

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

Report Monitoraggio Ambientale
Vibrazioni – Anno 2018 – Fase AO

| | |
|--|-----------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR | DIRETTORE LAVORI |
| Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio <i>(Ing. T. Tarantini)</i> | Valido per costruzione |
| Data: | Data: |

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

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | N | O | R | 1 | 1 | E | E | 2 | P | E | M | B | 1 | O | B | 3 | 0 | 0 | 1 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| PROGETTAZIONE | | | | | | | IL PROGETTISTA | |
|---------------|-------------|---------|----------|------------|----------|-------------------------|----------------|---|
| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Progettista Integratore | Data | |
| A | EMISSIONE | | 28/02/19 | Lazzari | 28/02/19 | | 28/02/19 | Anno: 2019 Settore: A N°: 3196 Regione Lombardia |
| B | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | |

CIG. 751447334A

File: NOR11EE2PEMB10B3001A



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due

Consorzio ENI per l'Alta Velocità



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
10

Codifica Documento
EE2PEMB00B3001

Rev.
A

Foglio
2 di 13

Regione Veneto LC1

**INDICE**

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA..... | 3 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 4 |
| 2.1. | Considerazioni secondo la UNI 9614:2017 | 6 |
| 3 | ESECUZIONE DEI RILIEVI IN CAMPO E METODI DI ANALISI | 6 |
| 3.1. | Strumentazione | 6 |
| 3.2. | Metodiche di rilievo | 8 |
| 4 | POSTAZIONI DI MONITORAGGIO..... | 10 |
| 5 | RISULTATI DELLE MISURE | 11 |
| 6 | CONCLUSIONI..... | 12 |



1 Premessa

La presente relazione costituisce il report della campagna di monitoraggio delle vibrazioni ante operam eseguita nel mese di dicembre 2018 nella fascia di territorio che potrebbe essere interessata dall'impatto vibrazionale generato, prima dalla realizzazione, e successivamente dall'esercizio, della tratta ferroviaria Alta Velocità / Alta Capacità tra Milano e Verona, Lotto Funzionale 1 Brescia est – Verona lato Veneto.

Scopo del monitoraggio della componente ambientale in oggetto nella presente fase di ante operam è quello di:

- caratterizzare lo stato vibrazionale del territorio prima della costruzione della linea, dell'apertura dei cantieri e del nuovo esercizio ferroviario
- acquisire dati di riferimento per le fasi successive (la fase AO si riferisce a dati che verranno confrontati con quelli acquisiti nella fase di costruzione della tratta; la fase AE si riferisce a dati che saranno confrontati con quelli di esercizio della linea).

Di seguito si riportano le immagini dell'inquadratura territoriale dei ricettori monitorati.

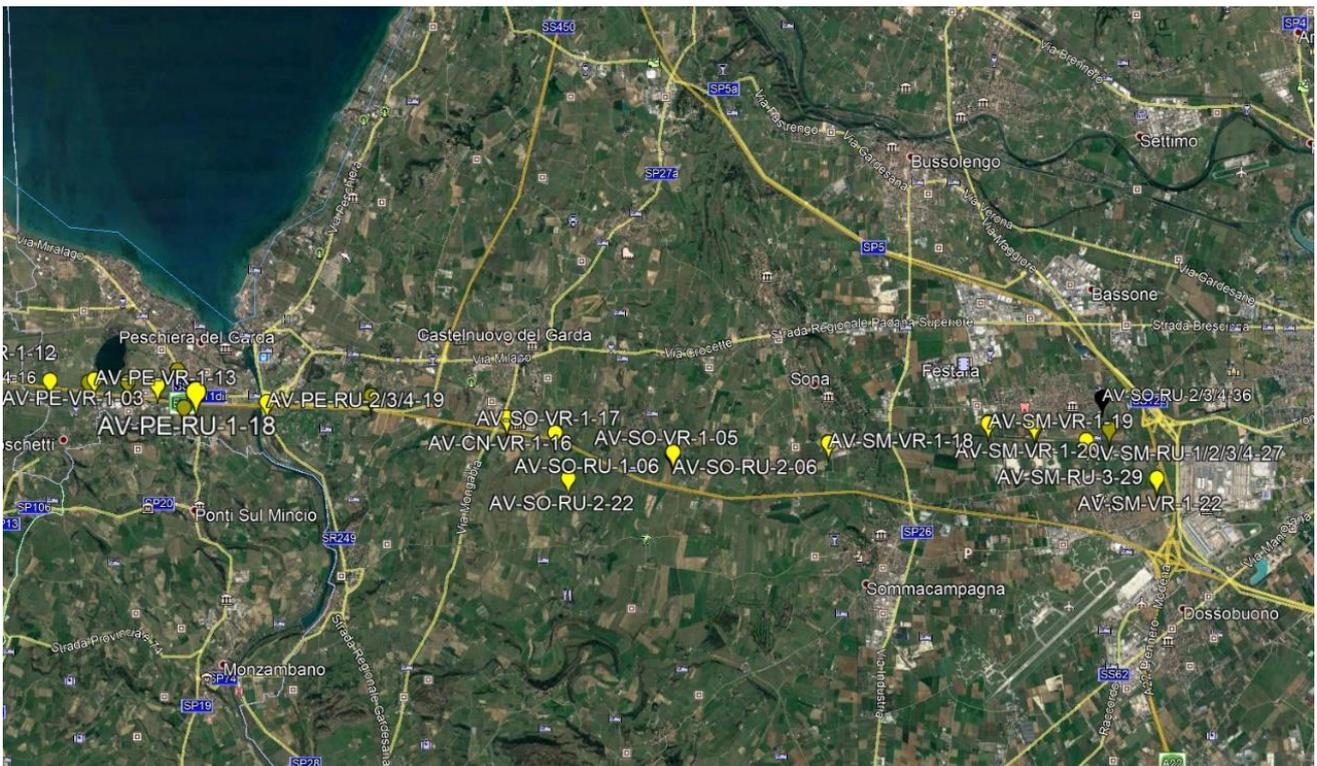


Figura 1.1 Inquadratura territoriale dei ricettori monitorati ubicati nella provincia di Verona



2 Normativa di Riferimento

L'inquinamento da vibrazioni viene regolamentato da normative tecniche inerenti al disturbo sull'uomo e agli effetti sugli edifici, dal momento che non esiste a tutt'oggi una legislazione specifica in merito a livello nazionale. Tali norme introducono le grandezze e i parametri che devono essere valutati e definiscono le caratteristiche dei sistemi di rilevazione e della strumentazione da impiegare per le misure.

Il problema del disturbo causato dalle vibrazioni sull'uomo viene trattato, in particolare, dalla norma ISO 2631 e dalla UNI 9614 che risultano sostanzialmente in accordo. Gli standard di protezione sull'uomo previsti dalle suddette normative garantiscono ampiamente rispetto alla possibile insorgenza di danni agli edifici e, pertanto, l'azione sugli edifici deve essere valutata nel caso di beni monumentali o storici per i quali possono essere assunti limiti più restrittivi.

Dal settembre 2017 è entrata in vigore la norma 9614:2017. Al fine della seguente analisi, come specificato nel capitolo "Scopo e campo di applicazione" della suddetta norma, l'elaborazione è stata svolta secondo "la versione" 1990, in quanto la fase di monitoraggio (AO) non permette di identificare gli eventi attribuibili alla sorgente di interesse (attività di cantiere). Allo stesso tempo si è proceduto a calcolare, mediante la metodica definita dalla norma UNI 9614:2017, l'accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue V_{res} .

La grandezza principale per la valutazione del disturbo da vibrazioni secondo la UNI 9614:1990, è individuata nel valore efficace (RMS - Root-Mean-Square) dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza w_a , definito dalla relazione:

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{0,5}$$

dove:

- t è il tempo
- $a(t)$ è l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza;
- T è la durata del periodo di riferimento.



Una rappresentazione equivalente è data dal livello di accelerazione L, definito dalla relazione:

$$L = 20 \text{ LOG} \left(\frac{a_w}{a_0} \right)$$

dove a_0 è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a 10^{-6} m/s². Nel caso si utilizzino sistemi di acquisizione senza filtri di ponderazione, il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza può essere calcolato in fase di elaborazione dall'accelerogramma misurato in terzi d'ottava nell'intervallo 1-80 Hz.

Di seguito si riportano i limiti definiti dalla UNI 9614:1990

| GRANDEZZE DI RIFERIMENTO PER L'ELABORAZIONE | | | | | | |
|--|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Parametro di riferimento (UNI 9614 – Appendice A) | | | | | | |
| Tipologia di vibrazioni | | | Parametro | Tabella limiti | | |
| A 1 – Di livello costante (livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza variabile entro un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB) | | | RMS | Prospetto III | | |
| A 2 – Di livello non costante (livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza variabile entro un intervallo di ampiezza superiore a 5 dB) | | | $a_{w,eq}$ | Prospetto III | | |
| A 3 – Impulsive (rapido innalzamento e abbassamento del valore dell'accelerazione e oscillazioni) | | | $0,71 a_{pk}$ | Prospetto V | | |
| A 4 – Prodotte da veicoli ferroviari nelle abitazioni | | | a^p | Sperimentale | | |
| Limiti di riferimento | | | | | | |
| Tipologia ricettore | Limite UNI 9614 – Prospetto II/III | | | Limite UNI 9614 – Prospetto V | | |
| | a_x [mm/s ²] | a_y [mm/s ²] | a_z (*) [mm/s ²] | a_x [mm/s ²] | a_y [mm/s ²] | a_z (*) [mm/s ²] |
| Aree critiche | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 5,0 |
| Abitazioni (notte) | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 7,0 |
| Abitazioni (giorno) | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 220 | 220 | 300 |
| Uffici | 14,4 | 14,4 | 14,4 | 460 | 460 | 640 |
| Fabbriche | 28,8 | 28,8 | 28,8 | 460 | 460 | 640 |
| (*) Per postura non nota o variabile | | | | | | |
| Tipologia ricettore | Limite UNI 9614 – veicoli ferroviari | | | Curva Limite ISO 2631 | | |
| | a_x [mm/s ²] | a_y [mm/s ²] | a_z [mm/s ²] | a [mm/s ²] | | |
| Aree critiche | - | - | - | ISO 2631 XYZ x 1 | | |
| Abitazioni (notte) | 21,6 | 21,6 | 30,0 | ISO 2631 XYZ x 1.4 | | |
| Abitazioni (giorno) | | | | ISO 2631 XYZ x 2.4 | | |
| Uffici | - | - | - | ISO 2631 XYZ x 4 | | |
| Fabbriche | - | - | - | ISO 2631 XYZ x 8 | | |



2.1. Considerazioni secondo la UNI 9614:2017

Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono essere quantificate mediante l'accelerazione ponderata massima statistica della sorgente V_{sor} , che deve essere calcolata a partire dall'accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni immesse V_{imm} e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue V_{res} , con la seguente equazione:

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

Per il calcolo delle vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo è necessario misurare nello stesso punto con medesime modalità e criteri, le vibrazioni immesse e quelle residue (come definito al punto 6.4 della norma di riferimento).

La sorgente futura di interesse sarà attività di cantiere e quindi secondo il punto A.4 della norma, è necessario misurare almeno 15 eventi rappresentativi di attività o quantomeno scenari di cantiere raggruppandoli per tipologia. Nella maggioranza dei casi si tratta di fenomeni transitori di breve durata facilmente isolabili nella storia temporale delle attività.

Si prende in considerazione l'accelerazione ponderata totale efficace cioè la combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione (a_{wsum}) ponderata w_m .

La massima accelerazione statistica a_{w95} è data da

$$a_{w,95} = \overline{a_{w,max}} + 1,8 \times \sigma$$

dove il valore medio della massima accelerazione ponderata è

$$\overline{a_{w,max}} = \frac{\sum_{j=1}^N a_{w,max,j}}{N}$$

e sigma è lo scarto tipo della distribuzione delle massime accelerazioni ponderate

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (a_{w,max,j} - \overline{a_{w,max}})^2}{N-1}}$$

3 Esecuzione dei rilievi in campo e metodi di analisi

3.1. Strumentazione



Le attività di monitoraggio sono state svolte utilizzando la seguente strumentazione:

N. 1 analizzatore multicanale Sinus Soundbook composto da:

- sistema di acquisizione e analisi dati a 4 canali con software di gestione Samurai;
- N. 1 PC Portatile Panasonic Toughbook sn 7220
- una terna accelerometrica costituita da 3 accelerometri monoassiali PCB Piezotronics modello 393A03 - Sensibilità 1000 mV/g;
- massetto metallico per il fissaggio degli accelerometri;
- calibratore Tenlee VC-01 s/n 809081

Software di elaborazione: Noise and Vibration Works.

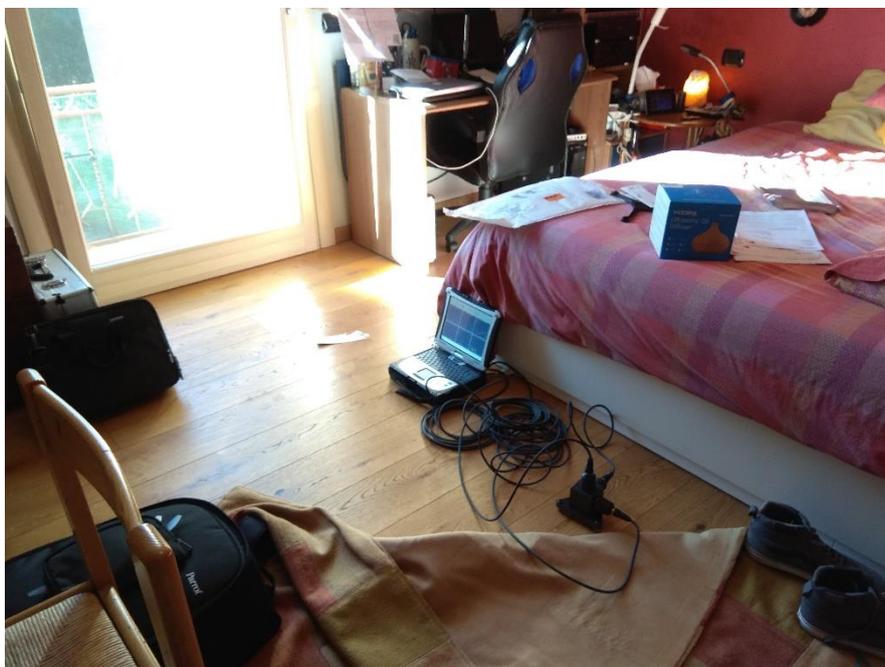


Figura 3.1.1 - Strumentazione utilizzata nelle attività di monitoraggio

In particolare il software 'SamuraiTM', utilizzato per l'acquisizione dei dati, è un software operativo di 'SoundBookTM' Che consente l'esportazione delle misure in fogli 'Excel' o applicativi dedicati come 'NWW'.

Gli accelerometri sono connessi al sistema di acquisizione tramite un collegamento ben saldo per fare in modo che il segnale sia trasmesso in modo continuo, senza intermittenze che causerebbero una perdita dei dati. I cavi di collegamento inoltre vengono fermati con un adesivo per minimizzare le frustate del cavo che possono introdurre rumore nella misura.

Le caratteristiche degli accelerometri utilizzati vengono riportate nella tabella a seguire.

Tabella 3.1.1 - Caratteristiche accelerometri monoassiali PCB PIEZOTRONICS modello 393A03



| PCB 393A03 | | |
|--------------------------------|-----------|-------|
| <i>Voltage sensitive</i> | 1000 | mV/g |
| <i>Measurement range</i> | 5 | ±g pk |
| <i>Frequency range (± 5 %)</i> | 0,5-2000 | Hz |
| <i>(± 10 %)</i> | 0,3-4000 | Hz |
| <i>(± 3 dB)</i> | 0,2-6000 | Hz |
| <i>Resolution</i> | 0,0001 | g pk |
| <i>Amplitude linearity</i> | ±1 | % |
| <i>Transverse sensitivity</i> | ≤5 | % |
| <i>Shock limit</i> | 5000 | ±g pk |
| <i>Excitation voltage</i> | 18-30 | VDC |
| <i>Output impedance</i> | <250 | Ω |
| <i>Output bias</i> | 8-12 | VDC |
| <i>Discharge time constant</i> | 1-3 | sec |
| <i>Size</i> | 30,2x55,6 | mm |
| <i>Weight</i> | 210 | gm |

3.2. Metodiche di rilievo

Nell'ambito della fase di monitoraggio Ante Opera, le misure hanno avuto una durata di 2 ore.

I rilievi sono stati eseguiti tenendo presente che:

- All'inizio di ogni rilievo si procede innanzitutto alla definizione del campo dinamico di misura con delle registrazioni di livelli di vibrazione nelle 3 direzioni ortogonali; quindi si effettua la misura del segnale.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due

Consorzio ENI per l'Alta Velocità



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
EE2PEMB10B3001

Rev.
A

Foglio
10 di 13

- Gli indicatori rilevati durante le misure, sono quelli elencati al successivo paragrafo “Indicatori” ed in particolare vengono acquisiti i valori di accelerazione efficace, globale e per bande d’ottava.
- La calibrazione dell’intera catena di misura è effettuata all’inizio di ogni giornata di misure ed ogni qual volta possa servire (cambio cassette nel DAT, urto accidentale dell’accelerometro, ecc.).



4 Postazioni di monitoraggio

Nella seguente tabella si riportano le postazioni di monitoraggio ricadenti nella provincia di Verona indagate nel mese di dicembre 2018. Per ciascun punto è riportato il codice, il comune e la provincia di appartenenza, il tipo di metodica utilizzata, le fase del monitoraggio e alcune note.

Tabella 4.1 – Codici dei ricettori con relative informazioni

| Codice punto di misura | Fase | Ubicazione | Prov | Tipo di metodica | Note |
|------------------------|------|--|------|------------------|--|
| AV-PE-VR-1-03 | AO | Strada dei Frati Peschiera del Garda | VR | VR-1 | reiterato diniego di accesso da parte della proprietà |
| AV-PE-VR-1-04 | AO | Traversa di Via Cascinale Peschiera del Garda | VR | VR-1 | |
| AV-SO-VR-1-05 | AO | Località Casa Stefania Sona | VR | VR-1 | |
| AV-PE-VR-1-13 | AO | Via dell'Artigianato Peschiera del Garda | VR | VR-1 | |
| AV-PE-VR-1-14 | AO | Località Marinoni Peschiera del Garda | VR | VR-1 | |
| AV-CN-VR-1-15 | AO | Via San Lorenzo Castelnuovo del Garda | VR | VR-1 | |
| AV-CN-VR-1-16 | AO | Via Cà Brusà n°8 Castelnuovo del Garda | VR | VR-1 | |
| AV-SO-VR-1-17 | AO | Via Roncana - Sona | VR | VR-1 | |
| AV-SM-VR-1-18 | AO | Via Val di Sona 11 Sommacampagna | VR | VR-1 | |
| AV-SM-VR-1-19 | AO | Via Siberie Sommacampagna | VR | VR-1 | |
| AV-SM-VR-1-20 | AO | Via Betlemme 7/A Sommacampagna | VR | VR-1 | |
| AV-SM-VR-1-21 | AO | Via Rampa 30 - Peschiera del Garda | VR | VR-1 | reiterato diniego di accesso da parte della proprietà |
| AV-SM-VR-1-22 | AO | Via Cason Sommacampagna | VR | VR-1 | |
| AV-PE-VR-1-23 | AO | Località Badoara Peschiera del Garda | VR | VR-1 | |



5 Risultati delle misure

Nella seguente tabella si riportano i risultati della campagna di monitoraggio di vibrazioni in fase di AO, eseguita nel mese dicembre 2018 secondo la metodica VR-1 (misure durata minima 2 ore).

I ricettori indagati secondo la metodica VR-1 sono quelli che saranno interessati dalla vicinanza sia con cantieri fissi (Operativi-Logistici-Armamento-Tecnologici) nella futura fase di corso d'opera che in esercizio.

I livelli ottenuti servono per la determinazione del livello residuo (V_{res}) necessari per calcolare il livello denominato Valore sorgente (V_{sor}) a quello di immissione che si valuterà in corso d'opera.

I risultati dei valori residui che eccedono i limiti di immissione sono indicati in rosso.

Tabella 3.2. - $a_{w,95}$ Valore residuo UNI9614:2017

| RISULTATI VIBRAZIONI ANTE OPERAM - VALORE RESIDUO DIURNO UNI9614:2017 | | | |
|---|---|---|----------------------|
| Codice punto | VALORE RESIDUO $a_{w,95}$ (mm/s ²) | VALORE LIMITE (mm/s ²) V_{sor} | NOTE |
| AV-PE-VR-1-04 | 11,6 | 7,2 | |
| AV-SO-VR-1-05 | 1,5 | 7,2 | |
| AV-PE-VR-1-13 | 1,5 | 7,2 | |
| AV-PE-VR-1-14 | 6,4 | 7,2 | |
| AV-CN-VR-1-15 | 3,5 | 7,2 | |
| AV-CN-VR-1-16 | 2,8 | 7,2 | |
| AV-SO-VR-1-17 | 4,4 | 7,2 | |
| AV-SM-VR-1-18 | 3,7 | 7,2 | |
| AV-SM-VR-1-19 | 4,0 | 7,2 | |
| AV-SM-VR-1-20 | 1,4 | 7,2 | |
| AV-SM-VR-1-22 | 0,2 | 7,2 | I°PIANO FUORI TERRA |
| | 1,5 | | II°PIANO FUORI TERRA |
| AV-PE-VR-1-23 | 0,6 | 7,2 | |



6 Conclusioni

Analizzando i risultati della campagna di monitoraggio in fase Ante Operam, eseguita secondo le modalità di misura precedentemente descritte, si rilevano secondo la metodica della norma UNI9614:2017 con l'individuazione di 15 eventi distinti all'interno delle 2 ore di misura accelerazioni ponderate massime statistiche delle vibrazioni residue (Vres) conformi, ad eccezione del punto di misura AV-PE-VR-1-04 (valore in rosso in tabella 5.1).