

TANGENZIALE EST ESTERNA DI MILANO

CODICE C.U.P. I21B05000290007
CODICE C.I.G. 017107578C

MONITORAGGIO AMBIENTALE

RELAZIONE ANNUALE CORSO D'OPERA 2013

VIBRAZIONI

CONSORZIO DI PROGETTAZIONE:

C.T.E.
Consorzio Tangenziale Engineering
Via G. Vida, 11 - 20127 MILANO

PRESIDENTE: Ing. Maurizio Torresi

I COMPONENTI:



SPEA Ingegneria Europea S.p.A



SINA S.p.A



Milano Serravalle Engineering S.r.l



TECHNITAL S.p.A



PRO.ITER S.r.l



GIRPA S.p.A

COORDINAMENTO ATTIVITA'
MONITORAGGIO AMBIENTALE



Ing. Dorina Spoglianti
Ordine Ingegneri Milano n°A 20953

ESECUZIONE ATTIVITA'
MONITORAGGIO AMBIENTALE



Ing. Marco Salomone
Ordine Ingegneri Torino n° 8468 R

IL CONCEDENTE



CONCESSIONI
AUTOSTRADALI
LOMBARDE

IL CONCESSIONARIO



IL DIRETTORE DEI LAVORI

A	Febbraio 2014	EMISSIONE	Ing. Ardenti	Dott. Rossi	Ing. Salomone
EM./REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE PROGETTUALE	CONTR.	APPROV.
IDENTIFICAZIONE ELABORATO				DATA:	FEBBRAIO 2014
OPERA		TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA
MONTEEM		0	CO	VB	205
				REV.	A
				SCALA:	-

INDICE

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE DELLE AREE DI MONITORAGGIO	3
3	PUNTI DI MONITORAGGIO	6
4	INQUADRAMENTO METODOLOGICO	9
4.1	Definizione dei parametri	9
4.2	Individuazione dei limiti di legge e definizione delle anomalie	11
4.3	Strumentazione	17
5	RISULTATI OTTENUTI	20
5.1	VIB-AB-01.....	20
5.2	VIB-GE-01	22
5.1	VIB-GO-01.....	24
5.1	VIB-CS-01	26
6	CONCLUSIONI	29

1 PREMESSA

La presente relazione illustra le attività di monitoraggio della componente “Vibrazioni” svolte in fase Corso d'Opera, nell'ambito del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA), predisposto in sede di Progetto Definitivo della Tangenziale Est Esterna di Milano.

In termini generali il Monitoraggio Ambientale ha lo scopo di esaminare le eventuali variazioni indotte sull'ambiente dalla realizzazione dell'opera, e di valutare se tali variazioni sono imputabili alla costruzione della medesima o al suo futuro esercizio.

Con riferimento alla componente in esame l'obiettivo dei rilievi è quello di verificare che i recettori interessati dalla realizzazione dell'infrastruttura siano soggetti a livelli vibrazionali in linea con le previsioni progettuali e con gli standard di riferimento. Le attività di monitoraggio nella fase CO permettono di rilevare e segnalare eventuali criticità in modo da poter intervenire in maniera idonea per minimizzare l'impatto sui recettori interessati durante le fasi costruttive.

Tutte le attività strumentali di rilevamento dei dati in campo e di elaborazione degli stessi sono state effettuate secondo quanto previsto dalla Relazione Specialistica - componente Vibrazioni del PMA (Documento Z0052_E_X_XXX_XXXXX_0_MN_RH_009_A) e più in generale nel rispetto della normativa nazionale ed in accordo con le pertinenti norme tecniche nazionali ed internazionali.

Le attività di monitoraggio sono state eseguite presso tutti i punti di monitoraggio interessati da lavorazioni, per i quali era prevista l'esecuzione di rilevamenti nella fase di CO.

Rispetto al posizionamento previsto dal PMA – Progetto Esecutivo, non sono state effettuate rilocalizzazioni.

Per la descrizione delle singole campagne di misura con relative schede di restituzione e certificati di taratura si rimanda ai bollettini trimestrali (MONTEEM0COVB201A_1°trimestre 2013; MONTEEM0COVB203A_3°trimestre 2013; MONTEEM0COVB204A_4°trimestre2013).

Nel corso dell'anno sono state inoltre effettuate attività di audit da parte del ST, attraverso sopralluoghi congiunti svolti nei seguenti punti:

- I Trimestre 2013: VIB-AB-01 in data 24/01/13;
- III Trimestre 2013: VIB-CS-21 in data 30/07/13.

L'analisi dei risultati e delle informazioni trasmesse e i sopralluoghi congiunti sono stati effettuati dal ST con i seguenti obiettivi:

- la verifica della corretta esecuzione delle attività di monitoraggio (coordinamento con le attività di cantiere, ubicazione delle stazioni di monitoraggio, frequenza dei rilievi, metodiche di rilievo e analisi, ecc.);
- la valutazione della completezza delle informazioni e dei risultati restituiti;
- l'analisi e l'interpretazione dei risultati ottenuti.

2 DESCRIZIONE DELLE AREE DI MONITORAGGIO

Le attività di monitoraggio della componente in esame sono state svolte nei comuni della provincia di Milano di Gessate e Gorgonzola, nel comune della provincia di Lodi di Casalmaiocco e nel comune della provincia di Monza e Brianza di Agrate Brianza.

Nel paragrafo che segue sono estrapolate dalla Relazione geologica – idrogeologica (Documento D0000000GGRH01A – marzo 2010) e dall'allegato 1 del PMA le informazioni relative alla geologia delle aree interessate dal monitoraggio vibrazionale.

L'area di studio ricade nel Foglio 45 "Milano" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000; e si sviluppa tra l'abitato di Milano ad ovest e il fiume Adda ad est e tra l'autostrada A4 a nord e l'autostrada A1 a sud.

L'evoluzione sedimentaria della Pianura Padana è caratterizzata a partire dal Pliocene Superiore – Pleistocene Inferiore a seguito di una fase di ritiro del mare, per l'orogenesi dell'arco appenninico settentrionale, dalla deposizione di sedimenti continentali fluvio – lacustri, deltizi e di piana costiera, che segnano il passaggio da un ambiente di tipo prettamente marino ad uno di transizione marino – continentale.

L'unità sedimentaria, attribuita generalmente al Villafranchiano, è caratterizzata da sabbie fini, limi, argille e torbe per il predominare di acque tranquille. Tale unità è stata sottoposta ad un immediato sollevamento a seguito della sua deposizione, determinando una forte erosione della parte superiore con la formazione di profonde incisioni. Questa fase di sollevamento è stata accompagnata da diverse variazioni del livello marino che hanno portato alla sedimentazione di depositi marini e continentali all'interno delle incisioni. Tali sedimenti sono costituiti per lo più da sabbie e ghiaie che hanno subito fenomeni di cementazione. Si riconosce negli orizzonti conglomeratici di questo periodo la Formazione del Ceppo dell'Adda.

Il Pleistocene (1,8 MA - 10.000 anni) segna l'inizio della fase delle glaciazioni, testimoniata dagli archi morenici, posti a nord dell'area di progetto in corrispondenza degli abitati di Lesmo e Comparada e dei successivi periodi interglaciali, caratterizzati dal disfacimento e dilavamento di questi apparati ad opera degli scaricatori fluviali per la fusione dei ghiacci, responsabili della formazione del sistema di terrazzi, visibile in affioramento nell'alta pianura ai piedi degli archi morenici. Tali corsi d'acqua hanno trasportato a valle nella media e bassa pianura ingenti quantità di sedimenti, conferendo agli stessi un ottimo grado di arrotondamento, una buona classazione e una progressiva diminuzione della granulometria da nord a sud per la diminuzione dell'energia di trasporto a seguito della progressiva riduzione del gradiente morfologico della superficie topografica. Si ritrova traccia di tali depositi nell'area di studio all'altezza dell'abitato di Gessate.

Un lento innalzamento dell'alta pianura con l'affioramento in superficie dei depositi più antichi lungo gli alvei incassati dei corsi d'acqua si è verificato nel corso del Pleistocene superiore fino

all'Olocene a causa di una riattivazione delle strutture profonde compressive legate all'orogenesi dell'Appennino settentrionale. Questo sollevamento ha comportato la formazione di "dorsali" come quella di Monza, e di zone depresse, come il settore occidentale della Provincia di Milano, comprese tra le suddette sopraelevazioni, oggetto di una rilevante deposizione di alluvioni recenti ad opera dei corsi d'acqua. Il settore orientale dell'alta pianura della Provincia di Milano è quello che ha subito il maggiore sollevamento.

L'analisi delle stratigrafie dei sondaggi ha infatti permesso di individuare in corrispondenza dell'abitato di Gessate il limite meridionale di un'area tettonicamente sollevata, dove sono presenti a pochi metri dal piano campagna ed in affioramento in superficie depositi fluvio – glaciali del Mindel e del Riss.

AREA DI INDAGINE 1 da progr. 0+000 a progr. 4+000 Km (punti VIB-AB-01, VIB-GE-01 e VIB-G0-01)

A partire dalla interconnessione con l'autostrada A4 la livelletta corre in trincea con altezza delle scarpate di scavo pari a 7-8 m ed incontra le unità Sg e secondariamente Gs e Smg fino alla fine dell'area. L'unità Sg, costituita da sabbie con ghiaie con $\Phi = 3 - 5$ cm e locale presenza di ciottoli si estende tra le progr. 0+300 Km - 0+2050 Km e 2+400 Km – 3+700 Km. La galleria artificiale Villorosi di attraversamento dell'omonimo canale tra le progr. 2+044 Km e 2+169 Km circa, vede al tetto di scavo l'unità Sg, che passa a Gs in corrispondenza della livelletta. Il grado di addensamento è medio. Localmente può aumentare la frazione ghiaiosa, Gs, o quella sabbioso – limosa, Smg. Se si considera l'altezza di scavo prevale ancora il termine Sg che si intercala localmente a lenti di Gs e Smg. E' presente in superficie un livello di limo sabbioso, inglobante ghiaietto, dello spessore medio di 1 – 2 m.

AREA DI INDAGINE 4 da progr. 19+400 a progr. 29+800 Km (punto VIB-CS-01)

La livelletta corre sul piano campagna tra progr. 19+200 Km e 20+500 Km circa appoggiandosi all'unità Ls, che presenta un grado medio di addensamento ed uno spessore di 2 – 4 m. Tale unità passa a sabbie limose da debolmente ghiaiose a ghiaiose che si susseguono fino alle profondità di indagine, pari a 30 m.

Il tracciato prosegue quindi in rilevato tra le progr. 20+500 – 21+900 Km, dove l'unità Ls presenta uno spessore ridotto di 1 m circa per passare a sabbie limose da debolmente ghiaiose a ghiaiose, caratterizzate da un grado di addensamento medio.

I sondaggi L4 – S5 e L4 – S6 in corrispondenza del ponte sul canale Muzza, lungo 90 m e posto circa alla progressiva 22+000 Km, incontrano fino ai 5 m di profondità le unità Gs e Sg per passare a termini prettamente limoso – argillosi poco consistenti, La e Ls, fino ai 15 m di profondità. Sono presenti per altri 10 m termini sabbioso – limosi con ghiaia dispersa fino al passaggio all'unità Gs in corrispondenza dei 20 – 25 m di profondità. Il grado di addensamento delle unità sabbioso – ghiaiose è medio – alto.

La livelletta corre in rilevato tra progr. 22+100 – 26+600 Km, dove è presente l'unità Ls per uno spessore di 1 – 1.5 m con grado di addensamento medio – alto. Al di sotto di tale unità si trovano sabbie limose passanti localmente a limi sabbiosi con locale presenza della frazione ghiaiosa. Il grado di addensamento è medio – alto.

L'unità Gs si trova a partire dai 25 m di profondità e passa all'unità Smg in corrispondenza della progr. 25+500 Km.

La livelletta si abbassa al di sotto del piano campagna tra progr. 26+600 e 28+200 Km circa in corrispondenza della galleria artificiale Dresano, lunga 800 m. In questo tratto la livelletta, compresa l'altezza di scavo dell'opera, attraversa le unità Ls e Ss nei tratti di raccordo tra piano campagna e galleria mentre si colloca all'interno di sabbie limose ghiaiose sul piano di scavo della galleria. Il grado di addensamento di queste unità è medio.

La livelletta ritorna in rilevato tra progr. 28+200 e 29+500 Km circa di fine area, dove è presente l'unità Ls in superficie con spessore di 2 – 3 m e grado di addensamento medio. Tale unità passa a sabbie limoso – ghiaiose Smg che poggiano su di una potente sequenza di sabbie fini limose con livelli limoso – argillosi Ss dai 10 – 15 m di profondità fino alla profondità massima di indagine di 35 m.

Si riporta di seguito la descrizione delle unità stratigrafiche citate:

- Gs: ghiaia da sabbiosa a con sabbia, presenza di livelli sabbioso – limosi. Dimensione media dei clasti $\Phi = 3 - 6$ cm;
- Sg: sabbia con ghiaia e ciottoli, presenza di livelli sabbioso – limosi. Dimensione media dei clasti $\Phi = 3 - 5$ cm;
- Smg: sabbia ghiaiosa da limosa a debolmente limosa. Dimensione media dei clasti $\Phi = 2 - 4$ cm;
- Sm: sabbia medio – grossolana con raro ghiaietto disperso. Dimensione media dei clasti $\Phi = 0.2 - 1.5$ cm;
- Sl: sabbia medio – fine limosa da debolmente ghiaiosa a ghiaiosa. Dimensione media dei clasti $\Phi = 2 - 3$ cm;
- Ss: sabbia medio – fine da limosa a debolmente limosa. Presenza di livelli limo – sabbiosi e limo – argillosi e di rara ghiaia dispersa. Dimensione media dei clasti $\Phi = 0.2 - 2$ cm;
- Ls: limo sabbioso con possibile raro ghiaietto disperso;
- La: limo argilloso con livelli sabbiosi;
- As: argilla con limo debolmente sabbiosa;
- Al: argilla debolmente limosa.

3 PUNTI DI MONITORAGGIO

Nel corso del 2013 sono state svolte 5 campagne di monitoraggio presso 4 stazioni così suddivise: 3 punti nel lotto A e 1 punto nel lotto C.

La seguente campagna, inizialmente programmata, non è invece stata completata a causa di diniego da parte della proprietà ad accedere al recettore:

- VIB-PB-01 del 10/09/13.

Per il prosieguo delle attività nell'area, si provvederà a valutare la presenza di recettori significativi.

Di seguito viene riportata una descrizione delle aree di monitoraggio e dei recettori indagati. Per ulteriori dettagli si rimanda ai bollettini trimestrali.

VIB-AB-01

L'edificio oggetto di monitoraggio è localizzato nella parte sud di Omate, frazione di Agrate Brianza. L'area risulta essere di tipo rurale con alcuni insediamenti industriali sparsi.

Nell'area non risultano fonti vibrazionali di rilievo in quanto l'autostrada A4 dista circa 160 m dall'edificio, mentre la viabilità di accesso (via Fabio Filzi) è scarsamente percorsa da autoveicoli. A circa 30 m dall'edificio è presente un capannone-magazzino afferente ad un'impresa operante nella costruzione e fornitura attrezzature di impianti sportivi e ricreativi. Per accedere al punto, dallo svincolo di Agrate dell'autostrada Milano-Brescia imboccare viale Monza in direzione Omate. A nord del sovrappasso sull'autostrada accedere alla prima strada poderale a destra.

VIB-GE-01

La struttura oggetto di monitoraggio è localizzata nella zona industriale del comune di Gessate, in località "Il Cascinello". L'area risulta essere di tipo industriale. La principale fonte vibrazionale è rappresentata dall'attività lavorativa in essere all'interno del capannone oggetto di monitoraggio (costruzione, assemblaggio di scambiatori di calore), mentre risulta di scarsa rilevanza l'influenza della viabilità su viale Monza. Per accedere al punto, dallo svincolo di Agrate dell'autostrada Milano-Brescia imboccare la SP13 in direzione Pessano con Bornago e proseguire sulla SP216 verso Gessate.

VIB-G0-01

Il cascinale, sede della "Comunità Solidale della Pagnana", è localizzato tra l'area industriale di Gessate e l'abitato di Gorgonzola. Nell'area non risultano fonti vibrazionali di rilievo in quanto sia la Strada Provinciale che il tracciato ferroviario distano oltre 500 m dall'edificio, mentre la viabilità poderale di accesso è scarsamente percorsa da autoveicoli. Per accedere al punto da SP 216 seguire in direzione sud per Cascina Lodola. Per accedere al punto da Lavagna di Comazzo proseguire su via Rossate lungo parte sterrata della viabilità fino ad oratorio di San Biagio.

VIB-CS-01

L'edificio oggetto di monitoraggio è localizzato nella parte nord-ovest del territorio comunale di Casalmaiocco, al confine con il comune di Dresano. L'area risulta essere di tipo residenziale con alcuni insediamenti industriali. La principale fonte vibrazionale è costituita dalla limitrofa e trafficata SP 159 (Bettola - Sordio). Per accedere al punto, dallo svincolo di Melegnano proseguire in direzione Dresano-Villaggio Ambrosiano e immettersi sulla SP159 da via Pandina.

Nella tabella che segue si riporta il dettaglio dei punti di monitoraggio (in ordine di progressiva da nord a sud).

Codifica Punto	Lotto	pk	Opera	Tipologia recettore	Indirizzo	Data Misure	Numero rilievo CO 2013	Trimestre 2013
VIB-AB-01	A	0+000	Svincolo A4	Residenziale	Via Fabio Filzi 75, Agrate Brianza (MB)	24/01/2013	1	I
VIB-GE-01	A	3+085	Galleria artificiale Villoresi	Attività industriale	Via Monza 150 A/B, Gessate (MI)	24/07/2013	1	III
VIB-GO-01	A	3+950	Svincolo Gorgonzola	Residenziale	Cascina Pagnana, Gorgonzola (MI)	24/01/2013	1	I
						21/11/2013	2	IV
VIB-CS-01	c	27+535	Galleria artificiale Cologno	Residenziale	Via Pavia 1/B, Casalmaiocco (LO)	30/07/2013	1	III

Tabella 1 - Punti di monitoraggio - CO 2013

4 INQUADRAMENTO METODOLOGICO

4.1 Definizione dei parametri

La misura di vibrazioni consiste nella registrazione dei segnali di accelerazione e/o velocità registrati da accelerometri monoassiali collegati ad un sistema di acquisizione e elaborazione del segnale. Le misure vengono effettuate presso recettori individuati dal PMA per la loro sensibilità e/o posizione rispetto al tracciato in progetto.

Le misure avvengono contestualmente alle lavorazioni al fine di determinare relazioni causa-effetto tra operazione di cantiere e livelli vibrazionali rilevati. A tal fine ciascuna postazione è presidiata in modo da catalogare gli eventi sensibili ascrivibili alle attività di cantiere o a fenomeni di disturbo esterni.

Le misure sono state svolte in base alle norme tecniche di cui nel seguito.

UNI 9614 – ISO 2631

I dispositivi di misura sono localizzati in corrispondenza del primo e dell'ultimo piano abitato, dal lato dell'edificio a minima distanza dal tracciato e in posizione centrale al locale (in corrispondenza della mezzeria di solaio - fondamenta). Qualora non sia possibile accedere all'interno del piano terra la terna viene collocata anche all'esterno dell'edificio pur mantenendo la distanza entro un metro dalla stessa.

In termini generali i 6 trasduttori, ciascuno collegato ad uno specifico canale della centralina di acquisizione dati, vengono disposti nel seguente modo:

- Canale 1 (CH1): Accelerometro al piano inferiore – Direzione X
- Canale 2 (CH2): Accelerometro al piano inferiore – Direzione Y
- Canale 3 (CH3): Accelerometro al piano inferiore – Direzione Z
- Canale 4 (CH4): Accelerometro al piano superiore – Direzione X
- Canale 5 (CH5): Accelerometro al piano superiore – Direzione Y
- Canale 6 (CH6): Accelerometro al piano superiore – Direzione Z

Le tre direzioni sono mutuamente perpendicolari alla giacitura dei piani individuati dalle mura del locale. La direzione X positiva viene disposta in modo da essere concorde con il verso delle pk crescenti del tracciato autostradale e le direzioni Y, Z di conseguenza in modo da formare una terna ortogonale destrorsa. Le direzioni X, Y, Z risultano rispettivamente longitudinali, trasversali e verticali rispetto al tracciato stradale in progetto.

Il rilevamento è stato eseguito memorizzando la time history discretizzata al secondo del livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza (secondo il filtro per assi combinati indicato dalla norma UNI 9614) e lo spettro in frequenza in bande da 1/3 d'ottava nel campo da 1 a 80 Hz (estremi inclusi).

Dalla misura complessiva sono stati estratti ed analizzati, ove presenti, gli eventi più gravosi ricadenti nelle seguenti categorie:

1. Eventi generati dall'attività di cantiere (si è indicato nel seguito con la sigla E1 l'evento più gravoso appartenente a questa categoria).
2. Eventi generati dalla movimentazione dei mezzi di cantiere (si è indicato nel seguito con la sigla E2 l'evento più gravoso appartenente a questa categoria).
3. Eventi generati dalla presenza contemporanea degli eventi 1 e 2 (si è indicato nel seguito con la sigla E3 l'evento più gravoso appartenente a questa categoria).

UNI 9916 – DIN 4150 – ISO 4866

I dispositivi di misura sono localizzati in corrispondenza del basamento dell'edificio in corrispondenza di una parete portante, alla distanza minore dalla sorgente. Nel caso in cui dalla prima misura risultassero superamenti di soglia potrebbe essere necessario usare più punti di misura: al basamento, all'ultimo piano ed in ogni particolare della struttura dell'edificio nella quale è plausibile la presenza di una risonanza e quindi la comparsa di una lesione.

In termini generali i 3 trasduttori, ciascuno collegato ad uno specifico canale della centralina di acquisizione dati, vengono disposti nel seguente modo:

- Canale 1 (CH1): Accelerometro al piano inferiore – Direzione X
- Canale 2 (CH2): Accelerometro al piano inferiore – Direzione Y
- Canale 3 (CH3): Accelerometro al piano inferiore – Direzione Z

In alternativa è possibile utilizzare accelerometri triassiali o velocimetri.

Vanno misurate le tre componenti ortogonali della velocità della vibrazione (una verticale e due trasversali). Occorre registrare la storia dei valori istantanei sui tre assi, senza alcuna ponderazione temporale (registrazione della forma d'onda). In questo modo si potranno ricavare le componenti o pcpv, o il valore assoluto o ppv e trovare la frequenza dominante.

Per quanto riguarda le normali attività domestiche si è cercato di evitare, ove possibile, il calpestio nelle stanze direttamente interessate dalle misure, mentre non è possibile individuare attività domestiche effettuate negli altri locali dell'abitazione. Tali attività risultano far parte del normale "segnale di fondo" della misura.

Con riferimento alla norma UNI 9614, il parametro utilizzato per la caratterizzazione delle vibrazioni è stata l'accelerazione quadratica media (r.m.s) ponderata, espressa in m/s^2 , usando fattori di ponderazione in bande di terzi d'ottava per postura non nota o variabile.

4.2 Individuazione dei limiti di legge e definizione delle anomalie

Nel 2005 è stato emanato un decreto che stabilisce limiti precisi ai livelli di vibrazioni tollerabili sul luogo di lavoro (D.Lgs 187 del 19/98/2005), mentre non esiste ancora alcuna disposizione di legge nazionale che fissi analoghi limiti in ambiente abitativo; ed ovviamente i limiti previsti per l'ambiente di lavoro non sono sufficientemente restrittivi onde garantire la protezione ed il confort nella case.

La Commissione Vibrazioni dell'UNI ha prodotto una completa serie di norme nazionali, che, sebbene con qualche punto di scarsa chiarezza, coprono l'intera problematica delle vibrazioni negli edifici: valutazione del disturbo alle persone, valutazione del possibile danno strutturale, implementazione della metodica di misura.

In particolare, le norme che verranno nel seguito analizzate sono:

- Norma UNI 9614:1990 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo";
- Norma UNI 9916:2004 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici".

A livello di regione Lombardia la norma di riferimento per questo tipo di disturbo è il Regolamento locale di igiene tipo (D.G.R n. 3/49784 del 28/03/1985) che richiama la ISO 2631.

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

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

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

Attualmente a scopo indicativo in Tabella 2 sono riportati i valori limite di base riferiti rispettivamente all'asse (Z) e agli assi (X) e (Y) e nella Tabella 3 sono riportati i fattori moltiplicativi dei valori limite di base della Tabella 2 a seconda del tipo di insediamento disturbato, del tipo di zona in cui esso insiste e del periodo del giorno (diurno, notturno).

Frequenza centrale della banda ad 1/3 d'ottava (Hz)	Accelerazione (RMS) m/s ²	
	Asse Z	Asse X e Y
1	1 10 ⁻²	3.6 10 ⁻³
1.25	8.9 10 ⁻³	3.6 10 ⁻³
1,60	8.0 10 ⁻³	3.6 10 ⁻³
2.00	7.0 10 ⁻³	3.6 10 ⁻³
2.50	6.3 10 ⁻³	4.51 10 ⁻³
3.15	5.7 10 ⁻³	5.68 10 ⁻³
4.00	5.0 10 ⁻³	7.21 10 ⁻³
5.00	5.0 10 ⁻³	9.02 10 ⁻³
6.30	5.0 10 ⁻³	1.14 10 ⁻²
8.00	5.0 10 ⁻³	1.44 10 ⁻²
10.00	6.25 10 ⁻³	1.80 10 ⁻²
12.50	7.81 10 ⁻³	2.25 10 ⁻²
16.00	1.00 10 ⁻²	2.89 10 ⁻²
20,00	1.25 10 ⁻²	3.61 10 ⁻²
25.00	1.56 10 ⁻²	4.51 10 ⁻²
31.50	1.97 10 ⁻²	5.68 10 ⁻²
40.00	2.50 10 ⁻²	7.21 10 ⁻²
50.00	3.13 10 ⁻²	9.02 10 ⁻²
63.00	3.94 10 ⁻²	1.14 10 ⁻¹
80.00	5.00 10 ⁻²	1.44 10 ⁻¹

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Per tale tipologia di vibrazioni, se il numero di eventi giornalieri N è non maggiore di 3, il valore dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza va confrontato con i limiti riportati nella Tabella 6.

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

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

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

I nuovi limiti si ottengono dai precedenti (valori in m/s²) moltiplicandoli per il coefficiente F così definito:

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

con :

t = durata dell'evento

k=1.22 per pavimenti in calcestruzzo

k=0.32 per pavimenti in legno.

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

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

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

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

Tale considerazione è facilmente deducibile dal confronto dei valori riportati nelle norme che riportano i danni sull'uomo (ISO 2631 e UNI 9614) con i valori nelle norme che riguardano i danni strutturali (UNI 9916 e DIN 4150 e ISO 4886), pertanto le prime sono state scelte quale riferimento per gli edifici residenziali, poiché riportano dei valori limite più restrittivi.

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

Ne consegue che all'interno degli edifici da monitorarsi saranno eseguite misure finalizzate al danno delle strutture solo in presenza di edifici di particolare pregio storico-architettonico. Il riscontro di livelli di vibrazione che recano disturbo alle persone sarà, per gli altri recettori,

condizione sufficiente affinché si intervenga nei tempi e nei modi opportuni per ridurre i livelli d'impatto.

La DIN 4150 e la BS 7385 fanno riferimento alla "peak component particle velocity", cioè al picco nel tempo della singola componente di velocità. Per la componente verticale dei singoli solai, la norma indica come valore di riferimento 20 mm/s limitatamente alle prime due classi di edifici. Tale valore è indipendente dal contenuto in frequenza della registrazione e può essere inferiore per la terza classe di edifici. In Tabella 7 e Tabella 8 sono riportati i valori limiti per vibrazioni di breve durata e permanenti.

Classe	Tipo di edificio	p.c.p.v in mm/s			
		Fondazioni			Piano alto
		Da 1 Hz fino a 50 Hz	Da 10 Hz fino a 50 Hz	Da 50 Hz fino a 100 Hz	Tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	varia linearmente da 20 a 40	varia linearmente da 40 a 50	40
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	varia linearmente da 5 a 15	varia linearmente da 15 a 20	15
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	3	varia linearmente da 3 a 8	varia linearmente da 8 a 10	8

Tabella 7 - Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata sulle costruzioni (Prospetto D.1 - UNI 9916)

Classe	Tipo di edificio	p.c.p.v in mm/s per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	10
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	2.5

Tabella 8 - Valori di riferimento per le componenti orizzontali della velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di durature sulle costruzioni (Prospetto D.2 - UNI 9916)

In conclusione per la valutazione degli impatti vibrazionali per la popolazione si confrontano i livelli vibrazionali rilevati per banda di frequenza per gli assi X, Y e Z rispettivamente con i valori limite previsti dal Regolamento locale di igiene e con i valori limite previsti dalla UNI 9614, mentre per i beni storico-architettonici si confrontano i dati rilevati con i limiti previsti dalla UNI 9916. Nel corso del 2013 non sono stati effettuati rilievi secondo quanto previsto dalla norma UNI 9916.

Per la fase di CO viene considerata "condizione anomala" ogni situazione in cui si riscontrano parametri di misura contemporaneamente superiori sia ai limiti di legge - sia ai valori di AO.

4.3 Strumentazione

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

Di seguito è riportata un'immagine dello strumento utilizzato in tutte le campagne di misura.



Figura 1 - Analizzatore Sinus mod. Soundbook S/N 6255

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

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

Gli accelerometri sono stati ancorati alla struttura da monitorare mediante fissaggio con cera d'api in modo da garantire un miglior risultato nella trasduzione del segnale.

Il software utilizzato per le elaborazioni è Noise Vibration Works.

Di seguito (Figura 2 e Figura 3) si riportano le caratteristiche degli accelerometri monoassiali utilizzati, estratte da "*Model 393A03, ICP Accelerometer, Installation and Operating Manual*". Per il dettaglio della strumentazione utilizzata e dei relativi certificati di taratura si rimanda ai bollettini trimestrali.

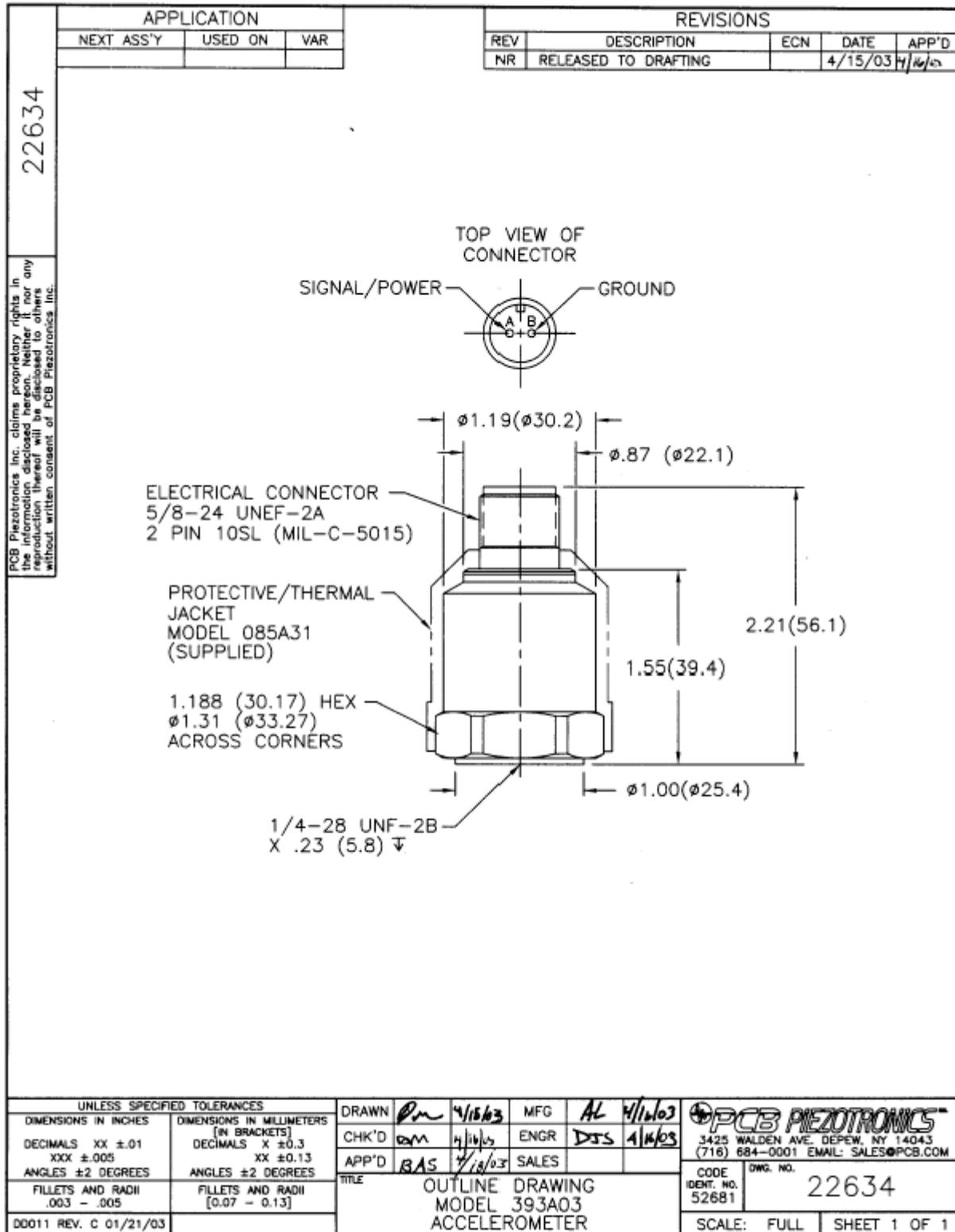


Figura 3 – Rappresentazione sezione accelerometri e pianta connettore

5 RISULTATI OTTENUTI

5.1 VIB-AB-01

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-AB-01 è stata effettuata il 24/01/13 dalle 10.38 alle 12.38.

Le terne accelerometriche sono state posizionate nel secondo e nel terzo piano f.t. lato sud dell'edificio, in corrispondenza delle camere da letto (Figura 4). Il primo piano lato sud non risulta abitato. La villetta, di costruzione recente, ha una struttura portante in calcestruzzo armato.



Figura 4 – Localizzazione terna al piano basso e terna al piano alto – VIB-AB-01

Durante l'acquisizione erano in corso attività di scotico, escavazione e movimento terra.

Si riportano di seguito le risultanze dei rilievi condotti nel punto. Per l'andamento della Time History e delle analisi in frequenza si rimanda ai bollettini trimestrali.

Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
E3*	420 s (da 11.44.57 a 11.51.56)	130m ca	2°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.21	0.16	0.18
				Lw [dB]	46.3	44.0	45.0
			3°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.41	0.38	0.21
				Lw [dB]	52.2	51.6	46.5
Misura complessiva	7200 s	---	2°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.13	0.12	0.14
				Lw [dB]	42.0	41.7	42.8
			3°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.24	0.27	0.15
				Lw [dB]	47.5	48.6	43.6
AO	7200 s	---	2°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.10	0.096	0.13
				Lw [dB]	40.1	39.6	42.3
			3°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.27	0.20	0.16
				Lw [dB]	48.7	46.1	44.3
*E3 = MOVIMENTAZIONE E SCAVO CON 2 MEZZI CINGOLATI				Valori limite (disturbo) a_{weq} [mm/s ²]	7.2	7.2	10
				Soglia di percezione [mm/s ²]	3.6	3.6	5.0
				Valori limite Lweq [dB]	77	77	80

Tabella 9 - Sintesi Risultati - VIB-AB-01

Gli eventi E1 ed E2 non risultano distinguibili reciprocamente, pertanto è stato restituito l'evento E3, corrispondente all'attività di movimentazione ed escavazione di due mezzi cingolati alla distanza minima dal recettore durante le due ore del rilievo. L'analisi dei dati permette di osservare un incremento dei livelli accelerometrici durante l'evento E3.

L'evento E3, considerabile come transiente ai sensi della norma ISO 2631-2, è inoltre caratterizzato da un valore MTVV pari a 1,26 mm/s². Per MTVV si intende il Maximum Transient Vibration Value ovvero Valore Massimo di una Vibrazione Transiente, misurato secondo la costante di tempo slow e considerabile per come il valore a_{wmax} associato ad uno specifico evento.

Per il punto oggetto di monitoraggio non si segnalano anomalie.

Relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene, non vi sono allo stato attuale superamenti dei limiti previsti (per ulteriori dettagli si rimanda ai bollettini trimestrali).

5.2 VIB-GE-01

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-GE-01 è stata effettuata il 24/07/13 dalle 10.06 alle 12.06.

La terna è stata ubicata in corrispondenza degli uffici al secondo piano fuori terra – lato ovest – del capannone industriale (Figura 5). L'ampliamento adibito ad uffici ha una struttura portante in acciaio, mentre il resto dei capannoni è costituita da elementi prefabbricati in calcestruzzo.



Figura 5 – Localizzazione terna al piano alto – VIB-GE-01

Durante l'acquisizione erano in corso attività di scavo e movimento terra in corrispondenza della trincea TR005 e di formazione del rilevato della variante SP216.

Si riportano di seguito le risultanze dei rilievi condotti nel punto. Per l'andamento della Time History e delle analisi in frequenza si rimanda ai bollettini trimestrali.

Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
Misura complessiva	7200 s	---	1°FT	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
				Lw [dB]	-	-	-
			2°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.24	0.30	1.02
				Lw [dB]	47.7	49.6	60.2
AO	7200 s	---	1°FT	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
				Lw [dB]	-	-	-
			2°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.19	0.26	0.84
				Lw [dB]	45.8	48.4	58.5
				Valori limite (disturbo) a_{weq} [mm/s ²]	7.2	7.2	10
				Soglia di percezione [mm/s ²]	3.6	3.6	5.0
				Valori limite Lweq [dB]	77	77	80

Tabella 10 - Sintesi Risultati - VIB-GE-01

Al primo piano fuori terra risultano localizzate le macchine operatrici (impiegate nella costruzione/assemblaggio di scambiatori di calore (punzonatrici, piegatrici, strumentazione per la saldatura, sistemi di movimentazione del materiale etc.), gli accelerometri non sono pertanto stati posizionati, rispettando la stessa modalità di rilevamento svolta durante la fase AO. Le lavorazioni, risultano localizzate a oltre 200 m dalla postazione di misura, dalla quale inoltre non è possibile distinguere la viabilità di cantiere transitante sulla SP216. In generale tuttavia, si registra un incremento complessivo dei livelli accelerometrici, considerando anche un minor impatto delle lavorazioni proprie dell'insediamento produttivo rispetto al 2011.

Per il punto oggetto di monitoraggio non si segnalano anomalie.

Relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene, non vi sono allo stato attuale superamenti dei limiti previsti (per ulteriori dettagli si rimanda ai bollettini trimestrali).

5.1 VIB-GO-01

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-GO-01 è stata effettuata il 24/01/13 dalle 15.02 alle 17.02 e il 21/11/13 dalle 14.55 alle 16.55.

La terna al piano inferiore (primo piano f.t.) è stata posizionata in corrispondenza del salotto dell'appartamento lato sud-est dell'edificio, mentre la terna al piano superiore è stata disposta al terzo ed ultimo piano fuori terra, al centro della cucina. Il cascinale (Figura 6), che si sviluppa a quadrato intorno ad un'aia centrale, risulta di recente ristrutturazione. La struttura portante è in muratura, con solai lignei e travi di rinforzo in acciaio.



Figura 6 – Localizzazione terna al piano basso e al piano alto – VIB-GO-01

Durante il primo rilievo di CO erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Trincea: paratia e scapitozzatura diaframmi, jet grouting e carotaggi campo prove, carico materiali di scavo da diaframmi, scotico e movimento terra.
- Scavi, riempimenti e basamenti impianti inerti e cls.

Durante il secondo rilievo di CO erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Elevazione: montaggio cassero e getto muro MU106. Formazione rilevato svincolo di Gessate.

Si riportano di seguito le risultanze dei rilievi condotti nel punto. Per l'andamento della Time History e delle analisi in frequenza si rimanda ai bollettini trimestrali.

Rilievo	Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z	
1 - CO 2013	Misura complessiva	7200 s	---	1°FT	a_{weq} [mm/s ²]	Vibrazioni disturbanti (calpestio persone) troppo elevate			
					Lw [dB]				
				3°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.23	0.20	0.14	
					Lw [dB]	47.1	45.8	42.9	
2 - CO 2013	Misura complessiva	7200 s	---	1°FT	a_{weq} [mm/s ²]	Vibrazioni disturbanti (calpestio persone) troppo elevate			
					Lw [dB]				
				3°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.33	0.23	0.41	
					Lw [dB]	50.4	47.1	52.3	
AO		7200 s	---	1°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.044	0.033	0.071	
					Lw [dB]	32.8	30.3	37	
				3°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.099	0.081	0.14	
					Lw [dB]	39.9	38.1	43.0	
						Valori limite (disturbo) a_{weq} [mm/s ²]	7.2	7.2	10
						Soglia di percezione [mm/s ²]	3.6	3.6	5.0
						Valori limite Lweq [dB]	77	77	80

Tabella 11 - Sintesi Risultati - VIB-GO-01

In entrambi i monitoraggi, il rilievo al piano basso è stato acquisito ma non restituito a causa del forte disturbo delle persone presenti nella stanza. Le attività di cantiere risultano in questa fase localizzate a distanze tali da non essere significativamente individuabili dalla postazione presidiata, né distinguibili sulla Time History.

Durante il primo rilievo di CO si osserva, rispetto alla misura di AO, un incremento di circa 7-8dB nella propagazione delle vibrazioni sul piano X-Y, mentre risultano praticamente invariati i livelli accelerometrici connessi alle vibrazioni trasversali.

Durante il secondo rilievo di CO, si osserva, rispetto alla misura di AO, un incremento rispettivamente di 10,5dB, 9dB e 9,3dB nella propagazione delle vibrazioni lungo gli assi X, Y e Z.

Per il punto oggetto di monitoraggio non si segnalano anomalie.

Relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene, non vi sono allo stato attuale superamenti dei limiti previsti (per ulteriori dettagli si rimanda ai bollettini trimestrali).

5.1 VIB-CS-01

La misura di rilevamento delle vibrazioni nel punto VIB-CS-01 è stata effettuata il 30/07/13 dalle 14.13 alle 16.13.

la terna è stata ubicata in corrispondenza del salotto al 2° piano f.t., in quanto il primo piano f.t. non risulta abitato. L'edificio (Figura 7), di recente costruzione ha una struttura portante in c.a.



Figura 7 – Localizzazione terna al piano alto – VIB-CS-01

Durante l'acquisizione erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- Galleria Artificiale Cologno: posa ferro e cassetta concio n.6A, scapitozzatura conci n.2-4, getto concio n.7A, posa lastre predalles conci n.2A-2B.

Si riportano di seguito le risultanze dei rilievi condotti nel punto. Per l'andamento della Time History e delle analisi in frequenza si rimanda ai bollettini trimestrali.

Evento	Durata	Distanza Fonte VIB-Strumento di misura	Piano	Parametro	Asse X	Asse Y	Asse Z
E1*	418 s (da 15.09.33 a 15.16.31)	110 m ca	1°FT	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
				Lw [dB]	-	-	-
			2°FT	a_{weq} [mm/s ²]	1.86	1.32	1.92
				Lw [dB]	65.4	62.4	65.7
E2*	65 s (da 16.03.08 a 16.04.03)	80 m ca	1°FT	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
				Lw [dB]	-	-	-
			2°FT	a_{weq} [mm/s ²]	1.86	1.17	2.18
				Lw [dB]	65.4	61.4	66.8
E3*	20 s (da 14.17.13 a 14.37.13)	da 50 m a 120 m ca	1°FT	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
				Lw [dB]	-	-	-
			2°FT	a_{weq} [mm/s ²]	2.53	1.68	3.00
				Lw [dB]	68.1	64.5	69.6
Misura complessiva	7200 s	---	1°FT	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
				Lw [dB]	-	-	-
			2°FT	a_{weq} [mm/s ²]	1.25	1.11	1.47
				Lw [dB]	61.9	60.9	63.4
AO	7200 s	---	1°FT	a_{weq} [mm/s ²]	-	-	-
				Lw [dB]	-	-	-
			2°FT	a_{weq} [mm/s ²]	0.66	0.47	0.89
				Lw [dB]	56.3	53.4	59.0
*E1 = SCAPITIZZATURA CONCI (2 MEZZI CINGOLATI CON UTILIZZO MARTELLONE PNEUMATICO)				Valori limite (disturbo) a_{weq} [mm/s ²]	7.2	7.2	10
*E2 = MOVIMENTAZIONE FERRI ARMATURA CON GRU CINGOLATA				Soglia di percezione [mm/s ²]	3.6	3.6	5.0
*E3 = SCAVO CON ESCAVATORE CINGOLATO E PASSAGGIO BETONIERA SU SP				Valori limite Lweq [dB]	77	77	80

Tabella 12 - Sintesi Risultati - VIB-CS-01

Come si osserva dai dati rilevati, il rilievo è stato effettuato durante una fase di attività di cantiere sostenute, che hanno determinato un significativo incremento dei livelli vibrazionali rispetto alle misure di AO. In particolare le attività più intense riguardano le lavorazioni di scapitozzatura, scavo ed, in termini generali, il movimento frequente di mezzi pesanti cingolati che, sommati al disturbo determinato dal passaggio dei mezzi gommati sulla Strada Provinciale limitrofa, hanno

determinato un innalzamento dei valori accelerometrici fino a valori prossimi al livello di percezione definito dalla UNI 9614.

La sovrapposizione di attività di cantiere e mezzi pesanti determina, in particolare, un incremento dei livelli accelerometrici di circa 10dB rispetto alla fase AO.

L'evento E3, considerabile come transiente ai sensi della norma ISO 2631-2, è inoltre caratterizzato da un valore MTVV pari a 3 mm/s^2 . Per MTVV si intende il Maximum Transient Vibration Value ovvero Valore Massimo di una Vibrazione Transiente, misurato secondo la costante di tempo slow e considerabile per come il valore $a_{w\max}$ associato ad uno specifico evento.

Per il punto oggetto di monitoraggio non si segnalano anomalie.

Relativamente al confronto con i valori limite del Regolamento di Igiene, non vi sono allo stato attuale superamenti dei limiti previsti (per ulteriori dettagli si rimanda ai bollettini trimestrali).

La proprietà del recettore in esame, che lamenta disturbo anche nelle giornate festive, non ha garantito l'accesso per le future attività di monitoraggio, si cercherà pertanto un recettore alternativo ed ugualmente significativo per i prossimi rilievi.

6 CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stata presentata una sintesi dei risultati delle attività di monitoraggio della componente Vibrazioni svolte in fase Corso d'Opera nel corso del 2013.

Nell'anno in esame sono stati attivati 4 punti dei 7 previsti dal PMA.

Durante le attività di rilievo non sono state individuate criticità rilevanti.

Prendendo in considerazione la normativa vigente, l'attività di rilievo è stata effettuata procedendo secondo i seguenti step:

- classificazione della postazione;
- acquisizione per un periodo minimo di 120 minuti;
- elaborazione dei dati;
- interpretazione dei risultati;
- confronto dei valori ottenuti con le soglie imposte dalla normativa.

In corrispondenza delle postazioni VIB-GE-01 e VIB-GO-01 non è stato possibile individuare eventi specifici riconducibili alle lavorazioni, al contrario di quanto fatto nelle postazioni VIB-AB-01 e VIB-CS-01.

In tutti i punti monitorati sono stati rilevati innalzamenti dei livelli accelerometrici dovuti alle attività lavorative, in particolare per la postazione di Casalmiocco in cui i lavori hanno raggiunto una fase di intense attività e risultano localizzate a breve distanza dalla villetta; tali innalzamenti non determinano tuttavia il superamento delle soglie di anomalia.

I valori di picco delle accelerazioni rilevate sono infatti risultati sempre inferiori ai limiti imposti dalla normativa considerata, sia per quanto riguarda la UNI 9614 che per quanto riguarda il Regolamento Locale di Igiene Tipo.