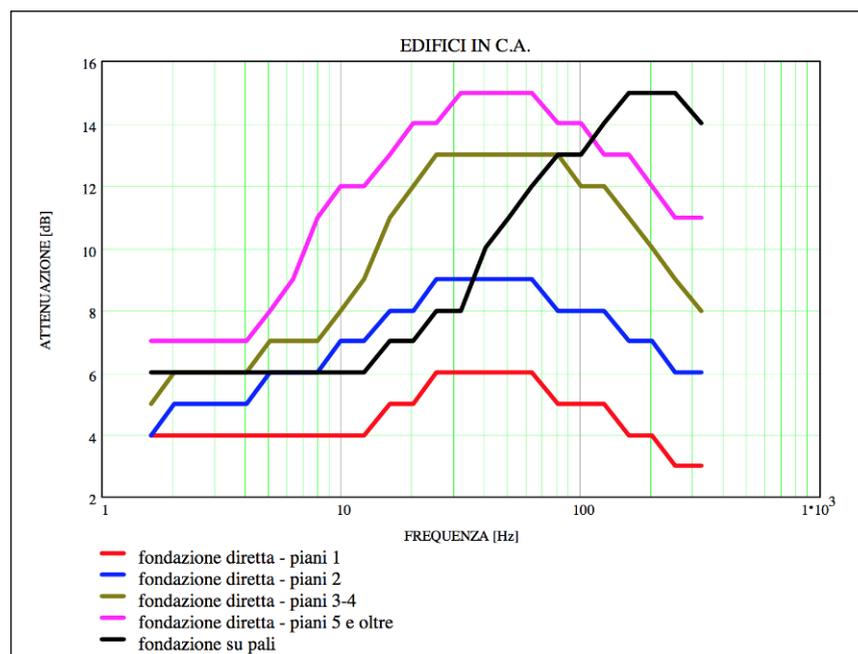


Figura 7.3: Attenuazioni legate all'accoppiamento terreno-fondazioni

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.

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>45 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

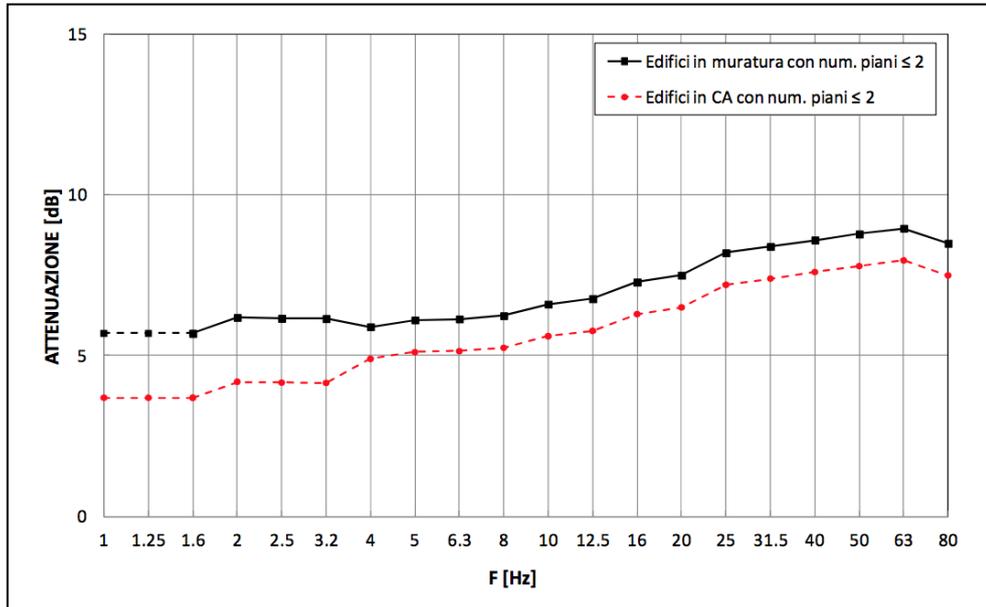


Figura 7.4: Attenuazioni legate all'accoppiamento terreno-fondazioni

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>46 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

## 8 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 luglio del 2023, è stata condotta una campagna di rilievi di vibrazione ante-operam nell'area circostante il futuro sito di cantiere. La selezione dei punti di rilievo è stata effettuata, tenendo conto dei ricettori più vulnerabili alle future emissioni prodotte dalle attività del cantiere, come precedentemente illustrato nel paragrafo 2.2 del nostro studio.

In totale tra tutti i 446 ricettori presenti nell'area di studio, sono stati individuati e monitorati n. 8 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.

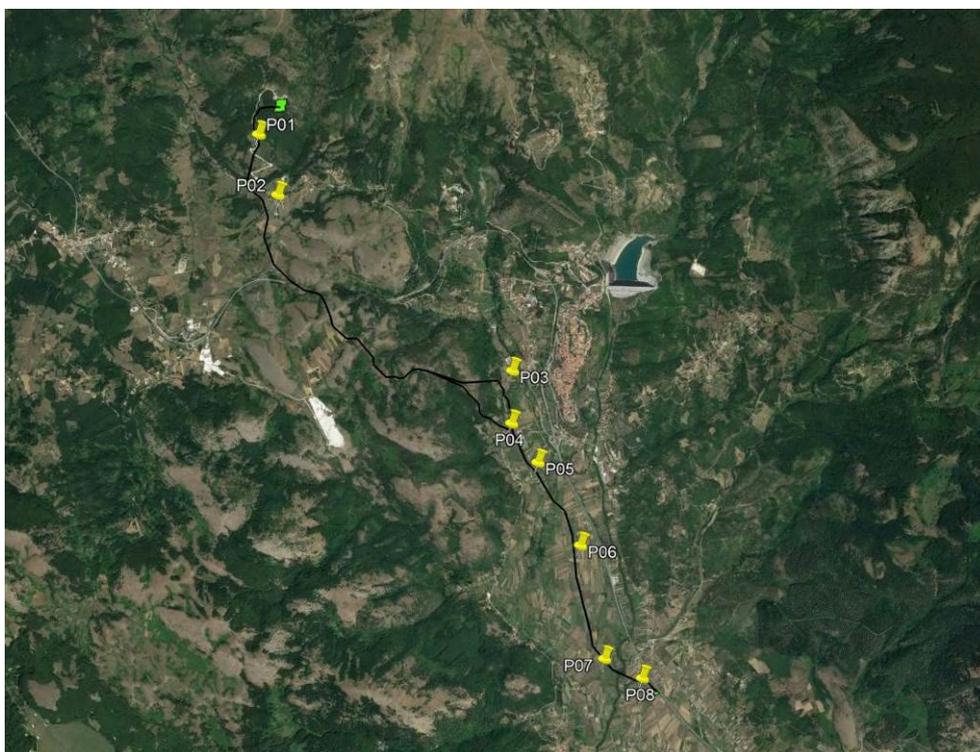


Figura 8.1: Misure di vibrazione effettuate

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrate di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>47 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|

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, vedere paragrafo X.X. 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 (30 minuti per punto).

| <b>Punto di misura</b> | <b>Vibrazione residua Asse X (mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione residua Asse Y (mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione residua Asse Z (mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione residua Asse - Vettore (mm/s<sup>2</sup>)</b> |
|------------------------|---|---|---|---|
| P1                     | 0.1   | 0.1   | 0.2   | 0.3   |
| P2                     | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.2   |
| P3                     | 0.0   | 0.0   | 0.1   | 0.1   |
| P4                     | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.1   |
| P5                     | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.1   |
| P6                     | 0.0   | 0.1   | 0.1   | 0.1   |
| P7                     | 0.1   | 0.1   | 0.2   | 0.2   |
| P8                     | 0.0   | 0.0   | 0.1   | 0.1   |

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>48 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|

## 9 Previsione dei livelli di vibrazioni nel territorio circostante

### 9.1 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.

### 9.2 Valutazione secondo UNI 9614:2017

#### FASE DI CANTIERE – MESE 1 – UNI 9614:2017

| <b>Ricettore</b> | <b>Vibrazione immessa<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione residua<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione sorgente<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Valore Limite<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> |
|------------------|--|--|---|---|
| RV1              | 0.7  | 0.3  | 0.6   | 7.2   |
| RV2              | 0.5  | 0.2  | 0.4   | 7.2   |
| RV3              | 0.2  | 0.1  | 0.1   | 7.2   |
| RV4              | 0.4  | 0.1  | 0.4   | 7.2   |
| RV5              | 0.7  | 0.1  | 0.6   | 7.2   |
| RV6              | 0.5  | 0.1  | 0.5   | 7.2   |
| RV7              | 0.6  | 0.2  | 0.5   | 7.2   |
| RV8              | 0.2  | 0.1  | 0.2   | 7.2   |

#### FASE DI CANTIERE – MESE 2 – UNI 9614:2017

| <b>Ricettore</b> | <b>Vibrazione immessa<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione residua<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione sorgente<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Valore Limite<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> |
|------------------|--|--|---|---|
| RV1              | 0.6  | 0.3  | 0.5   | 7.2   |
| RV2              | 0.4  | 0.2  | 0.4   | 7.2   |
| RV3              | 0.2  | 0.1  | 0.1   | 7.2   |
| RV4              | 0.4  | 0.1  | 0.4   | 7.2   |
| RV5              | 0.7  | 0.1  | 0.6   | 7.2   |
| RV6              | 0.5  | 0.1  | 0.5   | 7.2   |
| RV7              | 0.6  | 0.2  | 0.6   | 7.2   |
| RV8              | 0.2  | 0.1  | 0.2   | 7.2   |

|   |              |   |      |     |    |
|---|--------------|---|------|-----|----|
| <br><b>Eni S.p.A.</b><br>Distretto Meridionale | Data         | Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br>delle condotte interrato di collegamento<br><br><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>         VIBRAZIONALE</b> | Rev. | Pag | di |
|   | Ottobre 2023 |   | 00   | 49  | 68 |

### FASE DI CANTIERE – MESE 3 – UNI 9614:2017

| Ricettore | Vibrazione immessa<br>(mm/s <sup>2</sup> ) | Vibrazione residua<br>(mm/s <sup>2</sup> ) | Vibrazione sorgente<br>(mm/s <sup>2</sup> ) | Valore Limite<br>(mm/s <sup>2</sup> ) |
|-----------|--|--|---|---------------------------------------|
| RV1       | 0.4  | 0.3  | 0.2   | 7.2                                   |
| RV2       | 0.3  | 0.2  | 0.2   | 7.2                                   |
| RV3       | 0.1  | 0.1  | 0.0   | 7.2                                   |
| RV4       | 0.1  | 0.1  | 0.0   | 7.2                                   |
| RV5       | 0.4  | 0.1  | 0.3   | 7.2                                   |
| RV6       | 2.1  | 0.1  | 2.1   | 7.2                                   |
| RV7       | 1.8  | 0.2  | 1.7   | 7.2                                   |
| RV8       | 1.1  | 0.1  | 1.1   | 7.2                                   |

### FASE DI CANTIERE – MESE 4 – UNI 9614:2017

| Ricettore | Vibrazione immessa<br>(mm/s <sup>2</sup> ) | Vibrazione residua<br>(mm/s <sup>2</sup> ) | Vibrazione sorgente<br>(mm/s <sup>2</sup> ) | Valore Limite<br>(mm/s <sup>2</sup> ) |
|-----------|--|--|---|---------------------------------------|
| RV1       | 0.4  | 0.3  | 0.2   | 7.2                                   |
| RV2       | 0.2  | 0.2  | 0.1   | 7.2                                   |
| RV3       | 0.6  | 0.1  | 0.6   | 7.2                                   |
| RV4       | 1.3  | 0.1  | 1.3   | 7.2                                   |
| RV5       | 2.6  | 0.1  | 2.6   | 7.2                                   |
| RV6       | 0.3  | 0.1  | 0.2   | 7.2                                   |
| RV7       | 0.7  | 0.2  | 0.6   | 7.2                                   |
| RV8       | 0.2  | 0.1  | 0.2   | 7.2                                   |

### FASE DI CANTIERE – MESE 5 – UNI 9614:2017

| Ricettore | Vibrazione immessa<br>(mm/s <sup>2</sup> ) | Vibrazione residua<br>(mm/s <sup>2</sup> ) | Vibrazione sorgente<br>(mm/s <sup>2</sup> ) | Valore Limite<br>(mm/s <sup>2</sup> ) |
|-----------|--|--|---|---------------------------------------|
| RV1       | 2.0  | 0.3  | 2.0   | 7.2                                   |
| RV2       | 1.5  | 0.2  | 1.5   | 7.2                                   |
| RV3       | 0.2  | 0.1  | 0.2   | 7.2                                   |
| RV4       | 0.2  | 0.1  | 0.2   | 7.2                                   |
| RV5       | 0.1  | 0.1  | 0.0   | 7.2                                   |
| RV6       | 0.1  | 0.1  | 0.1   | 7.2                                   |
| RV7       | 0.6  | 0.2  | 0.5   | 7.2                                   |
| RV8       | 0.2  | 0.1  | 0.2   | 7.2                                   |

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>50 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|

### FASE DI CANTIERE – MESE 6 – UNI 9614:2017

| <b>Ricettore</b> | <b>Vibrazione immessa<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione residua<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione sorgente<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Valore Limite<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> |
|------------------|--|--|---|---|
| RV1              | 2.0  | 0.3  | 2.0   | 7.2   |
| RV2              | 1.5  | 0.2  | 1.5   | 7.2   |
| RV3              | 0.2  | 0.1  | 0.2   | 7.2   |
| RV4              | 0.2  | 0.1  | 0.2   | 7.2   |
| RV5              | 0.1  | 0.1  | 0.0   | 7.2   |
| RV6              | 0.1  | 0.1  | 0.1   | 7.2   |
| RV7              | 0.7  | 0.2  | 0.6   | 7.2   |
| RV8              | 0.2  | 0.1  | 0.2   | 7.2   |

### FASE DI CANTIERE – MESE 7 – UNI 9614:2017

| <b>Ricettore</b> | <b>Vibrazione immessa<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione residua<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione sorgente<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Valore Limite<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> |
|------------------|--|--|---|---|
| RV1              | 0.5  | 0.3  | 0.3   | 7.2   |
| RV2              | 0.4  | 0.2  | 0.3   | 7.2   |
| RV3              | 0.1  | 0.1  | 0.1   | 7.2   |
| RV4              | 0.3  | 0.1  | 0.3   | 7.2   |
| RV5              | 0.5  | 0.1  | 0.5   | 7.2   |
| RV6              | 0.4  | 0.1  | 0.4   | 7.2   |
| RV7              | 0.8  | 0.2  | 0.8   | 7.2   |
| RV8              | 0.3  | 0.1  | 0.2   | 7.2   |

### FASE DI CANTIERE – MESE 8 – UNI 9614:2017

| <b>Ricettore</b> | <b>Vibrazione immessa<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione residua<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Vibrazione sorgente<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> | <b>Valore Limite<br/>(mm/s<sup>2</sup>)</b> |
|------------------|--|--|---|---|
| RV1              | 0.5  | 0.3  | 0.3   | 7.2   |
| RV2              | 0.4  | 0.2  | 0.3   | 7.2   |
| RV3              | 0.1  | 0.1  | 0.1   | 7.2   |
| RV4              | 0.3  | 0.1  | 0.3   | 7.2   |
| RV5              | 0.5  | 0.1  | 0.5   | 7.2   |
| RV6              | 0.4  | 0.1  | 0.4   | 7.2   |
| RV7              | 0.5  | 0.2  | 0.5   | 7.2   |
| RV8              | 0.2  | 0.1  | 0.2   | 7.2   |

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>51 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

### 9.3 Valutazione secondo UNI 9916:2014

#### FASE DI CANTIERE – MESE 1 – UNI 9916:2014

| 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 |
|-----------|---|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| RV1       | 0.2   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV2       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV3       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV4       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV5       | 0.3   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV6       | 0.1   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV7       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV8       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |

#### FASE DI CANTIERE – MESE 2 – UNI 9916:2014

| 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 |
|-----------|---|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| RV1       | 0.2   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV2       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV3       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV4       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV5       | 0.3   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV6       | 0.1   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV7       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV8       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |

#### FASE DI CANTIERE – MESE 3 – UNI 9916:2014

| 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 |
|-----------|---|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| RV1       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV2       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV3       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV4       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV5       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV6       | 0.1   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV7       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV8       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |

|   |              |  |      |     |    |
|---|--------------|--|------|-----|----|
| <br><b>Eni S.p.A.</b><br>Distretto Meridionale | Data         | Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br>delle condotte interrato di collegamento | Rev. | Pag | di |
|   | Ottobre 2023 | VALUTAZIONE DI IMPATTO<br>VIBRAZIONALE   | 00   | 52  | 68 |

#### FASE DI CANTIERE – MESE 4 – UNI 9916:2014

| 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 |
|-----------|---|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| RV1       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV2       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV3       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV4       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV5       | 0.1   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV6       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV7       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV8       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |

#### FASE DI CANTIERE – MESE 5 – UNI 9916:2014

| 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 |
|-----------|---|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| RV1       | 0.1   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV2       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV3       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV4       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV5       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV6       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV7       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV8       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |

#### FASE DI CANTIERE – MESE 6 – UNI 9916:2014

| 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 |
|-----------|---|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| RV1       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV2       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV3       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV4       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV5       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV6       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV7       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |
| RV8       | 0.0   | 5                              | da 5 a 15                       | da 15 a 20                       |

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>53 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

### FASE DI CANTIERE – MESE 7 – UNI 9916:2014

| <i>Ricettore</i> | <i>PPV, z (Maggiore delle tre componenti assiali) (mm/s)</i> | <i>Fondazioni Limite Da 1 a 10 Hz</i> | <i>Fondazioni Limite Da 10 a 50 Hz</i> | <i>Fondazioni Limite Da 50 a 100 Hz</i> |
|------------------|--|---------------------------------------|--|---|
| RV1              | 0.1  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV2              | 0.0  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV3              | 0.0  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV4              | 0.0  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV5              | 0.2  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV6              | 0.1  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV7              | 0.0  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV8              | 0.0  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |

### FASE DI CANTIERE – MESE 8 – UNI 9916:2014

| <i>Ricettore</i> | <i>PPV, z (Maggiore delle tre componenti assiali) (mm/s)</i> | <i>Fondazioni Limite Da 1 a 10 Hz</i> | <i>Fondazioni Limite Da 10 a 50 Hz</i> | <i>Fondazioni Limite Da 50 a 100 Hz</i> |
|------------------|--|---------------------------------------|--|---|
| RV1              | 0.1  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV2              | 0.0  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV3              | 0.0  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV4              | 0.0  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV5              | 0.2  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV6              | 0.1  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV7              | 0.0  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |
| RV8              | 0.0  | 5                                     | da 5 a 15                              | da 15 a 20                              |

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>54</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

## 10 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 9916 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.

IL TECNICO INCARICATO

Sergenti Marco



|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>55</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

## APPENDICE A – 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  $a_{w,95}$ .

|   |  |  |  |   |  |
|---|--|--|--|---|--|
|  <p data-bbox="296 297 566 358">Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p data-bbox="587 199 730 259">Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p data-bbox="770 159 1225 237">Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p data-bbox="842 266 1153 320">VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p data-bbox="1251 199 1299 259">Rev.<br/>00</p> | <p data-bbox="1324 199 1372 259">Pag<br/>56</p> | <p data-bbox="1398 199 1430 259">di<br/>68</p> |
|---|--|--|--|---|--|

- Vibrazioni immesse, Vimm: Vibrazioni che vengono immesse nell'edificio da tutte le sorgenti attive di qualsiasi origine (Vsor, e Vres). Sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione  $a_{w,95}$ .

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>57</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

## APPENDICE B - 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

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>58</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

## APPENDICE C – 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).

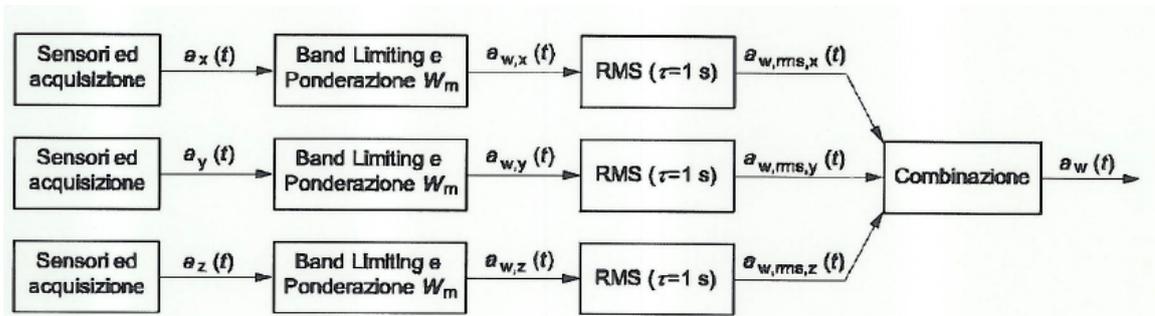
Il tempo di integrazione  $\tau$  è pari a 1 secondo.

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

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>59 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|



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

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

Dove

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

$\sigma$  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.

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

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>60</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

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.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>61</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

## APPENDICE D – 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.

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>62</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

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.

|   |                              |  |                    |                   |                  |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>63</p> | <p>di<br/>68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------|------------------|

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 comprende 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 comprende pali non legati in calcestruzzo armato, fondazioni continue, pali e platee in legno.
- Classe C infine comprende i muri di sostegno leggeri, le fondazioni massicce in pietra e la condizione di assenza di fondazioni, con muri appoggiati direttamente sul terreno. Il terreno viene 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 per vi sulle fondazioni ed a livello del solaio superiore.

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>64 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|

|  | Tipo di edificio   | Fondazioni   |               |                | Ultimo solaio      |
|--|--|--------------|---------------|----------------|--------------------|
|  |  | Da 1 a 10 Hz | Da 10 a 50 Hz | Da 50 a 100 Hz | Tutte le frequenze |
|  | Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari   | 20           | da 20 a 40    | da 40 a 50     | 40                 |
|  | Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo  | 5            | da 5 a 15     | da 15 a 20     | 15                 |
|  | 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                  |

*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.*

|  |                              |   |                    |                   |                  |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------|------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1, realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag<br/>65</p> | <p>di<br/>68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------|------------------|

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.

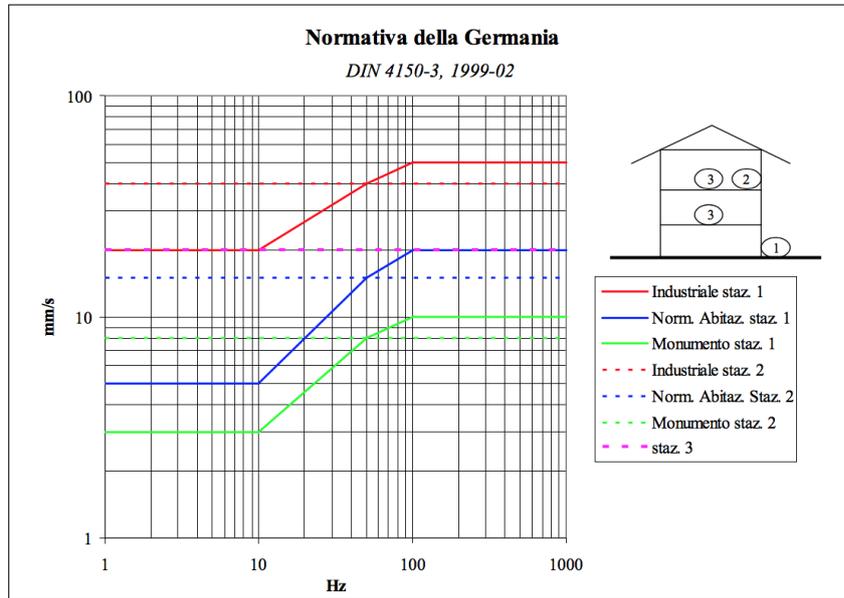
|  | <b>Tipo di edificio</b>  | <b>Per tutte le frequenze</b> |
|--|--|-------------------------------|
|  | Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari   | 10                            |
|  | Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo  | 5                             |
|  | 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) | 2.5                           |

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

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.

|  |                              |   |                    |                         |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
|  <p><b>Eni S.p.A.</b><br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesso 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</b></p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>66 68</p> |
|--|------------------------------|---|--------------------|-------------------------|



*Limiti delle vibrazioni sugli edifici previsti dalla DIN 4150-3*

|   |                              |  |                    |                         |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|
|  <p>Eni S.p.A.<br/>Distretto Meridionale</p> | <p>Data<br/>Ottobre 2023</p> | <p>Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br/>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br/>delle condotte interrato di collegamento</p> <p>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>VIBRAZIONALE</p> | <p>Rev.<br/>00</p> | <p>Pag di<br/>67 68</p> |
|---|------------------------------|--|--------------------|-------------------------|

## APPENDICE E - LA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le misure sono state eseguite con accelerometri triassiali ad alta sensibilità ( $1 \text{ V/g} \sim 100 \text{ mV/m/s}^2$ ), 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 6.3/A – 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 ed i relativi Certificati vengono riportati in Allegato 2, mentre nella tabella che segue riportiamo gli estremi.

Tabella 6.3/A – 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       |

|   |                      |   |            |                 |
|---|----------------------|---|------------|-----------------|
| <br><b>Eni S.p.A.</b><br>Distretto Meridionale | Data<br>Ottobre 2023 | Messa in produzione del Pozzo Pergola 1,<br>realizzazione dell'Area Innesto 3 e posa<br>delle condotte interrato di collegamento<br><br><b>VALUTAZIONE DI IMPATTO<br/>         VIBRAZIONALE</b> | Rev.<br>00 | Pag di<br>68 68 |
|   |                      |   |            |                 |

|                             |        |        |      |                    |            |
|-----------------------------|--------|--------|------|--------------------|------------|
| Accelerometro triassiale    | 3233A  | Dytran | 123  | LCE-1372-V         | 2021-10-20 |
| Calibratore accelerometrico | 394C06 | PCB    | 1773 | LAT<br>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 6.3/B – Calibratore accelerometrico

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  $\mu\text{m/s}^2$ .

|                             |        |         |                                      |         |  |
|-----------------------------|--------|---------|--------------------------------------|---------|--|
| Equivalent Electrical Noise |        | 0.00008 | g rms                                | 0.00078 | $\text{m/s}^2$ rms                               |
| Spectral Noise              | 1Hz    | 12      | $\mu\text{g rms} / \sqrt{\text{Hz}}$ | 118     | $\mu\text{m/s}^2 \text{ rms} / \sqrt{\text{Hz}}$ |
|                             | 10Hz   | 4       | $\mu\text{g rms} / \sqrt{\text{Hz}}$ | 39      | $\mu\text{m/s}^2 \text{ rms} / \sqrt{\text{Hz}}$ |
|                             | 100Hz  | 1.2     | $\mu\text{g rms} / \sqrt{\text{Hz}}$ | 12      | $\mu\text{m/s}^2 \text{ rms} / \sqrt{\text{Hz}}$ |
|                             | 1000Hz | 0.5     | $\mu\text{g rms} / \sqrt{\text{Hz}}$ | 5       | $\mu\text{m/s}^2 \text{ rms} / \sqrt{\text{Hz}}$ |

Figura 6.3/C – Dati del rumore elettrico dell'accelerometro usato.