






**ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA
MAXILOTTO 2**

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
SS.318 DI "VALFABBRICA", TRATTO PIANELLO - VALFABBRICA
SS.76 "VAL D'ESINO", TRATTI FOSSATO DI VICO - CANCELLI E ALBACINA - SERRA SAN QUIRICO
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO-MUCCIA-SFERCIA.

MONITORAGGIO AMBIENTALE

<p>CONTRAENTE GENERALE:</p>  <p>DIRPA 2 s.c.a.r.l.</p>	<p>Il Responsabile del contraente generale: Ing. Federico Montanari</p>
---	--

<p>IMPRESA AFFIDATARIA:</p>  <p>ARIEN CONSULTING srl</p>	<p>Il Direttore Tecnico: Ing. Domenico D'Alessandro</p>  
--	--

<p>Il gruppo di lavoro: Arch. Emiliano Capozza - (stato fisico dei luoghi) Arch. Roberta Lamberti - (atmosfera) Geol. Francesco Morgante - (suolo) Ing. Martina Carlino - (ambiente idrico) Ing. Antonio Orlando - (rumore e vibrazioni) Arch. Caterina Scamardella - (paesaggio) Dott. Matteo Vetro - (vegetazione e fauna)</p>	<p>Il Responsabile Ambientale Ing. Claudio Lamberti</p> 
---	--

<p>Il Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione Ing. Salvatore Chirico</p>	<p>Il Direttore dei Lavori Ing. Peppino Marascio</p>
--	---

2.1.2 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
Secondo stralcio funzionale: Matelica nord - Matelica sud/Castelraimondo nord
MONITORAGGIO AMBIENTALE FASE DI ANTE OPERAM
COMPONENTE VIBRAZIONI
RELAZIONE DI REPORT

Codice Unico di Progetto (CUP) **F12C030000500021** (Delibera CIPE 13/2004)

Codice elaborato:

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.Doc.	N.prog.	Rev.
L 0 7 0 3	2 1 2	E	2 7	M A 0 7 0 1	R E L	0 1	A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto	Controllato	Approvato
A	30-apr-17	EMISSIONE	ARIEN	ARIEN	DIRPA

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO	3
3.	QUADRO DI RIFERIMENTO TECNICO E NORMATIVO	4
3.1.	Normativa Comunitaria	4
3.2.	Normativa Nazionale	4
4.	ATTIVITA' DI MONITORAGGIO	18
4.1.	Metodologia di misura.....	18
4.2.	Strumentazione di misura	18
4.3.	Punti di misura Ante Operam.....	21
5.	ATTIVITA' ESEGUITE.....	23
5.1.	Rilievi e misurazioni	24
5.2.	Schede di monitoraggio	24
5.3.	Risultati delle misurazioni	24
6.	ALLEGATI.....	26
6.1.	Scheda di rilevamento e monitoraggio	26

1. PREMESSA

Nel presente documento si relaziona in merito al monitoraggio ambientale *Ante Operam* relativo alla componente “Vibrazioni”, eseguito nella campagna di misure svolte in data marzo 2017.

In particolare le attività di monitoraggio hanno riguardato il ricettore individuato per l'infrastruttura “Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord”, inserito nell'ambito del Maxilotto 2 dell'Asse viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna.

L'intervento, di cui si esegue il monitoraggio ambientale ante operam, prevede la realizzazione di una nuova infrastruttura stradale, che si sviluppa da Nord verso Sud, attraverso un tracciato con sezione tipo C1 composto da un asse principale e tre svincoli Matelica Ovest, Matelica Sud e Castelraimondo Nord.

L'infrastruttura da realizzare prevede più precisamente la realizzazione di:

- opere d'arte maggiori, costituite da:
 - due gallerie: Galleria Croce di Calle e Galleria Mistrianiello
 - quattro ponti: Ponte Pagliano, Ponte Faranghe, Ponte Fratte e Ponte Mistriano
 - ed un viadotto: Viadotto Esino
- opere d'arte minori, costituite da:
 - Opere di sostegno;
 - Sottovia;
 - Cavalcavia;
 - Tombini.
- opere di completamento stradale.

2. OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

L'obiettivo del monitoraggio ambientale della componente Vibrazioni è quello di misurare parametri e valori che permettono di individuare la presenza di moti vibratorii all'interno di strutture ed a verificare i relativi effetti sulle strutture e sugli esseri umani che vivono nelle strutture e/o le frequentano.

Un fenomeno vibratorio, come si spiegherà meglio nelle pagine che seguono, produce effetti e quindi disturbo alla popolazione prima ed alle strutture poi (a basse intensità del fenomeno si misura un disturbo che produce effetti solo sulle persone ed all'aumentare dell'intensità il disturbo produce effetti che si estendono alle strutture e si possono manifestare danni).

Per quanto concerne gli effetti sulla popolazione, l'analisi delle vibrazioni è volta alla valutazione degli effetti del disturbo indotto dalle vibrazioni percettibili dagli esseri umani. Tale disturbo è esteso all'intero corpo e può essere ricondotto ad un generico fastidio che si manifesta all'insorgenza di ogni vibrazione percettibile ovvero dell'insorgenza di una generica sensazione percettiva che può arrecare fastidio, qualora il soggetto svolga una qualsiasi attività, anche non lavorativa.

Per quanto riguarda gli effetti sulle strutture, in presenza di livelli elevati e prolungati di vibrazioni, si possono manifestare danni strutturali ad edifici e/o strutture. Naturalmente tali livelli sono più alti di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani e, pertanto, se nel corso della valutazione dei fenomeni vibratorii si misurano livelli di vibrazione accettabili per le persone si ha certezza dell'inesistenza di fenomeni che possano arrecare danni alle strutture almeno per quanto concerne le abitazioni civili.

Le misure eseguite in questa campagna ante operam, in accordo con quanto indicato nel PMA, hanno lo scopo di:

- definire lo stato delle condizioni e delle caratteristiche dell'ambiente naturale ed antropico esistenti prima dell'inizio dei lavori e dei relativi cantieri;
- individuare e misurare gli indicatori ambientali, idonei alla valutazione del fenomeno vibratorio, alla "situazione zero" in modo da ottenere parametri cui riferire l'esito delle campagne che saranno svolte nelle successive fasi.

3. QUADRO DI RIFERIMENTO TECNICO E NORMATIVO

La normativa di settore sulle vibrazioni è ancora mancante, ma esiste una normativa tecnica di supporto per il disturbo alle persone e per gli eventuali danni alle strutture.

Più precisamente la valutazione delle vibrazioni può essere condotta utilizzando gli standard appositamente elaborati sia in sede internazionale (ISO) sia in sede nazionale (UNI):

3.1. Normativa Comunitaria

- NORMA INTERNAZIONALE ISO 2631/1 Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 1: Specifiche generali;
- NORMA INTERNAZIONALE ISO 2631/2 Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 2: Vibrazioni continue ed impulsive negli edifici (da 1 a 80 Hz);
- NORMA INTERNAZIONALE ISO 4866 Vibrazioni meccaniche ed impulsi - Vibrazioni degli edifici - Guida per la misura delle vibrazioni e valutazione dei loro effetti sugli edifici;
- DIN 4150-3 1999 Le vibrazioni nelle costruzioni Parte 3: Effetti sui manufatti.

3.2. Normativa Nazionale

- UNI ISO 5348 Vibrazioni meccaniche e urti - Montaggio meccanico degli accelerometri;
- NORMA UNI 11048 Vibrazioni meccaniche ed urti - metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo;
- NORMA UNI 9916 Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici;
- NORMA UNI 9670 Risposta degli individui alle vibrazioni - Apparecchiatura di misura;
- NORMA UNI 9614 Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo;
- NORMA UNI 9513 Vibrazioni e Urti. Vocabolario.

In particolare, gli effetti delle vibrazioni sull'uomo all'interno degli edifici sono descritti nella UNI 9614 e nella norma ISO 2631 che concorda parzialmente con la prima. Infatti, anche se i contenuti delle due normative sono sostanzialmente analoghi, la norma UNI risulta maggiormente chiara ed accessibile dal punto di vista tecnico.

Per la valutazione degli effetti delle vibrazioni sulle strutture, le normative di riferimento sono la ISO 4866 e la UNI 9916, che riportano essenzialmente gli stessi

contenuti tecnici. Inoltre, poiché quest'ultima, nell'indicazione dei valori limite, fa esplicito riferimento alla norma tedesca DIN 4150-3, anche quest'ultima è da tenere in considerazione.

Sintetizzando le norme UNI 9614, UNI 9916 e DIN 4150-3 risultano di particolare interesse per il presente lavoro in quanto oltre ad indicare le grandezze da rilevare riportano dei valori limite mediante i quali valutare i valori rilevati.

Con riferimento alle norme sopra riportate si riportano, per completezza, le principali nozioni che saranno impiegate nello studio della componente "Vibrazioni".

La misura della vibrazione viene effettuata, al fine di una sua valutazione sulla base di quattro parametri fisici in grado di determinare il comportamento umano ma anche quelle delle strutture alle vibrazioni: intensità (dell'accelerazione e/o della velocità e/o dello spostamento), frequenza, direzione e durata.

La **norma UNI 9614** definisce le metodologie di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne agli edifici stessi ed in particolare - all'interno del testo - si fa specifico riferimento alle cause di vibrazioni che, oltre a quelle naturali (fenomeni sismici, vento, ecc.), possono essere legate ad attività umane quali ad esempio il traffico di veicoli su gomma, il funzionamento di macchinari, i lavori stradali ed edili (perforatori, battipalo ecc), le detonazioni di cariche esplosive.

La UNI 9614 studia il fenomeno delle vibrazioni in funzione del parametro accelerazione e/o del relativo livello.

Tale norma che introduce altresì i criteri per la scelta della strumentazione di misura, per il confronto con le vibrazioni residue e per la compilazione del report di misura, alla voce "definizioni" (cfr. p.to 3 della UNI 9614) individua:

- **la tipologia di vibrazioni**

- vibrazioni di livello costante: quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza, rilevato mediante la costante di tempo "slow" (1 s), varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB;
- di livello non costante: quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza, rilevato mediante la costante di tempo "slow" (1 s), varia nel tempo in un intervallo di ampiezza superiore a 5 dB;
- 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.

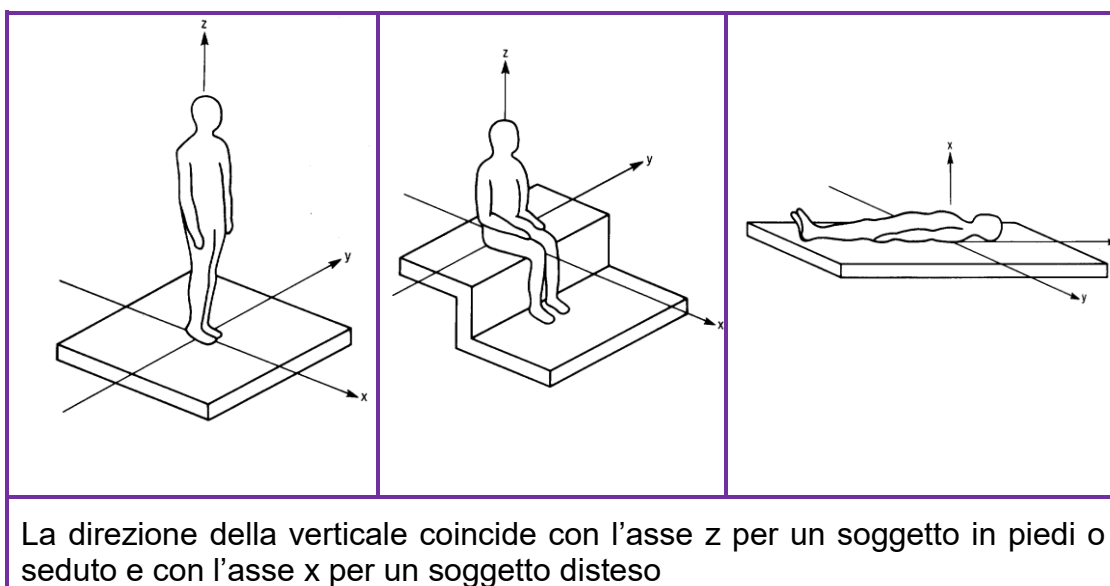
Per tali definizioni si è fatto riferimento al valore di accelerazione ponderata in frequenza il cui significato sarà spiegato più avanti.

- **l'asse di propagazione delle vibrazioni**

in riferimento alla postura assunta dal soggetto esposto:

- asse z, passante per coccige e testa
- asse y, passante per le due spalle

- asse x, passante per schiena e petto



- **il tipo di locali ed edifici in cui vengono immesse le vibrazioni:**

in funzione della destinazione d'uso, in senso urbanistico, si distinguono:

- aree critiche (sono le camere operatorie ospedaliere e i laboratori in cui si svolgono operazioni manuali particolarmente delicate. Tali aree critiche sono considerate tali solo negli intervalli di tempo in cui vengono eseguite le operazioni manuali. Nelle altre fasce orarie tali aree sono assimilate ad abitazioni);
- abitazioni;
- uffici;
- fabbriche.

- **i periodi della giornata:**

la giornata viene suddivisa in due periodi di tempo

- diurno, dalle ore 7:00 alle ore 22:00,
- notturno dalle ore 22:00 alle ore 7:00.

Per la misura delle vibrazioni la UNI 9614 individua, come già detto, nell'accelerazione del moto vibratorio, il parametro fisico che può caratterizzare le vibrazioni ai fini della valutazione del disturbo indotto sulle persone.

In particolare le vibrazioni di livello costante vanno caratterizzate misurando il valore efficace dell'accelerazione (a espresso in m/s^2) o il corrispondente livello (L espresso in dB) definito dalla relazione:

$$L = 20 \text{ Log } (a/a_0) \quad \text{ovvero} \quad L = 10 \text{ Log } (a/a_0)^2$$

dove a_0 è il valore efficace dell'accelerazione pari a $10^{-6} m/s^2$.

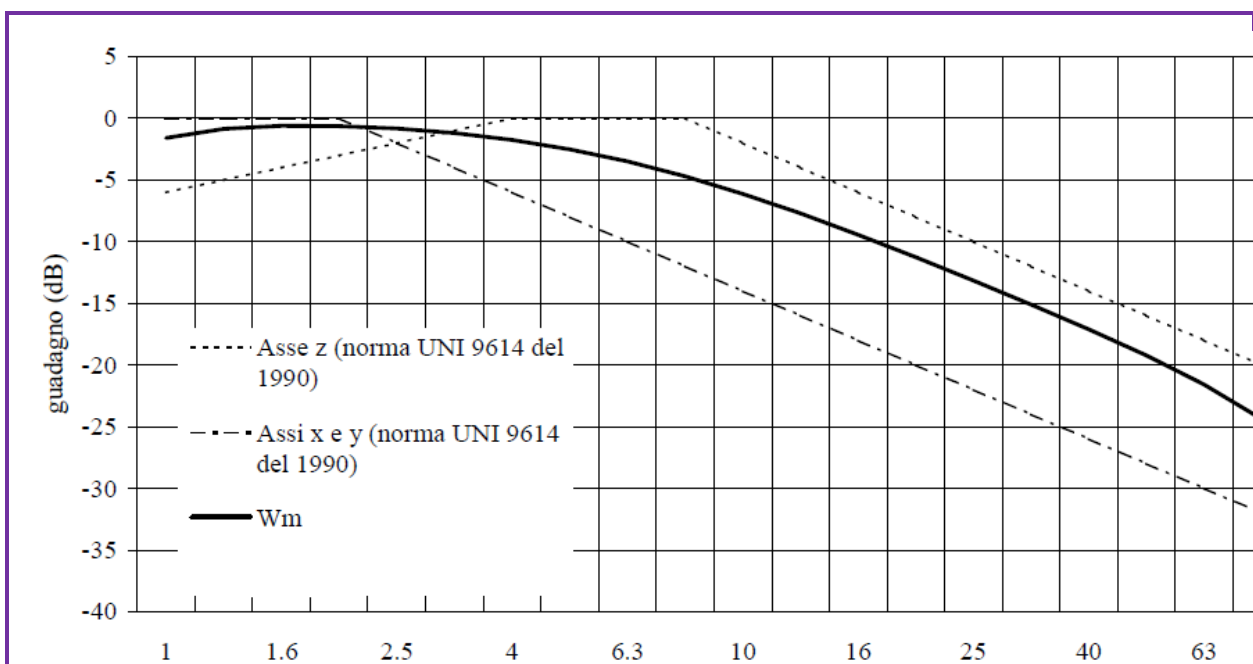
Dalla precedente relazione è possibile ricavare $a = 10^{(L - 120) / 20}$.

L'accelerazione è evidentemente una grandezza vettoriale e, pertanto, una descrizione completa del fenomeno vibratorio può avvenire solo misurando la variabilità temporale della grandezza in tre direzioni mutuamente ortogonali (ovvero i tre assi di propagazione di cui si è già detto).

Un secondo parametro da valutare, ai fini del disturbo arrecato alle persone, è il contenuto in frequenza dell'oscillazione dei punti materiali. Con riferimento al corpo 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.

Più precisamente la sensibilità è massima negli intervalli di frequenza compresi tra 4 e 8 Hz nel caso dell'asse z e tra 1 e 2 Hz nel caso degli assi x e y ed all'esterno di tali intervalli la sensibilità via via si riduce. In ogni caso per lo studio delle vibrazioni e dei suoi effetti sulle persone e sugli edifici il campo di frequenze oggetto d'interesse è quello compreso tra 1 e 80 Hz e, pertanto, anche in questa relazione lo studio sarà orientato alla valutazione del fenomeno all'interno del predetto range.

Come specificatamente indicato dalla norma gli effetti delle vibrazioni di frequenza diversa sono cumulativi per cui è necessario impiegare un metodo di misura basato sulla valutazione complessiva delle accelerazioni nell'intervallo 1-80 Hz. Più precisamente per lo studio di vibrazioni multifrequenza, ossia composte dalla sovrapposizione di armoniche di diversa frequenza, del tipo di quelle indotte da lavorazioni, occorre definire un parametro globale che tenga conto del fatto che la risposta dell'organismo umano alle vibrazioni dipende oltre che dalla intensità della loro accelerazione anche dalla loro frequenza. Tale parametro globale si ottiene impiegando dei filtri che ponderano le accelerazioni.



A tal proposito la norma UNI 9614 individua un parametro globale nell'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. Tale accelerazione ponderata è data dalla formula:

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w(t)^2 dt}$$

dove T è il tempo di durata della misura e $a_w(t)$ è l'accelerogramma misurato adottando i filtri di pesatura riportati nella stessa norma.

Per i casi in cui si utilizzano 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. Per i livelli riscontrati banda per banda va sottratta una quantità pari a quella definita dall'attenuazione dei filtri di ponderazione ed indicata nel Prospetto I della norma UNI 9614. Pertanto il livello dell'accelerazione complessiva misurata in frequenza si ottiene mediante la relazione:

$$L_w = 10 \log \left(\sum_i 10^{L_{i,w}/10} \right)$$

dove $L_{i,w}$ sono i livelli rilevati per terzi d'ottava ponderati in frequenza come sopra indicato.

La soglia di percezione delle vibrazioni (punto 5 della Norma UNI 9614 – Percezione delle vibrazioni) si pone a $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ (74 dB) per l'asse z ed a $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ (71dB) per gli assi x e y (valori di accelerazione ponderata in frequenza).

Oltre i valori soglia, indicati prima, per la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni di livello costante, i valori delle accelerazioni ponderate in frequenza possono essere confrontati con i limiti riportati nelle tabelle che seguono e desunte da i prospetti II (per l'asse z) e III (per l'asse x e y) della norma UNI 9614.

PROSPETTO II – NORMA UNI 9614		
VALORI E LIVELLI LIMITE DELLE ACCELERAZIONI COMPLESSIVE PONDERATE IN FREQUENZA VALIDI PER L'ASSE Z		
Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s ²	dB
Aree critiche	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni (notte 22.00 – 07.00)	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77
Abitazioni (giorno 07.00 – 22.00)	$10,0 \cdot 10^{-3}$	80
Uffici	$20,0 \cdot 10^{-3}$	86
Fabbriche	$40,0 \cdot 10^{-3}$	92

PROSPETTO III – NORMA UNI 9614		
VALORI E LIVELLI LIMITE DELLE ACCELERAZIONI COMPLESSIVE PONDERATE IN FREQUENZA VALIDI PER GLI ASSI X E Y		
Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s ²	dB
Aree critiche	$3,6 \cdot 10^{-3}$	71
Abitazioni (notte 22.00 – 07.00)	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni (giorno 07.00 – 22.00)	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77
Uffici	$14,4 \cdot 10^{-3}$	83
Fabbriche	$28,8 \cdot 10^{-3}$	89

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 di cui al prospetto III per tutti gli assi.

Si ricorda che la UNI 9614 definisce livelli di vibrazione costante, di cui abbiamo detto fin qui, non costante ed impulsive. In riferimento alle vibrazioni indotte dalle attività antropiche è possibile affermare che le vibrazioni variabili o costanti sono determinate da macchine quali i telai impiegati nelle aziende tessili o dal traffico su rotaia e su gomma, le impulsive sono originate da eventi di breve durata (impatti) determinati da

magli, presse, battipalo, ecc.; tali eventi sono contraddistinti da un rapido innalzamento del livello dell'accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può comportare, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.

Nel caso di vibrazioni di livello non costante il parametro fisico da misurare è l'accelerazione equivalente ponderata in frequenza a_{w-eq} espresso dalla relazione:

$$a_{w-eq} = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{0.5}$$

o il corrispondente livello

$$L_{w-eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{a_w(t)}{a_0} \right]^2 dt \right]$$

Per la valutazione del disturbo, i valori dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza o i corrispondenti livelli possono essere confrontati con i valori limite riportati nelle due tabelle precedenti.

Nel caso di vibrazioni di tipo impulsivo, se il numero di eventi giornalieri N è minore o uguale a 3, il valore dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza va confrontato con i limiti di seguito riportati:

VALORI E LIVELLI LIMITE DELLE ACCELERAZIONI COMPLESSIVE PONDERATE IN FREQUENZA VALIDI PER VIBRAZIONI IMPULSIVE				
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 22.00 – 07.00)	7 · 10 ⁻³	76	5,0 · 10 ⁻³	74
Abitazioni (giorno 07.00 – 22.00)	0.3	109	0.22	106
Uffici	0.64	116	0.46	113
Fabbriche	0.64	116	0.46	113

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	IMPULSI DI DURATA SUPERIORE AD UN SECONDO
$F = 1.7N^{-0.5}$	$F = 1.7N^{-0.5}t^{-k}$

con :

- t= durata dell'evento
- k=1.22 per pavimenti in calcestruzzo
- k=0.32 per pavimenti in legno.

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

Se i valori limite riportati nelle tabelle che precedono vengono superati allora i fenomeni vibratorii possono essere considerati oggettivamente disturbanti per un individuo presente all'interno di un edificio.

Naturalmente il giudizio sull'accettabilità del disturbo deve essere emesso considerando la frequenza e la durata delle vibrazioni disturbanti ed anche il fatto che i limiti sono stati fissati anche in considerazione della diversa sensibilità delle persone; la soglia di percezione per i soggetti più sensibili si dovrebbe collocare a 5.0 (asse z) e a 3.6 (assi x e y) mm/s², mentre la soglia per la media delle persone si dovrebbe collocare a valori leggermente più alti.

La **norma UNI 9916** (i cui contenuti risultano in sostanziale accordo con la ISO 4866 e con le nozioni della DIN 4150 che viene richiamata, sebbene non faccia parte integrante della norma) fornisce una guida per la scelta delle metodologie appropriate per la misurazione, il trattamento dei dati e la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici (risposta strutturale, integrità architettonica, ecc.). Tale norma identifica inoltre le possibili sorgenti di vibrazione ed i fattori che influenzano la risposta strutturale dell'edificio alle vibrazioni. Le vibrazioni possono essere generate dall'esterno, trasmesse attraverso il terreno o causate da sovrappressioni d'aria (per esempio traffico aereo, vento), ovvero dall'interno, dovute ad attività antropiche o ad azioni di macchinari. Nella norma si prendono in considerazione vibrazioni di carattere sia transitorio sia continuo.

La UNI 9916 studia il fenomeno delle vibrazioni in funzione del parametro velocità e/o del relativo livello.

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.

In questa norma vengono prese in considerazione gamme di frequenza variabili in modo da interessare una grande casistica di edifici e di elementi strutturali degli edifici sottoposti o a sollecitazioni naturali (vento, terremoti, ecc.) o a sollecitazioni causate dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). Si precisa che le eccitazioni con

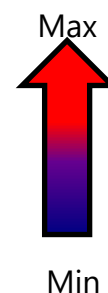
contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio.

La UNI 9916 fornisce una classificazione degli edifici 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:

- caratteristiche costruttive dell'edificio: la norma propone al punto 3.1 una classificazione semplificata in tre categorie per definire la caratteristica costruttiva di un edificio (costruzioni industriali, costruzioni residenziali e costruzioni che per la loro sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle prime due categorie)
- stato di conservazione: classificato in una scala dove ad un 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.



- caratteristiche delle fondazioni ed interazione con il terreno.

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 gravità.
- 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



Max

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. In riferimento a 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.

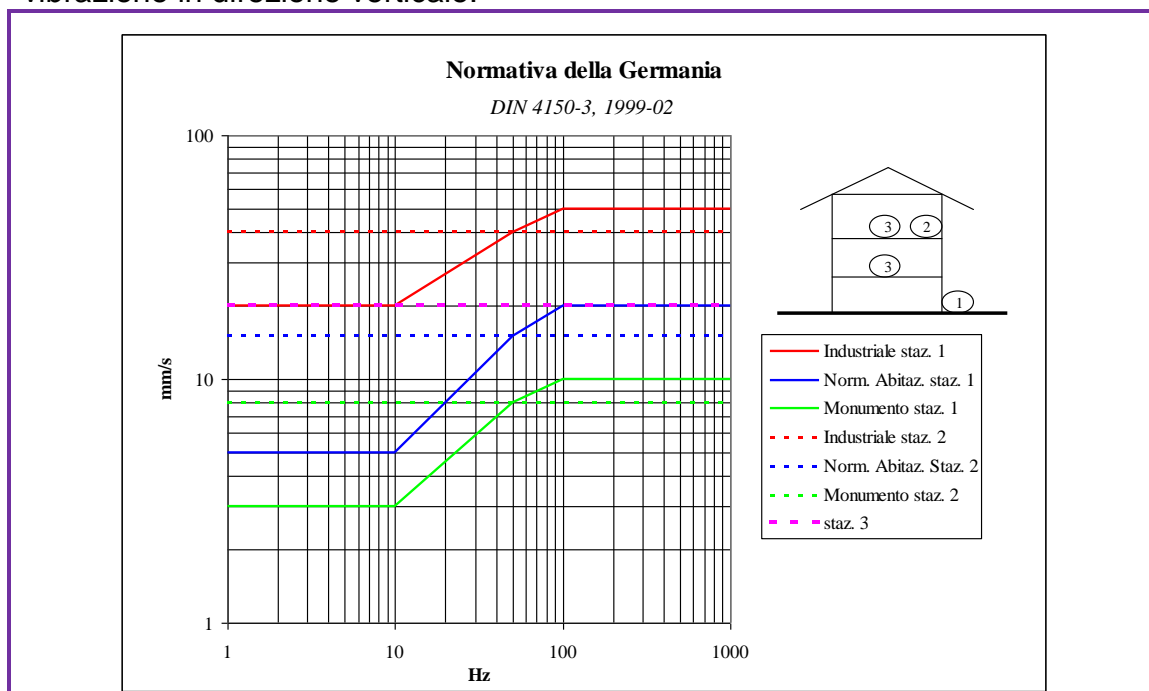
Per le vibrazioni di breve durata nella tabella che segue si riportano, per diverse tipologie di costruzioni, i valori di riferimento per v_i sulle fondazioni ed a livello del solaio superiore.

Riga	Tipi di edificio	Valori di riferimento per velocità di oscillazione in mm/s			
		Fondazioni frequenze			Ultimo solaio, orizzontale
		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

(*) Per frequenze superiori ai 100 Hz possono essere adottati come minimo i valori per 100 Hz

La figura riportata successivamente riassume quanto esposto per le vibrazioni transitorie e per essa si osserva che per :

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



Per le vibrazioni permanenti la norma DIN 4150 richiede l'esecuzione di misure all'ultimo solaio dell'edificio e in mezzera dei solai. Nella tabella che segue sono riportati i valori di riferimento per ciascuna componente orizzontale misurate all'ultimo solaio dell'edificio

Riga	Tipo di edificio	Valori di riferimento per velocità di oscillazione in mm/s
		Ultimo solaio, orizzontale, tutte le frequenze
1	Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture simili	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

Per velocità massima è da intendersi la velocità massima di picco ricavabile dalla velocità massima r.m.s. attraverso la moltiplicazione di quest'ultima con il fattore di cresta F. Tale parametro esprime il rapporto tra il valore di picco e il valore efficace. Per onde sinusoidali si assume $F = 1.41$; in altri casi si possono assumere valori maggiori. Nei casi più critici (ed es. esplosioni di mina) F può raggiungere il valore 6.

Per concludere, si riporta anche quanto indicato dalla **norma ISO 4866**, in merito alla classificazione degli effetti di danno a carico delle strutture distinto in tre livelli:

- danno di soglia: formazione di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o accrescimento di fessure già esistenti sulle superfici in gesso o sulle superfici di muri a secco; inoltre formazioni di fessure filiformi nei giunti di malta delle costruzioni in muratura di mattoni;
- danno minore: formazione di fessure più aperte, distacco e caduta di gesso o di pezzi di intonaco dai muri; formazione di fessure in murature di mattoni;
- danno maggiore: danneggiamento di elementi strutturali; fessure nei pilastri; aperture di giunti; serie di fessure nei blocchi di muratura.



Alla luce dell'analisi delle principali norme applicabili in sede di valutazione dei fenomeni vibratorii emerge che le norme UNI 9614 (utile per studiare gli effetti delle vibrazioni sull'uomo all'interno degli edifici) e UNI 9916 e DIN 4150-3 (utili per la valutazione gli effetti delle vibrazioni sulle strutture) risultano di particolare interesse

per il presente lavoro in quanto oltre ad indicare le grandezze da rilevare riportano dei valori limite mediante i quali valutare i valori rilevati.

Tuttavia dall'analisi eseguita risulta evidente che le norme suddette non utilizzano in modo uniforme le definizioni delle grandezze fisiche e le scale numeriche utilizzate per la loro valutazione. Infatti le norme relative al disturbo umano utilizzano come parametro di riferimento l'accelerazione (espressa in m/s^2) e la scala dei dB per esprimere il valore del livello di accelerazione ponderata, viceversa la norma relativa ai danni strutturali fa riferimento a valori di velocità di vibrazione (espressa dunque in m/s), lasciati in scala lineare e quindi senza far impiego della conversione logaritmica insita nell'utilizzo della scala dei dB.

Un altro punto di difformità fra i due casi è costituito dall'utilizzo di un valore medio efficace con costante di tempo "slow" per valutare il livello di vibrazioni riferibile al disturbo alle persone, mentre si fa impiego del valore di picco puntuale della velocità di vibrazione (inteso come modulo del vettore o, in alcuni casi, come valore massimo delle tre componenti cartesiane dello stesso), per valutare gli effetti sulle strutture.

Con riferimento a queste distinzioni si può sintetizzare che:

1. per il disturbo alle persone si tratta di una valutazione "energetica";
2. per la valutazione dei danni strutturali si tratta di una valutazione "cinematica".

Volendo dunque ricondursi ad una unica scala di valutazione in dB, facendo gli opportuni calcoli si ottiene una relazione fra livelli di accelerazione ponderata (relativo ad un valore della accelerazione di riferimento pari a $1 \cdot 10^{-6} m/s^2$) e livelli di velocità, ovvero:

$$L_{aw} = L_v - 39dB$$

L'espressione precedente dimostra che i livelli di accelerazione sono inferiori di circa 39dB rispetto ai livelli di velocità. Se poi si prendono in considerazione i valori di cui all'allegato D della norma UNI 9916, e si valutano le velocità di picco ammissibile ed i relativi valori dei livelli di accelerazione ottenuti dai livelli di velocità utilizzando la precedente formula si ha:

VIBRAZIONI DI BREVE DURATA		
Edificio	Vpk (mm/s)	L_{aw} (dB)
Edifici industriali	20	107.0
	40	113.0
Edifici residenziali	5	95.0
	15	104.5
Edifici storici	3	90.5
	8	99.1

VIBRAZIONI PERMANENTI		
Edificio	Vpk (mm/s)	L _{aw} (dB)
Edifici industriali	10	101.0
Edifici residenziali	5	95.0
Edifici storici	2,5	89.0

Nelle tabelle che precedono di ciascuno valore (di cui alla appendice D della UNI 9916) viene anche indicato il corrispondente valore di accelerazione ponderata in dB, onde poter confrontare questi numeri con quelli della tabella riferita al disturbo alle persone (di cui al Prospetto II e Prospetto III della UNI 9416).

Se si mettono a confronto i valori riportati nelle norme che riportano i danni sull'uomo (UNI 9614) con i valori nelle norme che riguardano i danni strutturali (UNI 9916) si osserva che le prime riportano dei valori limite più restrittivi. Questo in pratica significa che soddisfatto l'obbiettivo di garantire livelli di vibrazione accettabili per le persone, risulta automaticamente realizzata l'esigenza di evitare danni strutturali agli edifici, almeno per quanto concerne le abitazioni civili. Quanto detto non vale nel caso si misurino gli effetti dei fenomeni vibratorii che incidono su monumenti e beni artistici di notevole importanza storico-monumentale per i quali devono essere svolti studi mirati.

Pertanto la valutazione e la misura dei livelli di vibrazione che recano disturbo alle persone basterà a tenere sotto controllo anche gli eventuali effetti sulle strutture. Inoltre, come già esposto in precedenza:

- solo in presenza di livelli elevati e prolungati di vibrazioni, si hanno effetti che possono arrecare danni strutturali ad edifici e/o strutture.
- tali livelli risultano essere più alti di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani, i cui livelli limite sono riportati nella norma UNI 9614.

4. ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

4.1. Metodologia di misura

Le metodologie di rilevamento e campionamento sono state desunte dalla normativa vigente riportata sinteticamente al precedente capitolo. Pertanto per quanto non esplicitamente riportato nelle pagine che seguono si rimanda alla normativa applicabile.

Per l'esecuzione delle attività di monitoraggio sono state eseguite due misure di 30 minuti una nel periodo di riferimento diurno e l'altra nel periodo di riferimento notturno.

Tutte le misure suddette sono sincrone con rilevazione contemporanea degli indicatori presso gli assi x, y e z. Ciò è possibile tramite l'utilizzo di tre sensori monoassiali o di un sensore triassiale.

Durante il monitoraggio si è eseguita la valutazione dell'accelerazione equivalente o del livello equivalente di accelerazione, in un intervallo di tempo rappresentativo. Naturalmente per integrazione dei valori di output dell'accelerometro si ottengono i valori di velocità e di spostamento.

Ad ogni grandezza (accelerazione, velocità e spostamento) è associata la valutazione di differenti effetti generati dal fenomeno vibratorio. In particolare:

- l'accelerazione è utilizzata per la valutazione del disturbo alle attività umane e si può facilmente ricavare tramite misura con accelerometri;
- la misura della velocità può dare indicazioni riguardo i danni alle strutture;
- lo spostamento (non facilmente misurabile) può interpretarsi come la capacità del fenomeno vibratorio di generare danni nelle strutture.

Il fissaggio degli strumenti è stato eseguito secondo quanto indicato dalla norma UNI ISO 5348 che descrive le corrette modalità di fissaggio.

Si ricorda che il monitoraggio della componente "Vibrazioni" non va eseguito quando la temperatura scende al di sotto dello zero. Infatti la propagazione delle vibrazioni è legata alla fluttuazione del livello di falda, che caratterizza la tipologia del fenomeno in frequenza e in intensità. Anche il cambiamento della rigidità strutturale degli strati superficiali (per esempio per fenomeni di gelo invernale) può influenzare notevolmente la propagazione delle vibrazioni. Anche lo strumentazione di misura potrebbe reagire con una diversa sensibilità per temperature prossime alla temperatura di gelo.

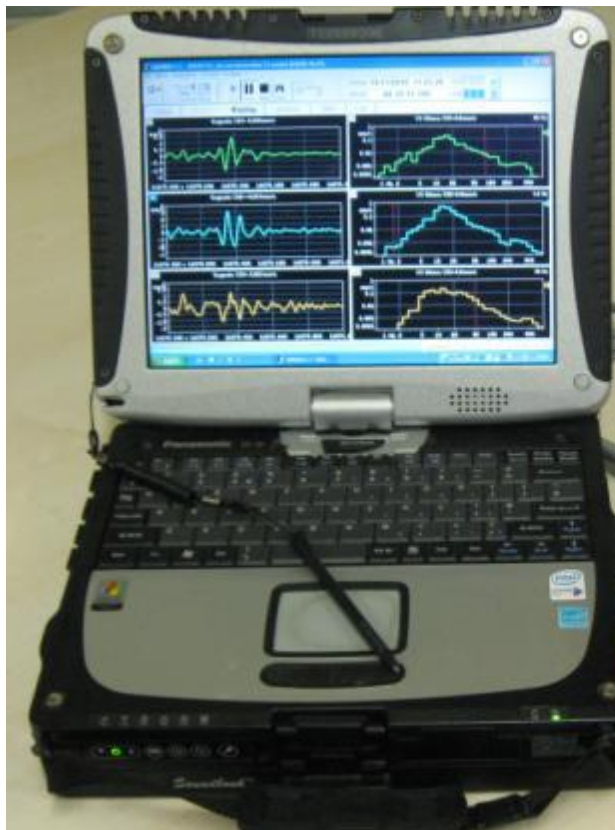
Un altro elemento che influenza fortemente il fenomeno vibratorio è la variazione del traffico, e quindi sono da escludersi i periodi anomali quali i periodi feriali e festivi.

4.2. Strumentazione di misura

La strumentazione, riportata dettagliatamente nella tabella successiva, è composta da un Soundbook MK2, tre accelerometri monoassiali (disposti in modo triassiale

mediante idoneo supporto), un velocimetro triassiale, un calibratore completati da tutti i cavi di collegamento.

ANALIZZATORE 8 CANALI



Soundbook MK2.-

- Gamma dinamica: 110 dB
- Campo di frequenza: da 0,004 a 40.000 Hz
- Limite inferiore del campo di misura: 0,02 mms^{-2} (Wm)

N° 3 ACCELEROMETRI MONOASSIALI “ICP ACCELROMETER”



393A03.- Accelerometro ICP® da 1.000 mV/g,

- risposta in frequenza 0,5-2.000 Hz.

ad alta immunità ai transienti termici, per misure su grandi strutture e edifici, in ambienti confinati ed all'aperto

VELOCIMETRO TRIASSIALE “SINUS 3D SEISMOMETER”



Il velocimetro triassiale è il sensore ideale per la misura delle vibrazioni che si propagano attraverso il suolo, specialmente per le vibrazioni indotte nelle abitazioni secondo le indicazioni delle norme UNI 9916, DIN 4150-3 e DIN 4150-2.

- Alimentato via ICP
- Risposta in frequenza da 1 a 80 Hz, a richiesta fino a 315 Hz

CALIBRATORE ACCELEROMETRICO “M394C06”



calibratore accelerometrico portatile, 10 m/s² at 159.2 Hz.

- uscita in accelerazione: (±3%) 10 m/s² rms,
- uscita in velocità: 10 mm/s rms,
- uscita in spostamento: 10 μm.

Carico massimo:

- per 10ms-2 rms: 210gm;
- per 10ms-2 di picco: 295gm.

La strumentazione impiegata nelle attività di rilievo, così come indicato dalla norma UNI 9614, risponde alle norme IEC 184, IEC 222 e IEC 225.

Gli accelerometri impiegati ottemperano alle norme ISO 2631, UNI 9614 e UNI 9916, con range di frequenza 1 – 300 Hz, range di misura pari a 50 m/s², risoluzione ≤ 0,1 mm/s², linearità ≤ ±1% e sensibilità trasversale ≤ ± 5%.

Tutta la catena di misura è accompagnata da certificato di taratura in corso di validità rilasciato da laboratori accreditati.

In base alla durata prevista per la misura, è stato adeguatamente dimensionato il sistema di alimentazione dello strumento. Analogamente, in base ai parametri da

acquisire, alla frequenza di memorizzazione e alla durata del rilievo, è stato opportunamente calcolato il tempo necessario a riempire la memoria dello strumento.

Prima di procedere con il rilievo si è provveduto a calibrare lo strumento, e nel corso del rilievo si è avuta cura di verificare che non si verificassero:

- movimentazione di elettrodomestici o altri oggetti;
- camminamento di persone all'interno.

4.3. Punti di misura Ante Operam

Relativamente alla fase ante operam, in accordo con quanto indicato nel PMA, sono state eseguite le misure di seguito indicate:

ATTIVITÀ	N° PUNTI	FREQUENZA	PERIODO DELLE MISURE
Rilievo delle vibrazioni al bianco	1	1 volta	-

Tale tipologia di misura è stata eseguita in corrispondenza dei punti indicati nella tabella che segue:

FASE ANTE OPERAM						
Codice punto	Coordinate	Opera	Prog.	N° di misure nel periodo	Periodo	Tipologia di Misura
VIB-01	43°14'19.75"N 13° 0'7.74"E	Galleria Mistrianello	5+100	1	-	Rilievo delle vibrazioni al bianco



Il ricevitore VIB 01 alla data di esecuzione delle misure risultava non abitato e non agibile in base ad informazioni assunte sui luoghi. La misura è stata eseguita

posizionando un solo sismografo triassiale al solo piano terra in corrispondenza dell'ingresso.

5. ATTIVITA' ESEGUITE

Le attività svolte nell'ambito della fase ante operam riguardano:

- sopralluoghi preliminari in campo: presso ogni punto oggetto del monitoraggio ante operam, prima dell'effettuazione delle relative misure in campo è stato effettuato un sopralluogo preliminare al fine di verificare la fattibilità delle misure, acquisire i permessi necessari all'esecuzione dei rilievi, rilocalizzare, se necessario, il punto di monitoraggio;
- acquisizione dati ed informazioni utili come:
 - Parametri identificativi del ricettore e relative coordinate;
 - Descrizione e fotografia del posizionamento della strumentazione;
 - Caratteristiche della sorgente vibrazionale;
 - Caratteristiche costruttive degli edifici e delle fondazioni;
 - Eventuale condizioni di traffico su strade e/o linee ferroviarie presenti nei pressi del ricettore;
- monitoraggio mediante misure in campo: l'attività di rilevamento dati in campagna per la fase ante operam è stata eseguita rilevando per ogni punto di monitoraggio tutti i parametri relativi alla componente vibrazioni. La scelta di tali parametri è di fondamentale importanza nelle attività di monitoraggio in quanto gli stessi potranno far seguire l'evoluzione del fenomeno fisico in tutte le fasi in cui si eseguono i rilievi. I parametri da considerare devono descrivere al meglio il fenomeno e devono risultare facilmente misurabili.

La propagazione delle vibrazioni attraverso un mezzo elastico può essere caratterizzata attraverso tre grandezze di base:

 - vettore spostamento;
 - vettore velocità;
 - vettore accelerazione.

Tali grandezze possono essere espresse rispettivamente in m, m/s e m/s^2 , oppure in dB qualora si faccia riferimento ai relativi livelli. In quest'ultimo caso vengono considerate opportune grandezze di riferimento per lo spostamento, la velocità e l'accelerazione.
- elaborazione ed analisi dei dati: l'elaborazione dei dati, la stesura della relazione e dei relativi allegati è stata effettuata al termine della fase di rilevamento. Tutti i dati predetti vengono riportati nel presente rapporto conclusivo.

5.1. Rilievi e misurazioni

Le metodologie di rilevamento e campionamento adottate, seguono quanto prescritto dal PMA e sono state svolte in rispetto delle indicazioni del Responsabile Ambientale ed in accordo con la normativa vigente.

Per l'esecuzione delle attività di monitoraggio è stato scelto il giorno 03.04.2017.

Per il punto di misura precedentemente indicato sono state eseguite due misure di 30 minuti, una effettuata nel periodo di riferimento diurno (a partire dalle ore 17.08) e l'altra nel periodo di riferimento notturno (a partire dalle ore 22.00).

Le misure suddette sono state fatte con l'utilizzo di un sensore triassiale ubicato al piano terra.

5.2. Schede di monitoraggio

Le schede compilate durante il monitoraggio ante operam riportano le indicazioni relative a:

- codice punto
- coordinate UTM;
- fase del monitoraggio;
- stralcio planimetrico;
- regione;
- provincia;
- comune;
- caratterizzazione sintetica del sito ed un inquadramento delle sorgenti di vibrazione presenti;
- documentazione fotografica del ricettore;
- documentazione fotografica dei rilievi diurni e notturni;
- data e ora di inizio misura e durata complessiva della misura;
- localizzazione spaziale delle postazioni di misura;
- descrizione della strumentazione utilizzata.
- identificazione del tecnico rilevatore;
- elaborazioni grafiche (time history, frequenze ecc.).

5.3. Risultati delle misurazioni

Dalle misure eseguite si nota che per il punto di monitoraggio VIB-01 i valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza rilevati nella fase ante operam

sono tutti al di sotto dei valori di soglia a cui fare riferimento sia per il periodo diurno che per il periodo notturno.

Per una visione completa del fenomeno si rimanda alla scheda di monitoraggio ricordando che i canali del sistema di acquisizione sono stati così assegnati:

- Ch1: asse X (direzione del traffico)
- Ch2: asse Y (normale alla direzione del traffico)
- Ch3: asse Z

Tenuto conto dei valori limite applicabili per il periodo diurno e per il periodo notturno è possibile effettuare un confronto con quelli rilevati nel corso della misura. In particolare:

PERIODO DIURNO - PIANO TERRA							
a_w mms ⁻²			Limite a_w mms ⁻²	L_{aw} dB			Limite L_{aw} dB
x	y	z	x,y,z	x	y	z	x,y,z
0,025	0,018	0,012	7,0	27,95	24,10	21,58	77

PERIODO DIURNO - PIANO TERRA							
a_w mms ⁻²			Limite a_w mms ⁻²	L_{aw} dB			Limite L_{aw} dB
x	y	z	x,y,z	x	y	z	x,y,z
0,007	0,005	0,004	5,0	16,90	13,97	12,94	74

L'esame dei valori riportati nelle tabelle che precedono nonché l'analisi dei grafici relativi alla storia ponderata dell'accelerazione W_m allegati dimostrano per le misure effettuate la presenza di vibrazioni risultano al di sotto della soglia globale di percezione.

Questo in pratica significa che per la fase ante operam, sono garantiti livelli di vibrazione accettabili per le persone in quanto in nessuna delle postazioni previste dal programma di indagine si sono superati i limiti previsti dalla normativa.

6. ALLEGATI

6.1. Scheda di rilevamento e monitoraggio

CODICE PUNTO DI MISURA: VIB 01

COORDINATE: 43°14'19.75"N 13° 0'7.74"E

TIPO DI MISURA: Misure da 30 minuti (1 misura day ed 1 misura night)

FASE DI MONITORAGGIO: AO

DATA: 03-04-2017

STRALCIO PLANIMETRICO/ORTOFOTO



LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

Regione:	Marche	Provincia:	Ancona	Comune:	Matelica
Progressiva:	5+100	Dist. Tracciato:	50 m		

DESCRIZIONE DEL SITO/RICETTORE E CLASSIFICAZIONE

Tipo edificio:	Residenziale isolato (Via Sainale 212)
Stato di conservazione:	Non Buono (riferiscono sia inagibile infatti è disabitato)
Tipologia fondazione:	Misto
Numero piani fuori terra:	2
Distanza tracciato:	50 m

CARATTERIZZAZIONE SINTETICA DEL SITO

ELEMENTI INSEDIATIVI	ANTROPICO	ELEMENTI DI VALORE NATURALISTICO AMBIENTALE	ELEMENTI DI PROGETTO
<input type="checkbox"/> Attività agricola		<input type="checkbox"/> Area di pregio paesistico – ambientale	<input type="checkbox"/> Cantiere
<input type="checkbox"/> Attività produttiva		<input type="checkbox"/> Parco regionale	<input type="checkbox"/> Area tecnica
<input type="checkbox"/> Residenziale		<input type="checkbox"/> Riserva naturale / SIC / ZPS	<input type="checkbox"/> Galleria naturale
<input checked="" type="checkbox"/> Cascina, fabbricato rurale		<input type="checkbox"/> PLIS	<input type="checkbox"/> Galleria artificiale
<input type="checkbox"/> Aree degradate		<input type="checkbox"/> Bosco	<input type="checkbox"/> Trincea
<input type="checkbox"/> Scuola		<input type="checkbox"/> Corso d'acqua	<input type="checkbox"/> Rilevato
<input type="checkbox"/> Ospedale		<input type="checkbox"/> Falda	<input type="checkbox"/> Viadotto
<input type="checkbox"/> Nucleo / edificio di interesse storico		<input type="checkbox"/> Vincolo idrogeologico / rispetto pozzi idrici	<input type="checkbox"/> Svincolo
<input type="checkbox"/> Cimitero		<input type="checkbox"/> Altro:	<input type="checkbox"/> Area di servizio
<input type="checkbox"/> Altro:			<input type="checkbox"/> Altro:

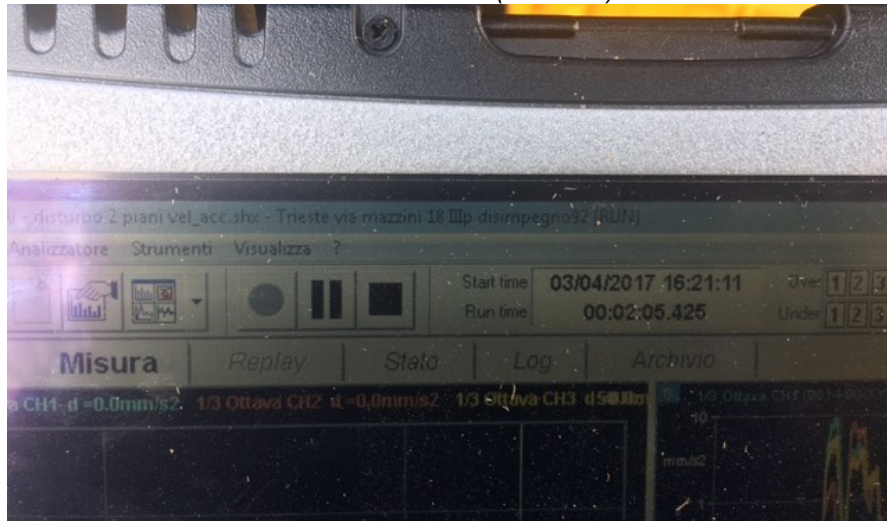
INQUADRAMENTO DELLE SORGENTI DI VIBRAZIONE PRESENTI [descrizione e distanza]

<input type="checkbox"/> Attività di cantiere:	
<input type="checkbox"/> Impianti industriali:	
<input checked="" type="checkbox"/> Traffico veicolare:	strada comunale confinante con la proprietà (Via Sainale)
<input type="checkbox"/> Traffico ferroviario:	
<input type="checkbox"/> Altre sorgenti:	

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



MISURAZIONE (DIURNA)



NOTE:

La misura è stata eseguita solo al piano terra posizionando il sismografo sul basamento della porta d'ingresso.
Si ricorda che al momento del rilievo l'unità abitativa risultava disabitata e, da notizie raccolte sui luoghi, inagibile.

MISURAZIONE (NOTTURNA)

NOTE:

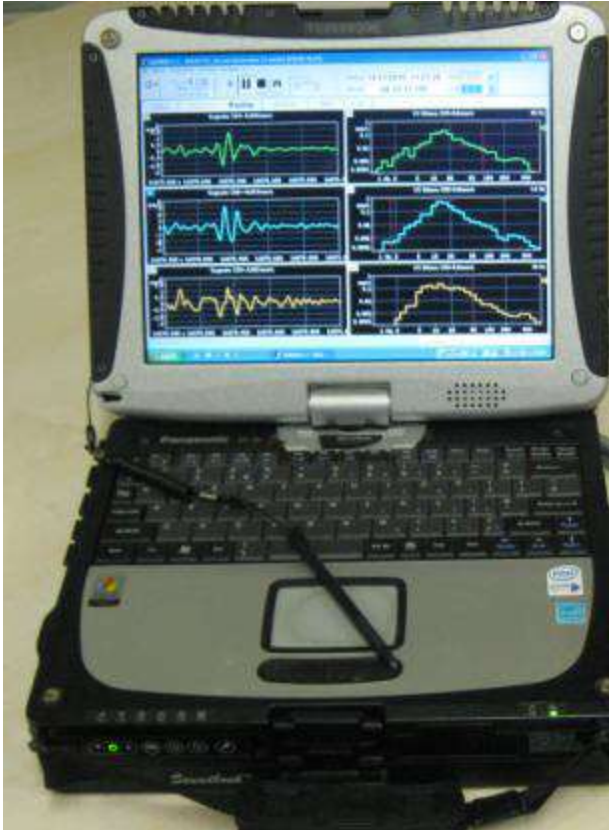
Anche la misura notturna è stata eseguita solo al piano terra posizionando il sismografo sul basamento della porta d'ingresso.

DATA E ORA INIZIO MISURA	FASE	DURATA MISURA
03.04.2017 ore 17.08	DIURNA	30 minuti
03.04.2017 ore 22.03	NOTTURNA	30 minuti

LOCALIZZAZIONE SPAZIALE POSTAZIONE DI MISURA		
Piano: TERRA	Lato dell'edificio: SSE	Ambiente: INGRESSO

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA (analizzatori, accelerometri, calibratori, ecc.)

ANALIZZATORE 8 CANALI



Soundbook MK2.-

- Gamma dinamica: 110 dB
- Campo di frequenza: da 0,004 a 40.000 Hz
- Limite inferiore del campo di misura: 0,02 mms⁻² (Wm)

VELOCIMETRO TRIASSIALE “SINUS 3D SEISMOMETER”



Il velocimetro triassiale è il sensore ideale per la misura delle vibrazioni che si propagano attraverso il suolo, specialmente per le vibrazioni indotte nelle abitazioni secondo le indicazioni delle norme UNI 9916, DIN 4150-3 e DIN 4150-2.

- Alimentato via ICP
- Risposta in frequenza da 1 a 80 Hz, a richiesta fino a 315 Hz

CALIBRATORE ACCELEROMETRICO “M394C06”



calibratore accelerometrico
portatile, 10 m/s² at 159.2 Hz.

- uscita in accelerazione: (±3%)
10 m/s² rms,
- uscita in velocità: 10 mm/s
rms,
- uscita in spostamento: 10 μm.

Carico massimo:

- per 10ms-2 rms: 210gm;
- per 10ms-2 di picco: 295gm.

OPERATORI

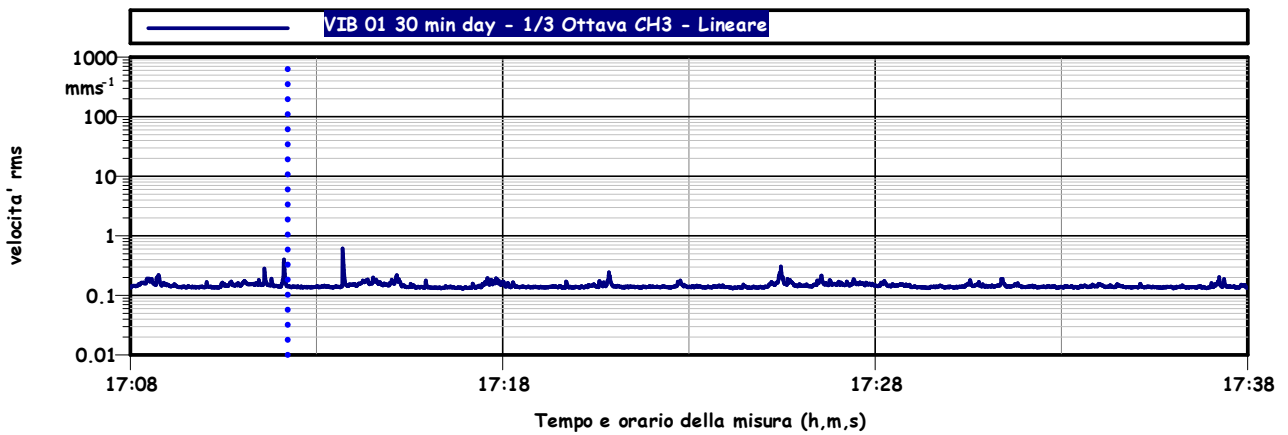
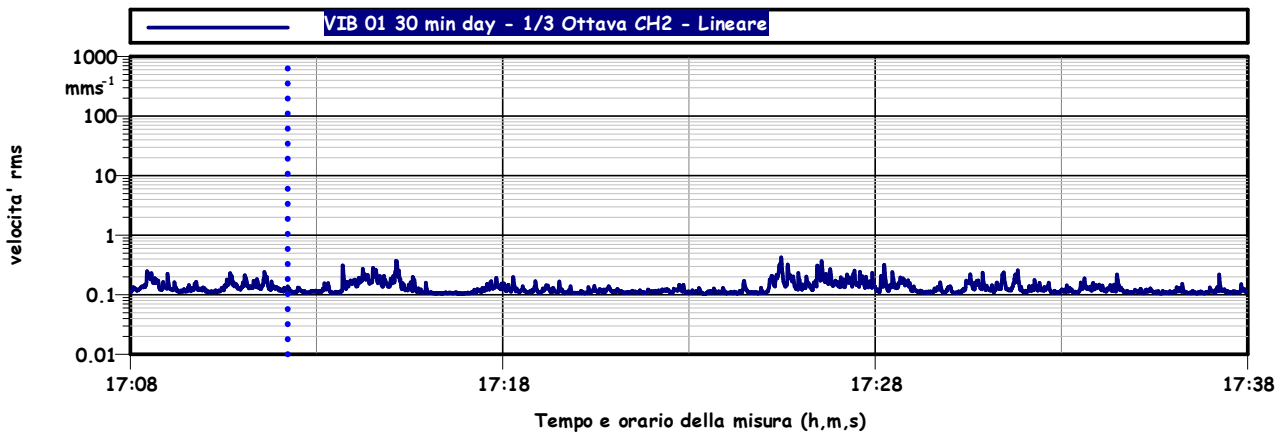
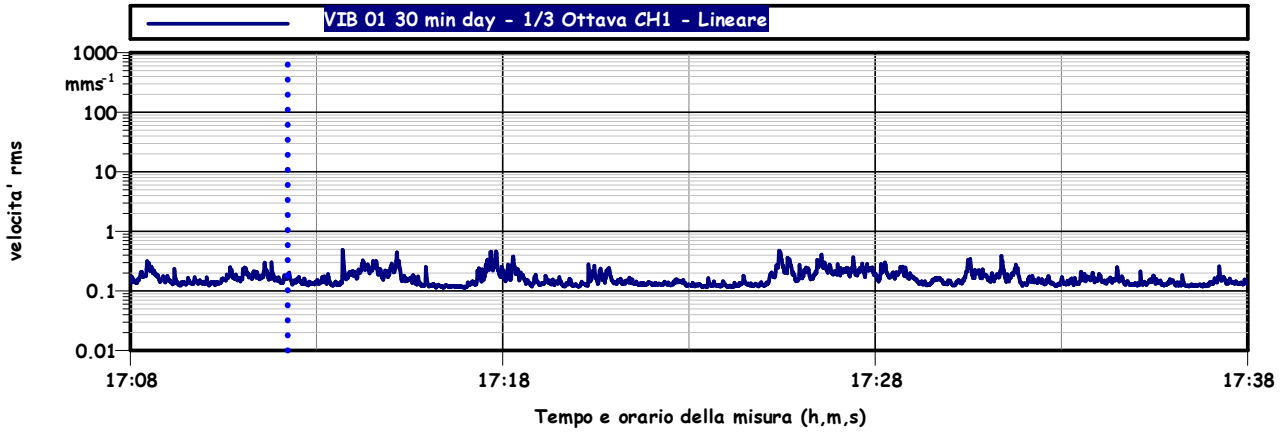
Ing. Antonio ORLANDO, Vittorio MUSELLA.

Nelle pagine che seguono si riportano le elaborazioni grafiche delle misure.

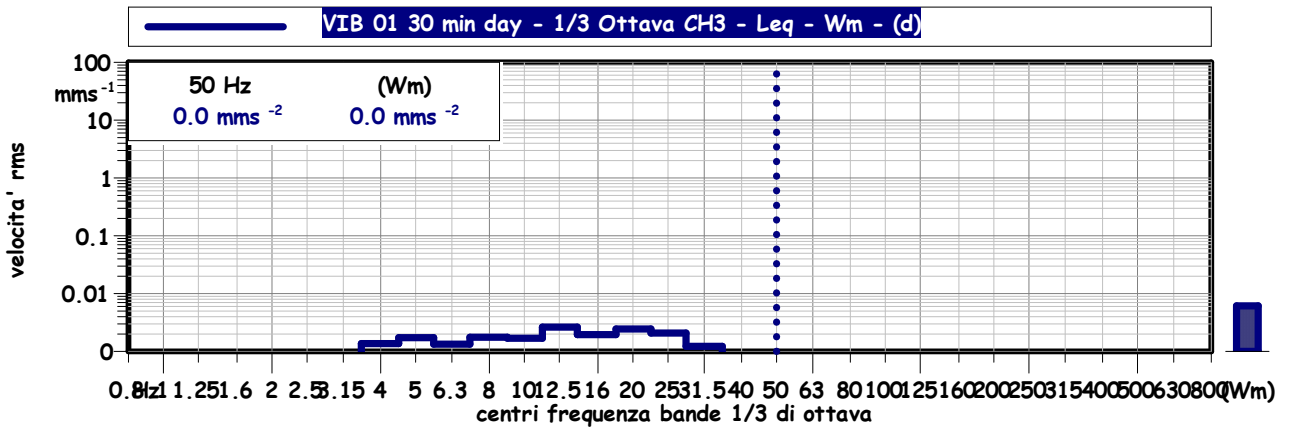
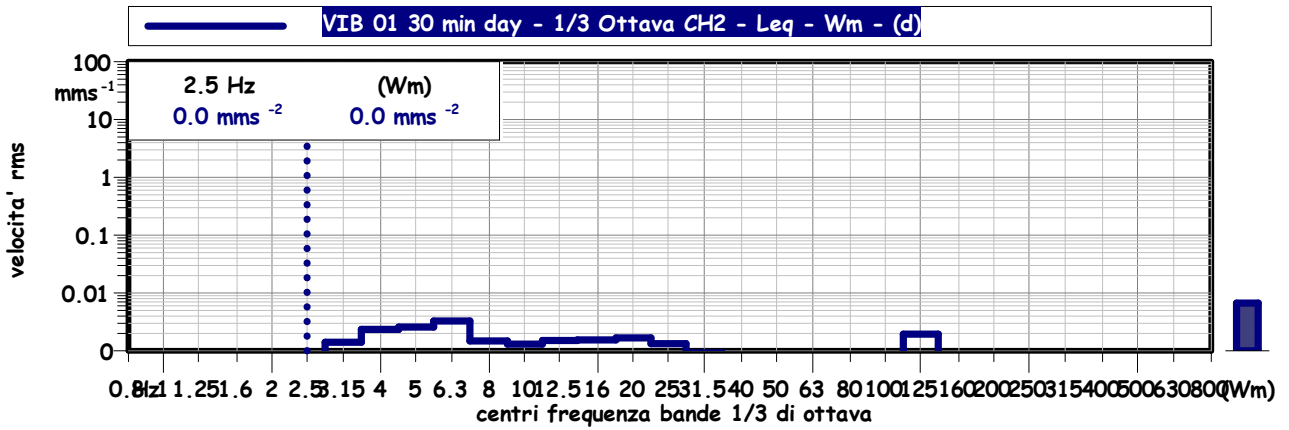
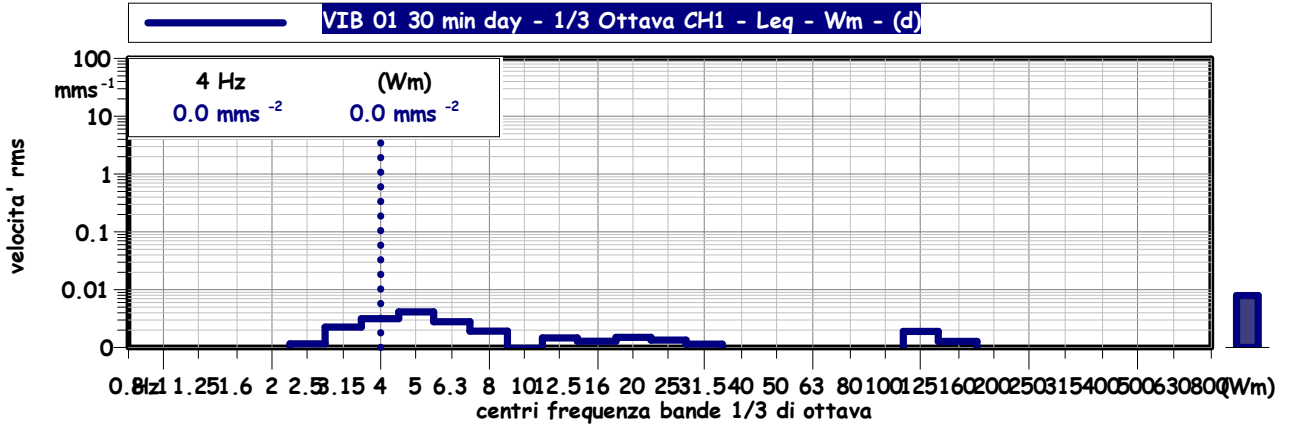
Per rendere più agevole la lettura si ricorda che ai tre canali Ch1, Ch2 e Ch3 corrispondono:

- Ch1: asse X (direzione del traffico)
- Ch2: asse Y (normale alla direzione del traffico)
- Ch3: asse Z

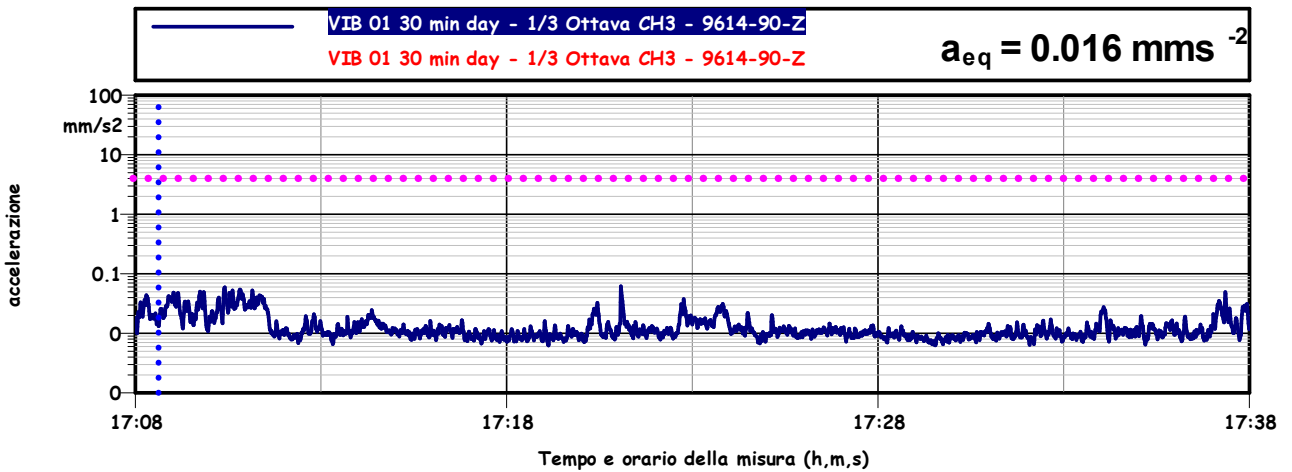
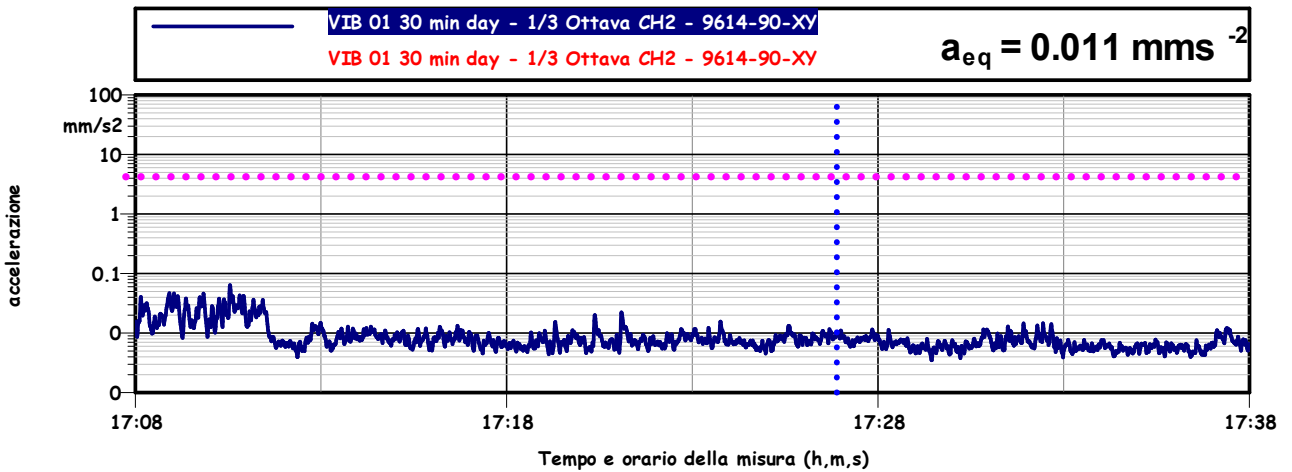
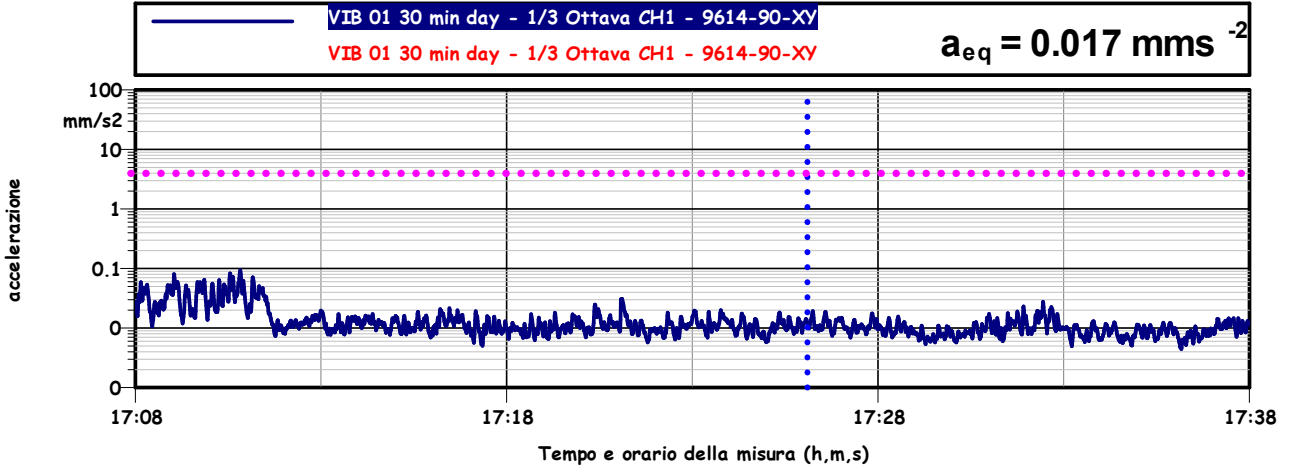
GRAFICI GLOBALI: TIME HISTORY VELOCITA' (x,y,z)
Periodo diurno – p.t.



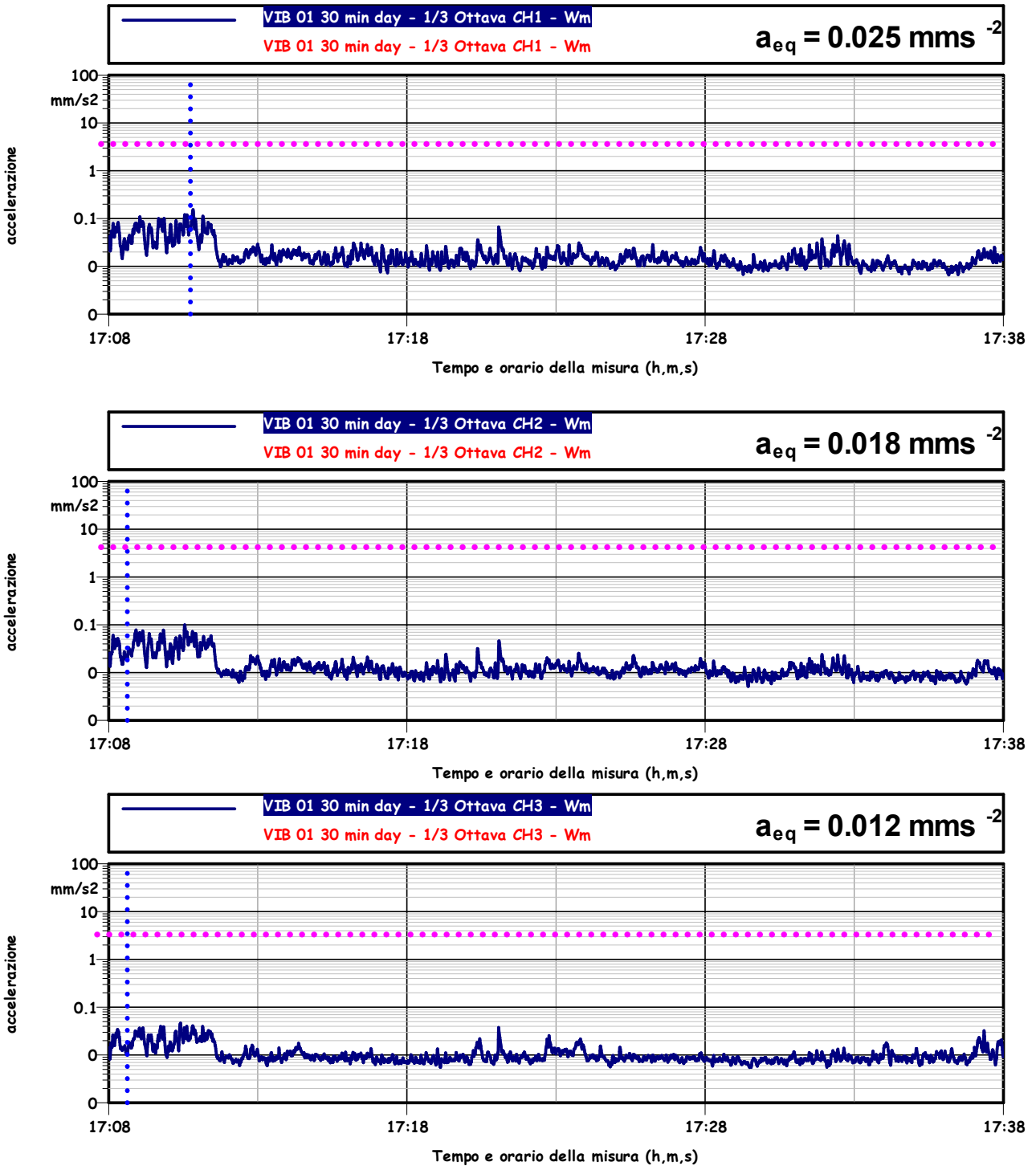
GRAFICI GLOBALI: TIME HISTORY FREQUENZE (x,y,z)
Periodo diurno - p.t.



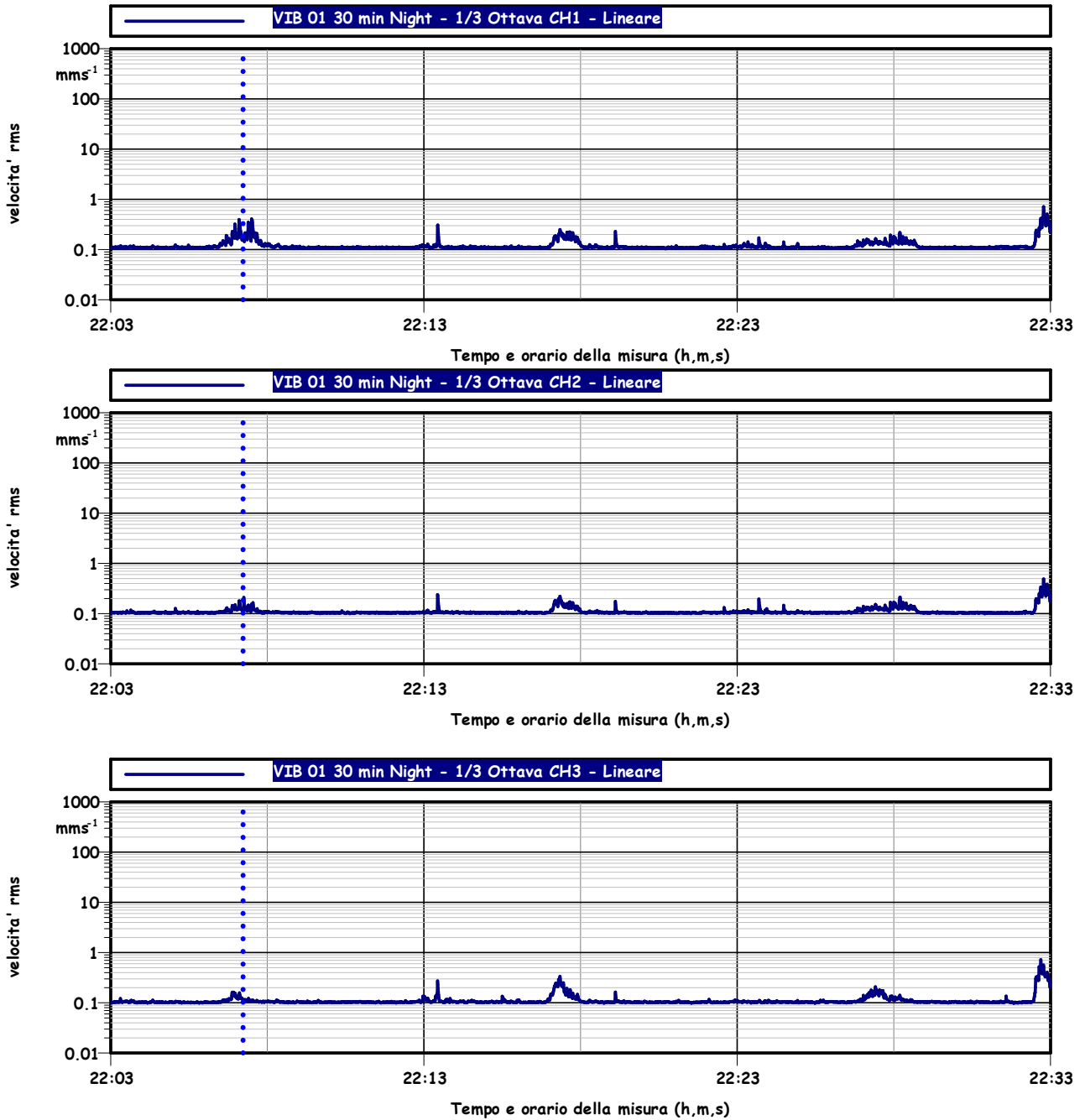
GRAFICI GLOBALI: TIME HISTORY ACCELERAZIONE NON PONDERATA (x,y,z)
Periodo diurno – p.f.



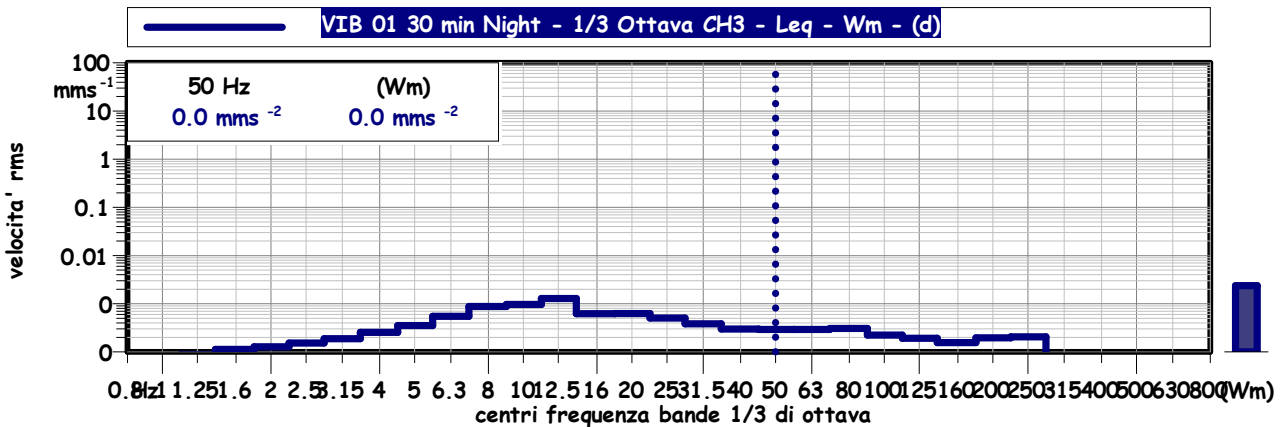
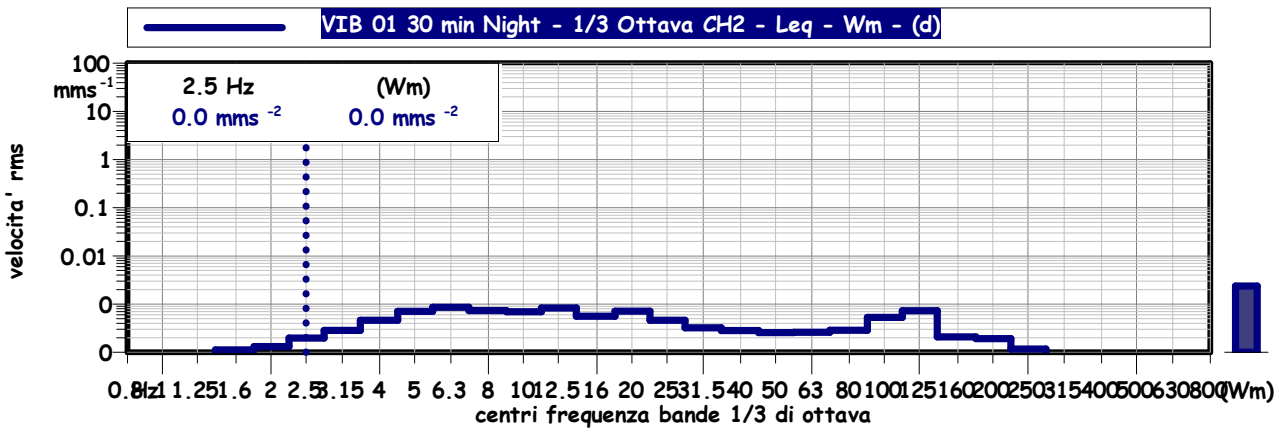
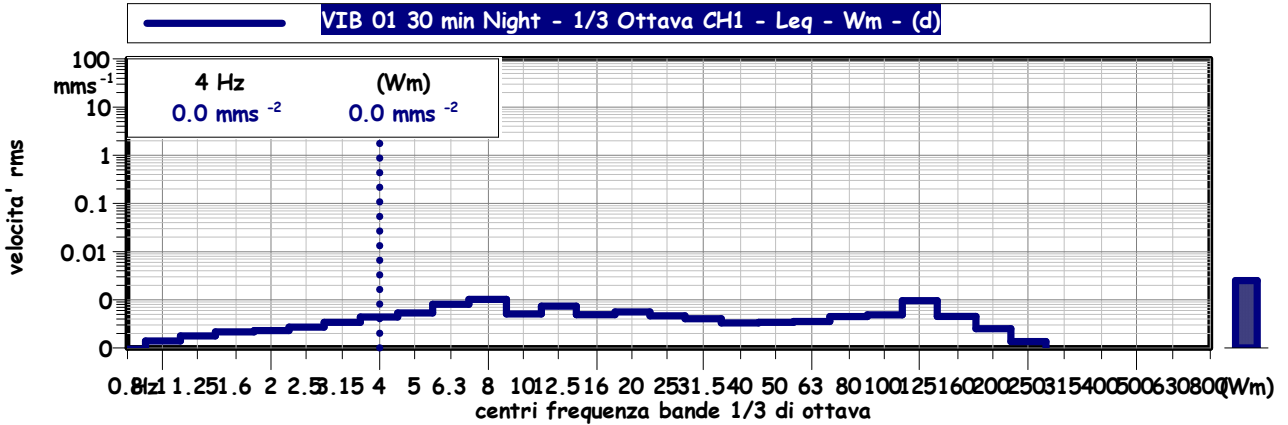
GRAFICI GLOBALI: TIME HISTORY ACCELERAZIONE PONDERATA (x,y,z)
 Periodo diurno – p.t.



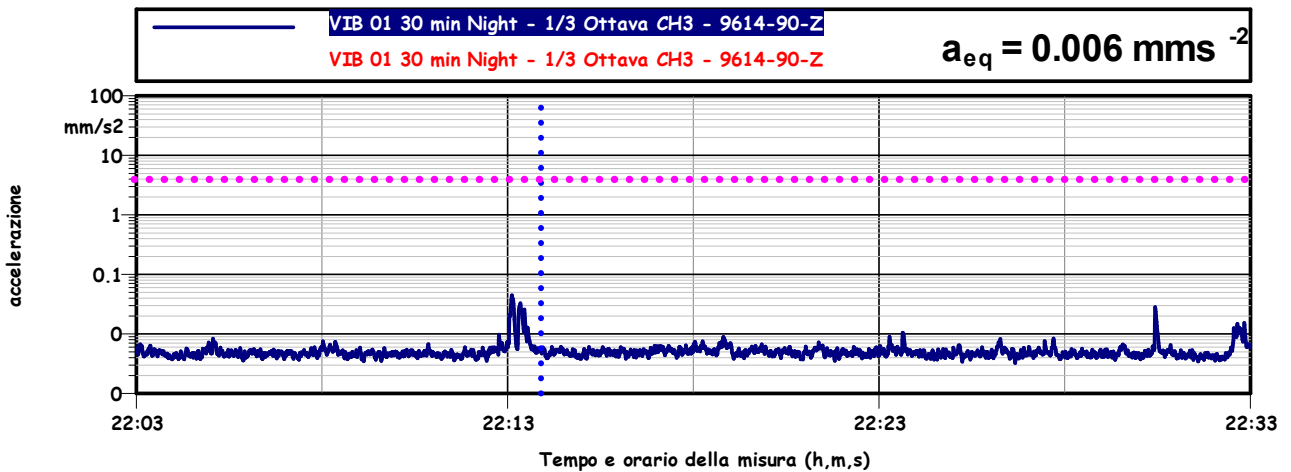
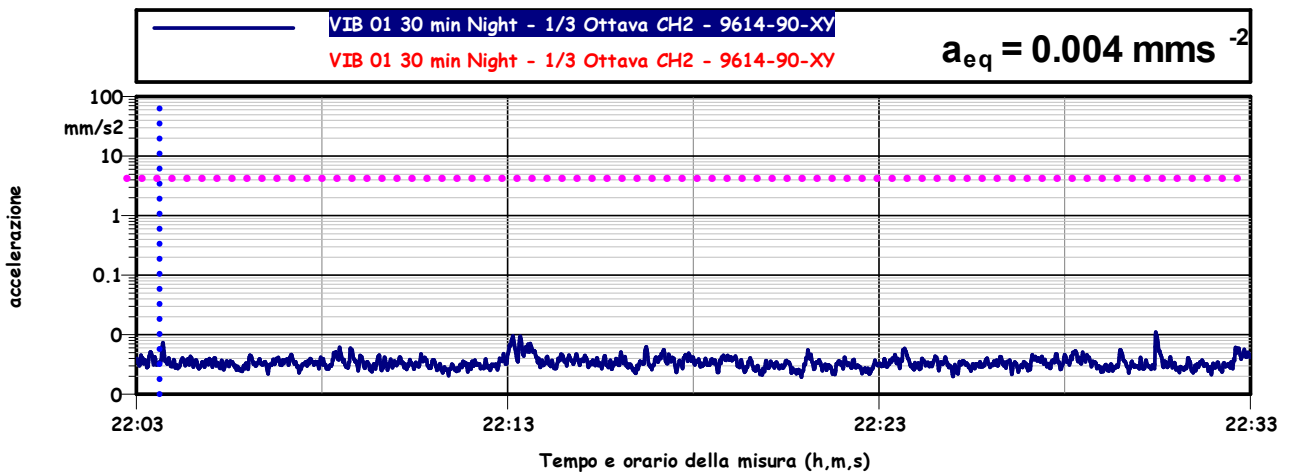
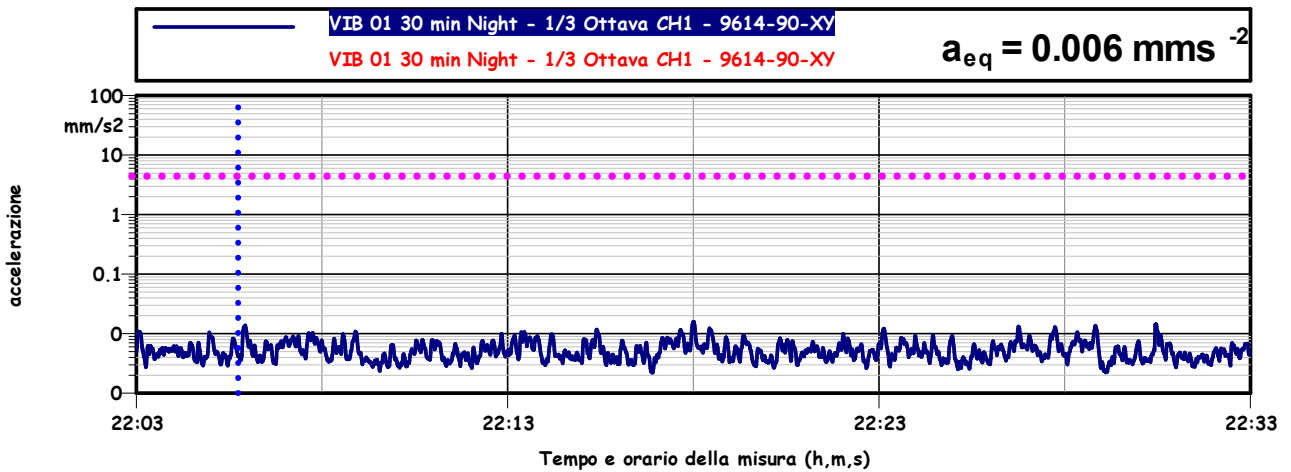
GRAFICI GLOBALI: TIME HISTORY VELOCITA' (x,y,z)
Periodo notturno – p.t.



GRAFICI GLOBALI: TIME HISTORY FREQUENZE (x,y,z)
Periodo notturno - p.t.



GRAFICI GLOBALI: TIME HISTORY ACCELERAZIONE NON PONDERATA (x,y,z)
 Periodo notturno – p.t.



GRAFICI GLOBALI: TIME HISTORY ACCELERAZIONE PONDERATA (x,y,z)
Periodo notturno – p.t.

