

Committente:



AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



**AUTOSTRADA DELLA CISA A15
RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO
RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)
E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.**

C.U.P. G61B04000060008

C.I.G. 307068161E

PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.

Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.

Il Direttore

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.
Il Responsabile di Progetto
Dott. Ing. Luca Bondanelli

Il Geologo:

N.A.

PROGETTAZIONE DI:



A.T.I.:



Il Progettista:

Ing. Fabio Nigrelli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n. 3581

Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Giovanni Maria Cepparotti

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo n. 392

Consulenza specialistica a cura di:

N.A.

Progettista Responsabile Ing. **PIETRO MAZZOLI**

Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.

Ing. Pietro Mazzoli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821

Titolo Elaborato:

**GENERALE
PIANO DI MONITORAGGIO E GESTIONE AMBIENTALE
CANTIERI
GENERALE
Vibrazioni - Relazione**

Data Emissione Progetto:

18/03/2014

Scala:

Identif. Elaborato:

N.RO IDENTIFICATIVO	CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	AMBITO	CAT OPERA	N OPERA	PARTE OP	TIPO DOC	N PROGR. DOC.	REV.	
	RAAA	1	E	I	GE	PM	00	G	RE	009	C	
C	29/04/2015	AGGIORNAMENTO PUNTI DI MONITORAGGIO				MITIDIERI	NIGRELLI	MAZZOLI				
B	29/09/2014	RAPPORTO ORGANISMO DI CONTROLLO RINA (Prot. 730 del 08.09.2014)				MITIDIERI	NIGRELLI	MAZZOLI				
A	18/07/2014	RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO				FERRANTE	NIGRELLI	MAZZOLI				
Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE				Redatto	Controllato	Approvato				

SOMMARIO

1	Premessa.....	4
2	Normativa.....	5
2.1	Disturbo alle attività umane	5
2.1.1	Limiti per vibrazioni di livello costante.....	9
2.1.2	Limiti per vibrazioni di livello non costante.....	9
2.1.3	Limiti per le vibrazioni impulsive.....	9
2.2	Effetti sugli edifici	10
3	Documenti di riferimento.....	11
3.1	Informazioni derivanti dal Progetto Definitivo	12
3.2	Prescrizioni del Capitolato Speciale d'Appalto	12
3.3	Monitoraggio <i>Ante Operam</i>	12
4	Metodologia adottata per la scelta dei punti di misura	13
4.1	Criteri di scelta	13
4.2	Verifica di fattibilità sul campo	14
4.2.1	Verifica di fattibilità	14
4.2.2	Utilizzo della scheda ricettore	15
4.3	Criteri per la rilocalizzazione dei punti	15
5	Parametri da monitorare.....	15
5.1	Indicatori	15
5.1.1	Definizioni	15
5.1.2	Indicatori da rilevare.....	17
5.1.3	Indicatori acustici e correlazione con il rumore solido.....	18
5.1.4	Altri indicatori	18
6	Modalità operative	19
6.1	Strumentazione.....	19
6.1.1	Descrizione catena di misura.....	19
6.1.2	Requisiti tecnici.....	19
6.1.3	Taratura e calibrazione	20
6.2	Metodi di misura	20
6.2.1	Scelta della grandezza da misurare	20
6.2.2	Posizionamento della strumentazione	20
6.2.3	Criteri di fissaggio dei trasduttori	20
6.2.4	Condizioni metereologiche e stagionali per l'esecuzione delle misure	21
6.3	Modalità di esecuzione del monitoraggio	21
6.3.1	Fase AO	21

6.3.2	Fase CO	22
6.3.3	Fase PO	22
6.4	Modalità di conduzione delle attività di campo	22
6.4.1	Sopralluogo	22
6.4.2	Attività di misura	23
6.5	Modalità di conduzione delle attività in sede	24
6.5.1	Attività preventiva all'uscita in campo	24
6.5.2	Attività successiva all'uscita in campo.....	24
6.6	Analisi dei dati e azioni conseguenti.....	24
7	Localizzazione e tempistica dei rilievi	26
7.1	Rilievi ante operam	26
7.2	Rilievi in corso d'opera.....	26
7.3	Rilievi post operam	26
8	Struttura organizzativa per l'esecuzione del monitoraggio ambientale	27
9	Analisi e restituzione dei dati	27
9.1	Tempistica di restituzione	27
9.1.1	Restituzione dati del monitoraggio AO	27
9.1.2	Restituzione dati del monitoraggio in CO.....	27
9.1.3	Restituzione dati del monitoraggio PO.....	28
9.2	Dettaglio della documentazione prodotta	28
9.2.1	Scheda di misura.....	28
9.2.2	Relazione AO.....	28
9.2.3	Relazione CO.....	30
9.2.4	Relazione PO.....	31
10	Requisiti dei soggetti preposti al monitoraggio.....	32
10.1	Requisiti per l'esecuzione del monitoraggio	32
10.1.1	Strumentazione necessaria	32
10.1.2	Personale	32
10.1.3	Interazione con GMA.....	33

ALLEGATO A: Modello scheda di misura

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce il Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) per la componente VIBRAZIONI del progetto esecutivo (PE) del "Raccordo autostradale tra l'Autostrada della Cisa – Fontevivo (PR) e l'Autostrada del Brennero – Nogarole Rocca (VR) – I Lotto" da Fontevivo all'Autostazione Trecasali-Terre Verdiane.

Il PMA in oggetto:

- recepisce i contenuti generali e specialistici sviluppati sul tema delle vibrazioni, in sede di Progetto definitivo (PD), come approvato dal CIPE con Deliberazione n. 2 del 22 gennaio 2010 e tiene conto delle modifiche progettuali sviluppate nell'ambito del Progetto esecutivo;
- risponde alle prescrizioni del "Capitolato Speciale d'Appalto - Norme Generali" e, specificatamente, a quanto disposto dall'art. 68 e dall'Allegato D "Specifiche prestazionali per la redazione del progetto esecutivo", al cap. 15;
- è conforme alla normativa comunitaria, nazionale e regionale vigente, in particolare, alla Direttiva 2002/49/CE del 25 giugno 2002 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di inquinamento acustico ed alla Legge 447/95 che invece costituisce il riferimento normativo a livello nazionale.

Il PMA definisce i principali elementi necessari per l'avviamento e il corretto funzionamento del monitoraggio ambientale dell'opera in oggetto e illustra i contenuti, i criteri, le metodologie, l'organizzazione e le risorse che saranno impiegate nella successiva attuazione dello stesso.

Il monitoraggio ambientale è articolato nelle seguenti tre fasi temporali:

- **Monitoraggio ante operam (AO):** fase di caratterizzazione in assenza di interferenze imputabili alla realizzazione dell'opera (situazione di "zero"); si conclude prima dell'inizio di attività interferenti (cantieri);
- **Monitoraggio in corso d'opera (CO):** fase di monitoraggio corrispondente al periodo di realizzazione dell'opera, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento e al ripristino dei siti; è il monitoraggio dell'impatto indotto nei confronti dei ricettori e del territorio di indagine, finalizzato al confronto con lo stato *ante operam* e all'individuazione di eventuali ulteriori misure di mitigazione, non già previste, da attuare in fase di cantiere;
- **Monitoraggio post operam (PO):** fase di monitoraggio corrispondente al periodo di pre-esercizio ed esercizio; è il monitoraggio dello stato finale conseguente alla realizzazione dell'infrastruttura e il confronto con lo stato *ante operam* è finalizzato a verificare la presenza di eventuali interferenze e indicare adeguate e tempestive misure di mitigazione.

Il monitoraggio ambientale della componente Vibrazioni durante la fase AO viene previsto per determinare un quadro informativo di riferimento, mentre durante la fase CO e PO viene previsto allo scopo di verificare che i ricettori interessati dalla realizzazione dell'infrastruttura siano interessati da fenomeni vibratorii conformi, in assenza di una specifica normativa, agli standard tecnici di riferimento. Si ricorda, infatti, che nella normativa italiana esistono riferimenti all'esposizione a vibrazioni solamente a proposito della valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai rischi fisici (D.Lgs. 81/2008), mentre non esistono disposizioni specifiche per quanto riguarda la tutela della popolazione dal disturbo arrecato da vibrazioni che si propagano all'interno di ambienti di vita.

Obiettivo principale del monitoraggio delle Vibrazioni è quello di verificare le condizioni di criticità e, in particolare, la compatibilità con gli standard di riferimento.

Le verifiche riguardano gli effetti:

- sulla popolazione, per la stima del possibile disturbo ("annoyance");
- sugli edifici, per i possibili danni materiali alle strutture.

Il monitoraggio sarà dunque effettuato, in conformità alle indicazioni di PD riportate nel documento RAAA-GNRL-PDG1-07-08-01, su aree individuate nell'ambito di una fascia di territorio, di potenziale impatto, situata a cavallo del tracciato, individuata sulla base dei seguenti fattori:

- livelli di emissione delle diverse sorgenti (mezzi di cantiere, macchine da cantiere, ecc.);
- tipo di opera da realizzare prevista dal progetto (rilevato, viadotto, trincea, galleria,...);
- geolittologia del terreno;
- tipologia e classe di sensibilità dei ricettori interessati.

Poiché al momento non esiste una legislazione nazionale di riferimento, la valutazione di impatto sarà eseguita facendo riferimento alla normativa tecnica: la ISO 2631/UNI 9614 per il disturbo alle persone, la UNI 9916 per i possibili danni alle strutture. Il PMA è inoltre strutturato in modo che, qualora fossero emanate nuove leggi durante la realizzazione del progetto, queste possano essere prontamente recepite nelle relazioni annuali e applicate nelle procedure di misura e di valutazione di impatto.

2 NORMATIVA

Ad oggi non è disponibile alcuna legge nazionale o regionale in materia di vibrazioni, ma solo Norme tecniche emanate dall'Ente italiano di normalizzazione (UNI) e da analoghi enti esistenti in altri paesi comunitari (Germania, norme DIN) o direttive tecniche emanate da enti internazionali (EN ISO). In quest'ultimo caso, si tratta di speciali direttive che ogni Paese può adottare rafforzandone il ruolo attraverso l'adozione come proprie norme nazionali. I caratteri "EN" stanno a indicare una norma europea, mentre ISO è l'acronimo di International Organization for Standardization.

Le norme EN sono elaborate dal CEN (Comité Européen de Normalisation) e devono essere recepite dai Paesi membri del CEN in modo obbligatorio. Sono dette anche *norme armonizzate* perché il loro scopo è quello di uniformare in tutta Europa la normativa tecnica. Quando queste norme sono recepite dai Paesi membri, la sigla diventa, per esempio in Italia, UNI (sigla nazionale) EN. Il CEN ha il compito di elaborare le norme di concerto con gli enti nazionali o sopranazionali, come nel caso delle ISO. Si parla di UNI EN ISO quando la norma è stata applicata anche a livello europeo, altrimenti rimane la dicitura UNI ISO. Le norme EN e ISO servono ad assicurare l'adeguatezza dei prodotti alle norme nazionali dei Paesi di destinazione.

Di seguito si riportano i riferimenti delle normative tecniche europee emanate in materia di valutazione degli effetti delle vibrazioni sul corpo umano e sugli edifici:

- UNI 9614 «Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo»;
- UNI 9916 «Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici»;
- UNI ENV 28041 «Risposta degli individui alle vibrazioni. Apparecchiatura di misura»;
- UNI 11048: «Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo»;
- ISO 2631 «Evaluation of human exposure to whole-body vibration»;
- ISO 2631-1 «General requirements»;
- ISO 2631-2 «Continuous and shock-induced vibrations in buildings (1 to 80 Hz)»;
- ISO 2631-3 «Evaluation of exposure to whole-body z-axis vertical vibration in the frequency range 0,1 to 0,63 Hz»;
- ISO 4866 «Mechanical vibration and shock - Vibration of buildings - Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings»;
- ISO 5347 «Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups. Basic concepts»;
- ISO 5348 «Mechanical vibration and shock - Mechanical mounting of accelerometers»;
- DIN 4150;
- DIN 4150-1 «Vibration in buildings. Principles, predetermination and measurement of the amplitude of oscillations»;
- DIN 4150-2 «Vibration in buildings. Influence on persons in buildings»;
- DIN 4150-3 «Structural vibration in buildings. Effects on structures»;
- BS 6472 «Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)».

Si specifica che per la valutazione del disturbo alle attività umane occorre fare riferimento alla norma UNI 9614, ovvero alla norma internazionale ISO 2631, mentre per la valutazione degli effetti sugli edifici si fa riferimento alla norma UNI 9916 ed alla norma DIN 4150.

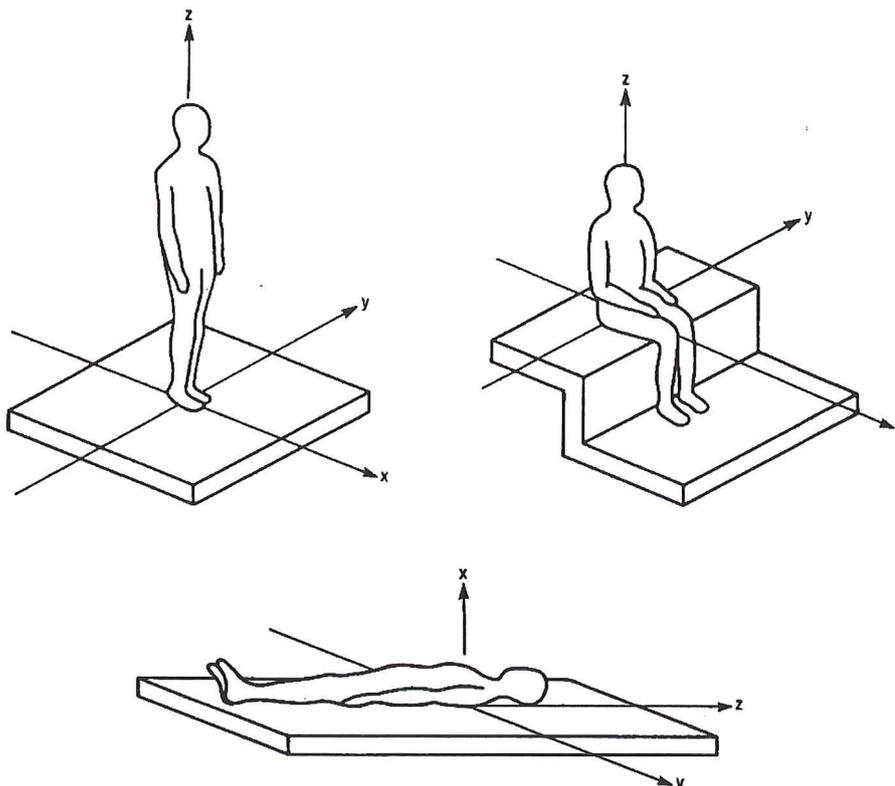
2.1 DISTURBO ALLE ATTIVITÀ UMANE

La norma UNI 9614, che come premesso viene utilizzata per la valutazione del disturbo alle attività umane nel loro complesso (lavorative e di vita), concorda nei contenuti con la ISO 2631-2. Essa considera tre tipi di vibrazioni:

- **di livello costante:** quando il livello di accelerazione ponderato in frequenza rilevato con costante di tempo "slow" varia in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB;

- **di livello non costante:** quando il livello di accelerazione ponderato in frequenza rilevato con costante di tempo "slow" varia in un intervallo di ampiezza superiore a 5 dB;
- **impulsive:** quando sono originate 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.

Si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi x, y e z per persone in piedi, sedute o coricate.



La giornata viene suddivisa in due periodi di riferimento:

- diurno, dalle 7 alle 22;
- notturno, dalle 22 alle 7.

La gamma di frequenze considerate va da 1 a 80 Hz. La grandezza per caratterizzare l'intensità del fenomeno vibratorio è l'accelerazione che viene espressa in termini di valore efficace (RMS):

$$a_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) \cdot dt}$$

dove:

$a(t)$ = accelerazione in funzione del tempo

T = tempo di integrazione.

La Normativa UNI 9614 permette di caratterizzare la vibrazione anche attraverso l'espressione del livello di accelerazione in dB:

$$L = 20 \cdot \text{Log}_{10} \frac{a}{a_0}$$

dove a il valore efficace r.m.s. dell'accelerazione sul periodo T di misura, e a_0 è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a 10^{-6} m/s^2 (norma ISO 1683).

La norma individua una "soglia di percezione delle vibrazioni" che varia a seconda della frequenza considerata e dell'asse di riferimento, e che può essere sintetizzata nella curva seguente.

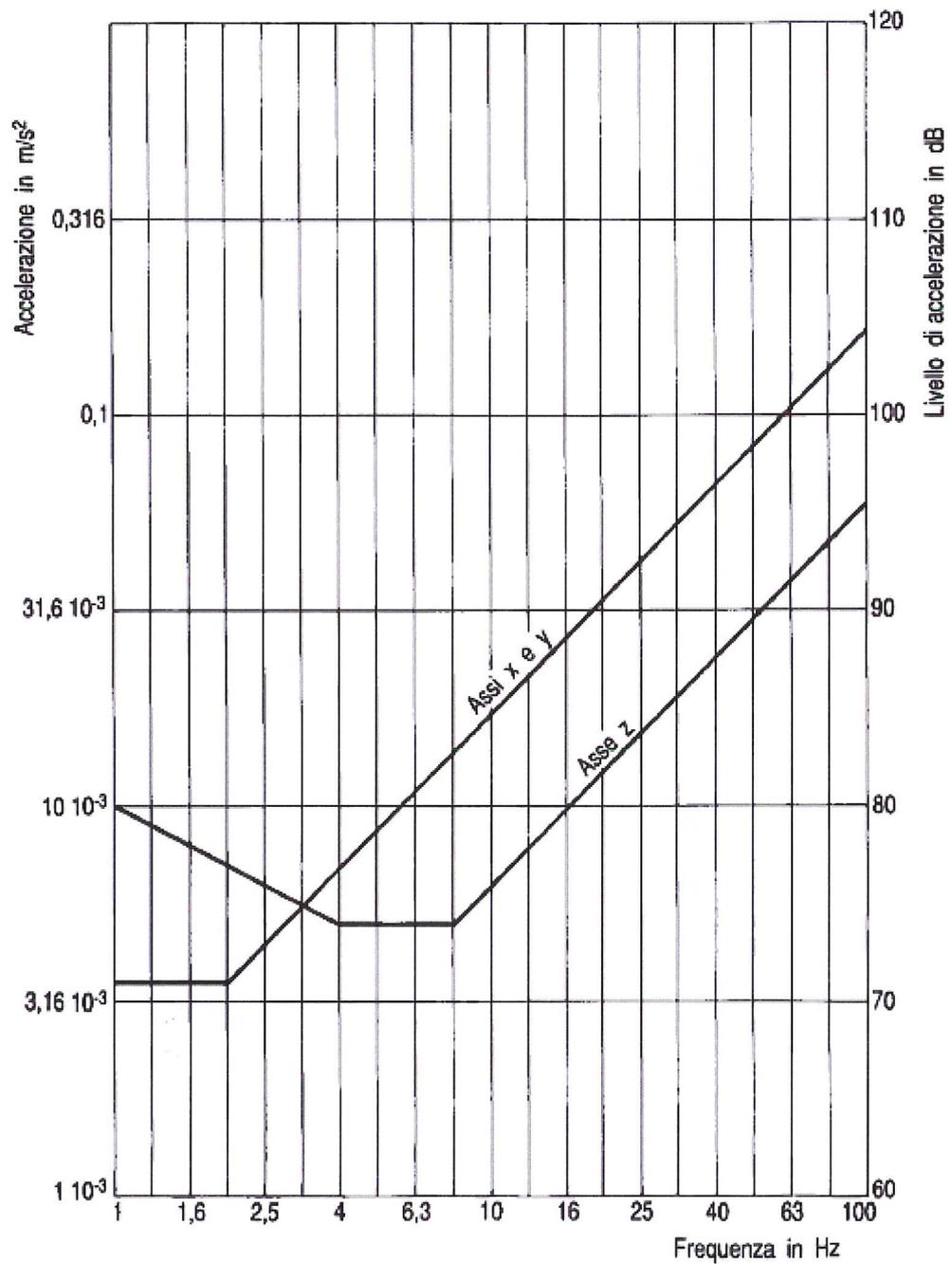


Fig. 1 Curve di soglia di percezione delle vibrazioni

Viene anche definita una soglia di percezione cumulativa, da confrontarsi con i valori di accelerazione ponderati in frequenza secondo opportuni filtri di pesatura. Tale soglia si pone a $5,0 \cdot 10^{-3} m/s^2$ (74 dB) per l'asse z e $3,6 \cdot 10^{-3} m/s^2$ (71 dB) per gli assi x e y.

I valori cumulati di accelerazione si calcolano secondo la formula

$$L_w = 10 \cdot \left(\text{Log}_{10} \sum_i 10^{L_{i,w}/10} \right)$$

dove $L_{i,w}$ rappresenta il livello di accelerazione per la banda di frequenza i-esima, pesato secondo i valori riportati in Tab. 1.

Tab. 1 Attenuazione dei filtri di ponderazione

Frequenza [Hz]	Asse z [dB]	Assi x- y [dB]	Postura non nota o variabile [dB]
1	6	0	0
1.25	5	0	0
1.6	4	0	0
2.0	3	0	0
2.5	2	2	0.5
3.15	1	4	1
4.0	0	6	1.5
5.0	0	8	2
6.3	0	10	2.5
8.0	0	12	3
10.0	2	14	5
12.5	4	16	7
16.0	6	18	9
20.0	8	20	11
25.0	10	22	13
31.5	12	24	15
40.0	14	26	17
50.0	16	28	19
63.0	18	30	21
80.0	20	32	23

La curva limite per posture non note o variabili tiene conto del fatto che, in alcuni casi (per esempio all'interno di edifici residenziali utilizzati da persone in piedi o coricate in diverse ore del giorno) non è possibile definire un asse specifico di vibrazione. Essa è calcolata a partire dalla relazione:

$$\text{Attenuazione} = 10 \text{Log}_{10} (1 + (f / 5.6)^2)$$

dove f è la frequenza di banda considerata.

Infine, la norma 9614 definisce i criteri per la scelta della strumentazione di misura, per il confronto con le vibrazioni residue e indica le informazioni da riportare nel resoconto di misura.

I criteri per la valutazione del disturbo sono riportati in allegato, e non costituiscono parte integrante della norma. Tuttavia, essendo gli unici parametri di riferimento nell'ambito della normativa italiana, li descriviamo nel seguito.

In generale, i quattro parametri fisici per la determinazione del comportamento umano alle vibrazioni sono: l'intensità, la frequenza, la direzione e la durata (tempo di esposizione) delle vibrazioni. La risposta allo stimolo vibratorio è riferita a tre tipi di reazione soggettiva per le quali sono stati stabiliti dei limiti di esposizione:

- mantenimento dell'efficienza lavorativa;
- conservazione dello stato di salute e sicurezza;
- mantenimento del comfort.

I limiti per quanto riguarda la risposta umana alle vibrazioni all'interno di edifici tengono pertanto conto del periodo del giorno, del tipo di vibrazione e distinguono tra i diversi tipi di insediamento. In particolare, la norma differenzia i limiti per le cosiddette *aree critiche*, identificabili con sale operatorie, laboratori di precisione, locali in cui si svolgono lavori manuali delicati, precisando che la criticità dell'area è limitata al periodo di tempo in cui vi si svolgono le attività sensibili alle vibrazioni.

2.1.1 LIMITI PER VIBRAZIONI DI LIVELLO COSTANTE

L'appendice alla normativa definisce diversi livelli di riferimento per l'asse z e per gli assi x e y. Riportiamo i limiti per gli assi x e y, dal momento che sono i più restrittivi e che ad essi occorre fare riferimento anche nel caso di accelerazioni misurate per situazioni di postura non nota o variabile.

Tab. 2 Valori limite di vibrazione per gli assi x ,y, e per postura variabile (UNI 9614)

Luogo	A [m/s ²]	L [dB]
Aree critiche	3.3 * 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

I valori esposti nella Tab. 2 vanno confrontati con i valori di accelerazione complessiva ponderata in frequenza, facendo riferimento ai valori più elevati riscontrati sui tre assi. Il giudizio sulla accettabilità (tollerabilità) delle vibrazioni deve poi essere temperato con altri fattori (frequenza con cui si verifica il fenomeno vibratorio, durata, etc...).

2.1.2 LIMITI PER VIBRAZIONI DI LIVELLO NON COSTANTE

Per vibrazioni di livello non costante si utilizzano gli stessi limiti esposti in , che devono essere confrontati con l'accelerazione equivalente misurata in un intervallo di tempo significativo T, espressa in metri al secondo quadrato o in decibel, come indicato dalle relazioni seguenti.

$$a_{w,eq} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a_w(t)]^2 \cdot dt}$$

$$L_{w,eq} = 10 \cdot \text{Log} \left[\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a_w(t)/a_0]^2 \cdot dt} \right]$$

2.1.3 LIMITI PER LE VIBRAZIONI IMPULSIVE

Secondo la norma UNI 9614, le vibrazioni impulsive possono essere rilevate misurando il valore di picco dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza; tale valore va moltiplicato per il fattore 0.71 per stimare il corrispondente valore efficace (nel caso di livelli in dB, va diminuito di 3 dB). Il valore efficace così determinato si confronterà con i limiti esposti nella tabella seguente.

Tab. 3 Valori limite di accelerazione per le vibrazioni impulsive

Luogo	Asse z [m/s ²]	Assi x e y [m/s ²]
Aree critiche	5.0 * 10 ⁻³	3.6 * 10 ⁻³
Abitazioni (notte)	7.0 * 10 ⁻³	5.0*10 ⁻³
Abitazioni (giorno)	0.30	0.22
Uffici e fabbriche	0.64	0.46

Tali limiti vanno adottati se il numero di eventi impulsivi giornalieri non è maggiore di 3. Nel caso che gli eventi siano in numero superiore, si applicano fattori correttivi che abbassano progressivamente i limiti, fino a farli coincidere con quelli per vibrazioni costanti.

Al termine dell'appendice la norma raccomanda il calcolo del fattore di cresta, dal momento che, per fattori di cresta superiori a 6, i criteri descritti potrebbero sottostimare l'effetto delle vibrazioni. A questo proposito si

ricorda che, per eventi con fattori di cresta elevati, sono spesso utilizzati due indicatori: il MTVV ed il VDV.

Il MTVV (*maximum transient vibration value*) si ottiene come massimo, su tutto il tempo di misura, del *running rms*, cioè del valore quadratico medio calcolato, ad ogni istante integrando sul secondo precedente:

$$a_w(t_0) = \left[\frac{1}{\tau} \int_{(t_0-\tau)}^{t_0} a_w^2(t) dt \right]^{1/2}, \text{ con } \tau = 1 \text{ sec.}$$

$$MTVV_{(T)} = |a_w(t_0)|_{\max}$$

I valori di MTVV si confrontano con limiti che variano in funzione del numero di eventi, fino a coincidere, nel caso di 100 o più eventi, con i limiti per vibrazioni di livello costante.

Il VDV (*vibration dose value*) di quarto grado è definito come

$$VDV = \left[\int_0^T a_w^4 \right]^{1/4}$$

e fornisce una misura dell'esposizione più sensibile alle brusche oscillazioni. Nel caso in cui il soggetto sia esposto ad un numero n di eventi, si definisce il VDV globale come:

$$VDV_{total} = \left[\sum_{i=1}^n (VDV)_i^4 \right]^{1/4}$$

Per ulteriori dettagli, si può fare riferimento a:

Griffin, M.J. "Handbook of human vibration", Academic press, London, 1990.

Harris-Piersol "Harris' Shock and vibration handbook – 5th edition", McGraw-Hill, 2002

2.2 EFFETTI SUGLI EDIFICI

L'unico riferimento normativo nazionale riguardante gli effetti delle vibrazioni sugli edifici è costituito dalla norma UNI 9916:1991 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici" la quale fornisce indicazioni generiche in merito ai criteri di misura citando, solo a carattere informativo, dei criteri di accettabilità dei livelli di vibrazione riprendendo altre normative europee. E' inoltre inclusa nella norma una classificazione degli edifici in funzione delle categorie di struttura, di fondazione, di terreno.

Tale norma è stata revisionata nel 2004. La norma UNI 9916 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. Essa 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, esplosioni), ovvero dall'interno, dovute ad attività antropiche o ad azioni di macchinari. La norma considera vibrazioni di carattere sia transitorio che continuo. Sono presi in considerazione solo gli effetti diretti delle vibrazioni sugli edifici: altri effetti delle vibrazioni, quali il movimento di oggetti non fissati all'interno degli edifici, la possibilità di danni ad apparecchiature e gli effetti delle vibrazioni sugli occupanti non sono trattati nella norma.

La norma fornisce criteri e metodologie atti a valutare la potenzialità delle vibrazioni a causare danni di tipo architettonico e fornisce nell' Appendice D valori indicativi di riferimento, i quali non possono tuttavia essere considerati come limiti assoluti di accettabilità o non accettabilità.

La norma si applica in generale a tutte le tipologie di edifici di carattere abitativo, industriale e monumentale mentre costruzioni di tipo "speciale" e comunque diversamente soggette agli effetti delle vibrazioni quali ciminiere, ponti e strutture sotterranee (gallerie e tubazioni) non vengono considerate. Effetti di vibrazioni generate da terremoti e da onde marine sono al di fuori del campo di interesse della norma. Inoltre essa non considera le molte altre cause di danno negli edifici che possono manifestarsi anche in assenza di vibrazioni (Appendice B).

Le raccomandazioni sulla risposta strutturale degli edifici fornite nella UNI 9916 nella sua revisione del 2004 si limitano agli effetti delle vibrazioni che possono comportare l'insorgere di "danno architettonico o di soglia". I valori e le metodologie semplificate riportate non sono generalmente applicabili ai casi di insorgenza di "danno maggiore" per il quale è necessario ricorrere a valutazioni ed approfondimenti specifici, da valutarsi caso per caso.

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori di riferimento estratti dall'appendice D della UNI 9916:2004 e già indicati nelle DIN 4150-3 riguardanti il danno di soglia agli edifici, rispettivamente per le vibrazioni di breve

durata (cioè tali da escludere problemi di fatica e amplificazioni dovute a risonanza nella struttura interessata) e per le vibrazioni di lunga durata.

Entrambe le tabelle fanno riferimento al p.c.p.v (peak component particle velocity) definito come il valore massimo del modulo di una delle tre componenti ortogonali misurate simultaneamente in un punto o ottenute mediante integrazione.

Tab. 4 Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v) al fine di valutare l'azione di vibrazioni di breve durata sulle costruzioni

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v. in [mm/s]			
		Fondazioni			Piano alto
		Da 1 a 10 HZ	Da 10 a 50 HZ	Da 50 a 100 HZ*	Tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	Varia linearmente da 20 ($f = 10$ Hz) a 40 ($f = 50$ HZ)	Varia linearmente da 40 ($f = 50$ Hz) a 50 ($f = 100$ HZ)	40
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	Varia linearmente da 5 ($f = 10$ Hz) a 15 ($f = 50$ HZ)	Varia linearmente da 15 ($f = 50$ Hz) a 20 ($f = 100$ HZ)	15
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelati (per esempio monumenti storici)	3	Varia linearmente da 3 ($f = 10$ Hz) a 8 ($f = 50$ HZ)	Varia linearmente da 8 ($f = 50$ Hz) a 10 ($f = 100$ HZ)	8

* per frequenze oltre 100 Hz possono essere usati i valori di riferimento per 100 HZ

Tab. 5 Valori di riferimento per le componenti orizzontali della velocità di vibrazione (p.c.p.v) al fine di valutare l'azione di vibrazioni lunga durata sulle costruzioni

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione 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 tutelati (per esempio monumenti storici)	2.5

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La documentazione generale e di settore di riferimento per l'elaborazione del presente PMA è stata acquisita dalle precedenti fasi di progettazione e indagine, in particolare dal documento RAAA-GNRL-PDG1-07-11-01 per quanto riguarda la definizione dell'ambito di studio e l'acquisizione di eventuali informazioni pregresse, del documento RAAA-GNRL-PDG1-07-08-01 nonché dal "Capitolato Speciale d'Appalto - Norme Generali".

In ragione del fatto che le vibrazioni non sono oggetto di normativa (nazionale o regionale) specifica, non esiste una documentazione di pianificazione cui fare riferimento e, in ragione della natura degli impatti oggetto del monitoraggio, anche la pianificazione provinciale (PTCP di Parma - Variante di adeguamento alla L.R. 19/2008 "Norme per la riduzione del Rischio Sismico", approvata con delibera di Consiglio Provinciale n. 23 del 17.04.2013) non può costituire documento di riferimento ed elemento conoscitivo per la costruzione di un quadro informativo.

3.1 INFORMAZIONI DERIVANTI DAL PROGETTO DEFINITIVO

La documentazione prodotta in sede di progettazione definitiva è stata analizzata, verificata e aggiornata, pervenendo al livello di approfondimento proprio dello stato progettuale esecutivo. Diversamente da altre componenti, riguardo alle vibrazioni il PD non disponeva di elaborati grafici specifici per l'individuazione dei punti di monitoraggio delle vibrazioni. Il PD, infatti, provvedeva ad individuare nella relazione specialistica relativa alla componente RAAA-GNRL-PDG1-07-08-01 le diverse stazioni di misura, mentre la loro ubicazione era graficamente riportata nella cartografia relativa alla componente Rumore.

Un primo livello di analisi della documentazione di PD, di carattere generale, è stato finalizzato all'acquisizione del quadro conoscitivo di base e al puntuale inquadramento ambientale della componente e dell'ambito di indagine interessato dal 1° lotto dell'opera. Si è proceduto a verificare sia la completezza delle informazioni raccolte, in particolare, in fase di censimento dei ricettori, che la localizzazione delle interferenze identificate in fase di Progetto Definitivo (PD) in funzione delle scelte progettuali compiute in fase esecutiva.

Il secondo livello analitico, più specifico, è stato finalizzato ad aggiornare e contestualizzare la conoscenza acquisita in fase di PD nell'ambito del 1° lotto, sulla base delle eventuali modificazioni subite dal territorio nel periodo intercorso dalla stesura del PD ad oggi e delle modifiche apportate al progetto in fase esecutiva.

I punti di monitoraggio per la componente vibrazioni per il 1° lotto individuati in sede di PD sono riportati nelle tavole: RAAA-GNRL-PDG1-07-07-02-01 e RAAA-GNRL-PDG1-07-07-02-02. I ricettori relativi alla componente vibrazioni sono individuati nelle seguenti tavole di PD: RAAA-GNRL-PDG1-07-11-07-01, RAAA-GNRL-PDG1-07-11-07-02, RAAA-GNRL-PDG1-07-11-07-03.

3.2 PRESCRIZIONI DEL CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

Le prescrizioni del Capitolato Speciale d'Appalto relative al PMA sono contenute nell'art. 68 delle Norme generali e nell'Allegato D "Specifiche prestazionali per la redazione del progetto esecutivo", al cap. 15.

Si richiamano, in particolare:

il **comma 68.1** con riferimento all'obbligo, per l'Appaltatore, di *"eseguire eventuali attività residuali di monitoraggio ambientale ante operam indicate nel PMA del Progetto Definitivo e non eseguite da Autocisa, ovvero gli eventuali aggiornamenti che si dovessero rendere necessari, nel rispetto della normativa vigente in materia, del Progetto Definitivo e di tutte le altre condizioni di seguito specificate, in ottemperanza alle disposizioni che verranno impartite dagli Enti Competenti o dal Responsabile Ambientale che verrà nominato da Autocisa"*.

il **comma 68.4** che stabilisce l'obbligo dell'Appaltatore, in fase di progettazione esecutiva, di *"redigere il Progetto di Monitoraggio Ambientale secondo quanto previsto dall'Allegato XXI al Codice, con un grado di dettaglio non inferiore a quello del PMA del Progetto Definitivo posto a base di gara e conformemente a quanto specificato dalle "Linee Guida per la redazione del Progetto di Monitoraggio Ambientale delle opere di cui alla Legge Obiettivo [...]"*.

il **comma 68.5** secondo il quale il PMA *"deve costituire l'aggiornamento e l'approfondimento del Piano di Monitoraggio Ambientale allegato al Progetto Definitivo, effettuato sulla base delle risultanze delle indagini svolte relativamente alla fase di ante operam, messe a disposizione da Autocisa e tenendo conto anche delle eventuali richieste formulate da Arpa Emilia Romagna e dagli altri Enti competenti. Il PMA dovrà, inoltre, essere adattato alle modifiche introdotte da eventuali varianti progettuali"*.

Le specifiche prestazionali per il PMA stabilite nell'Allegato D confermano quanto disposto all'art. 68 delle Norme generali, precisando che per le eventuali indagini integrative dovrà essere prodotta la medesima documentazione redatta in AO, ossia:

- Relazione generale;
- Corografia generale dei punti di monitoraggio;
- Relazioni specialistiche per le singole componenti del PMA;
- Planimetria di dettaglio per singola componente;
- Schede di rilevazione effettuate.

3.3 MONITORAGGIO ANTE OPERAM

Le attività di monitoraggio *ante operam* previste dal PD non sono state realizzate e pertanto, prima dell'apertura dei cantieri, dovrà essere svolta tale campagna.

L'attività di aggiornamento del PMA sulla base del quadro progettuale di PE ha consentito di verificare quanto previsto dal PD e apportare le seguenti modifiche alle stazioni di monitoraggio previste in quella sede:

- stazione di misura MVIB0107: deve essere stralciata in quanto ricade all'esterno dell'ambito di indagine riferito al 1° lotto;
- stazione di misura MVIB0027: è localizzata in corrispondenza di un edificio destinato ad abbattimento in quanto incompatibile con l'opera in progetto, pertanto si è provveduto a ricollocarla presso il ricettore RVIB0030, con stazione di misura MVIB0030. Tale edificio risulta essere attualmente non fruito da parte dei proprietari che risiedono in zona e si presenta strutturalmente integro, di conseguenza assume le caratteristiche migliori per l'effettuazione di misure di vibrazioni in assenza di perturbazioni indotte dagli occupanti.

4 METODOLOGIA ADOTTATA PER LA SCELTA DEI PUNTI DI MISURA

I punti di monitoraggio AO relativi all'ambito di indagine del Lotto I, per un totale di tre stazioni collocate lungo il tracciato, sono stati localizzati in conformità alle indicazioni del PMA di PD e, in conformità alle indicazioni del PMA di PD, tali punti di monitoraggio saranno riproposti per il monitoraggio *post operam* (PO). Per la fase costruttiva di cantiere (CO) verranno invece adottati punti integrativi/sostitutivi, individuati sulla base dei criteri di scelta precisati di seguito, qualora durante la fase costruttiva, per l'anno di indagine considerato, il punto di misura non risultasse interessato dall'azione di sorgenti di vibrazioni. Tali criteri di scelta sono conformi a quelli adottati in sede di PMA di PD.

4.1 CRITERI DI SCELTA

La scelta dei punti di monitoraggio si fonda sulle informazioni raccolte nel censimento di dettaglio dei ricettori per la componente Rumore e dal confronto con le informazioni contenute nel PE riguardanti la cantierizzazione e l'esercizio dell'opera.

Nel mese di maggio 2014 si è proceduto alla verifica del censimento dei ricettori congiuntamente alla stesura delle documentazione progettuale di aggiornamento dello studio acustico e di progettazione degli interventi di mitigazione acustica.

Le SCHEDE RICETTORI relative alla componente Vibrazioni sono riportate nel documento di PE RAAA1EIGEPM00GSC009C.

Come già risulta evidente dall'organizzazione degli elaborati di PD, le componenti Rumore e Vibrazioni sono state spesso trattate mediante elaborati comuni.

Le attività di aggiornamento del censimento ricettori hanno consentito di verificare il mantenimento delle condizioni ambientali e progettuali che avevano portato alla definizione dei ricettori prima e delle stazioni di misura poi.

In particolare, la scelta dei punti di monitoraggio ha tenuto conto dei seguenti aspetti:

- tipologia e livelli di emissione delle sorgenti di vibrazioni attese dai lavori di realizzazione dell'opera e dall'opera stessa una volta in esercizio;
- natura geolitologica del terreno;
- tipo e natura dei ricettori (destinazione d'uso e caratteristiche strutturali, età, tipo di fondazioni, etc.);

In ragione dell'omogeneità dei terreni e delle condizioni di esercizio dell'infrastruttura lungo tutta la tratta in oggetto, nonché della distanza dei ricettori rispetto al tracciato, la scelta dei punti di monitoraggio è stata effettuata sulla base dei seguenti fattori principali:

- tipologia e livelli di vibrazione collegati alle attività di cantiere;
- natura dei ricettori e loro distanza dal cantiere.

Sono state quindi confrontate le informazioni contenute nel censimento dei ricettori e nel progetto esecutivo, esaminando i seguenti parametri:

- destinazione d'uso dei ricettori;
- caratteristiche strutturali degli edifici: altezza, numero di piani, classificazione delle strutture e delle fondazioni;
- presenza di eventuali sorgenti di vibrazione preesistenti;
- presenza di infrastrutture sotterranee tali da interferire nella distribuzione del campo vibrazionale (tunnels, opere in fondazione, etc.);
- distanza dei ricettori dal cantiere;
- tipo di attività svolte nel cantiere (cantiere operativo o fronte avanzamento lavori), con particolare

riferimento alle opere maggiormente impattanti: battitura pali, palancolate.

Nel caso in cui non siano state evidenziate situazioni di evidente criticità dovute alla correlazione dei parametri suddetti, è stato privilegiato il criterio della minore distanza dal cantiere o dal fronte di avanzamento lavori in quanto è stato ritenuto, già in fase di PD, che la componente vibrazioni non costituisse elemento di criticità durante la fase di esercizio dell'opera, specialmente in ragione della distanza dei ricettori dall'asse della stessa.

Per facilitare le operazioni di acquisizione dei permessi ed ottimizzare la raccolta di informazioni sul territorio, i ricettori inseriti nella rete di monitoraggio per la componente vibrazioni sono stati scelti preferibilmente nell'ambito di quelli appartenenti alla rete di monitoraggio per la componente rumore. Questa decisione non pregiudica in alcun modo la scelta dei punti di controllo, dal momento che:

- il censimento dei ricettori per la componente rumore include tutti gli edifici in una fascia di 250 metri per lato a partire dal bordo dell'infrastruttura principale, e 250 metri dal confine di ogni cantiere. Tale fascia è estesa a 500 metri per ricettori sensibili;
- non sono previsti significativi sottoattraversamenti di aree abitate, per cui i ricettori di vibrazioni costituiscono certamente un sottoinsieme dei ricettori di rumore.

La scelta di associare il controllo sulle vibrazioni ad alcuni tra i ricettori di rumore più critici è quindi da intendersi a maggior tutela di questi ultimi.

4.2 VERIFICA DI FATTIBILITÀ SUL CAMPO

In assenza di una campagna di monitoraggio AO per la componente Vibrazioni, di seguito si ripropongono le indicazioni contenute nel PD in merito alle attività da predisporre al momento dell'esecuzione delle misure. Per ciascun punto di misura previsto nel PMA si dovrà:

- effettuare la verifica preliminare di fattibilità delle misure;
- rilocalizzare quei punti per i quali, in fase di verifica preliminare, sia risultata la non fattibilità delle attività di monitoraggio, salvaguardando le finalità delle misure previste (l'azione è da concordarsi con la struttura del GMA ed in particolare con Ra);
- ottenere l'autorizzazione ad accedere ai locali interni per la misura, qualora necessario;
- verificare la correttezza delle informazioni riportate nella scheda di censimento del ricettore, ed integrarle con ulteriori elementi raccolti nel corso del sopralluogo;
- pianificare le attività di misura.

4.2.1 VERIFICA DI FATTIBILITÀ

Per ogni punto riportato nel progetto di monitoraggio dovrà essere effettuato un sopralluogo di fattibilità delle misure, al fine di verificare:

- l'assenza di condizioni locali che possano nel tempo portare a modificazioni nella distribuzione del campo vibrazionale;
- l'assenza di situazioni locali che possano disturbare le misure (utilizzo di apparecchiature che determinino vibrazioni nel loro funzionamento, lavori di ristrutturazione all'interno del ricettore o in edifici adiacenti, ecc.);
- la possibilità di posizionare in modo ottimale la postazione di monitoraggio; in particolare le postazioni di misura presso i ricettori saranno individuate in ambiente interno, al piano più alto nel caso di edifici a più piani, nel locale abitativo nel quale sono prevedibili i livelli di vibrazione più elevati in concomitanza delle diverse sorgenti e preferibilmente in uno dei locali più sensibili alle vibrazioni, come nella zona notte per le abitazioni;
- il consenso degli abituali fruitori dei locali scelti per il monitoraggio, e la disponibilità a collaborare evitando azioni potenzialmente disturbanti durante le misure;
- la persistenza nel tempo delle condizioni iniziali di fruizione; possono ad esempio rappresentare fattori limitanti l'utilizzazione dell'immobile come casa vacanza, come seconda casa o comunque con presenza saltuaria degli abitanti;
- la possibilità di allacciamento alla rete elettrica per i punti per i quali sono previste misure di lunga durata.

Nel caso in cui un punto di monitoraggio previsto dal PMA non soddisfi in modo sostanziale una delle caratteristiche sopra citate, sarà scelta una postazione alternativa in accordo con Ra, rispettando i criteri e le modalità di rilocalizzazione descritte nel seguito del documento.

4.2.2 UTILIZZO DELLA SCHEDA RICETTORE

Nel corso dei sopralluoghi si utilizzerà come supporto la SCHEDA RICETTORE del ricettore interessato dalla attività di monitoraggio, su cui sono riportate, tra l'altro, le foto dell'area, il posizionamento sulla cartografia tecnica regionale e le coordinate geografiche.

Qualora nel corso dei sopralluoghi si rilevassero incongruenze rispetto a quanto riportato sulla scheda ricettore (ad esempio: presenza di nuove edificazioni, cambio di destinazione d'uso dell'area, etc.), queste saranno tempestivamente registrate per consentire l'aggiornamento della scheda di inquadramento.

In particolare, si osservi che le schede ricettore iniziali sono state redatte senza accedere all'interno dei locali, per cui, nel corso del sopralluogo di misura, il tecnico che accede all'interno del ricettore dovrà verificare con attenzione (ed eventualmente aggiornare) le seguenti informazioni:

- numero di piani ed identificazione delle funzioni/attività svolte ai piani, con esclusione di quelli che non godano delle condizioni normative di agibilità/abitabilità (solai, cantine, ecc.);
- presenza di piani seminterrati;
- presenza di piani interrati;
- categoria strutture secondo la norma UNI 9916;
- classe di fondazione secondo la norma UNI 9916.

Inoltre, se conosciuti, saranno riportati in nota eventuali altri parametri in grado di intervenire sulla propagazione, smorzamento e amplificazione delle vibrazioni tra sorgenti e ricettori (tipologie di fondazioni, spessori dei solai, inerzia della struttura portante dell'edificio, luce dei solai nei diversi locali, ecc.) e sulla criticità del ricettore (ad esempio, locali che in relazione alla loro destinazione comportino una maggiore sensibilità alle vibrazioni, eventuali dissesti rilevati, ecc.).

L'aggiornamento della scheda di inquadramento del ricettore sarà effettuato anche nel caso in cui il punto di monitoraggio sia rilocalizzato altrove.

4.3 CRITERI PER LA RILOCALIZZAZIONE DEI PUNTI

Nel caso in cui un punto di monitoraggio previsto dal PMA non soddisfi in modo sostanziale le caratteristiche richieste, sarà scelta una postazione alternativa con la stessa finalità di quella che andrà a sostituire, in accordo con il Responsabile Ambientale. La postazione alternativa dovrà essere scelta facendo riferimento al censimento completo dei ricettori per la componente Vibrazioni e individuando, tra i ricettori non ancora inseriti nella rete di monitoraggio, un punto che presenti caratteristiche analoghe a quello scartato (distanza dall'infrastruttura, caratteristiche del terreno e dell'edificio, intensità delle vibrazioni previste).

Qualora i sopralluoghi sul campo evidenziassero l'opportunità di rilocalizzare il punto di monitoraggio presso un ricettore non censito, dovrà essere preventivamente aggiornato il censimento dei ricettori, includendo il luogo individuato tra quelli censiti.

5 PARAMETRI DA MONITORARE

I parametri da monitoraggio sono scelti in funzione della loro significatività ai fini della stima dei possibili effetti, sulla Componente ambientale indagata, derivanti dalla realizzazione ed esercizio dell'opera in progetto.

La descrizione dettagliata dei parametri da monitorare e delle metodiche di misura di seguito riportata è stata tratta dal documento di PD RAAA-GNRL-PDG1-07.08.01 allo scopo di garantire l'applicazione delle medesime metodiche di misura e dunque garantire la confrontabilità dei risultati ottenuti.

5.1 INDICATORI

5.1.1 DEFINIZIONI

Si può pensare a una vibrazione come alla propagazione della perturbazione in un mezzo elastico che altera lo stato di quiete delle particelle del mezzo; il fenomeno vibratorio può essere quindi descritto e misurato tramite, alternativamente, una fra le tre seguenti grandezze fisiche:

- lo **spostamento**, grandezza vettoriale intesa come lo scostamento (misurato in m) dalla posizione di equilibrio, riferito ad una sistema di riferimento inerziale;
- la **velocità**, grandezza vettoriale (misurata in m/s) intesa come variazione dello spostamento

nell'unità di tempo;

- l'**accelerazione**, grandezza vettoriale (misurata in m/s^2) intesa come la variazione della velocità di vibrazione nell'unità di tempo.

Le norme tecniche di riferimento per la problematica del disturbo alla popolazione provocato dalle vibrazioni sono la norma UNI ISO 2631 (2008) «Vibrazioni meccaniche e urti - Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero» e la norma UNI 9614 (1990) «Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo».

La norma internazionale UNI EN ISO 8041 (2005) «Risposta degli individui alle vibrazioni - Strumenti di misurazione» stabilisce invece caratteristiche e requisiti della strumentazione per la misura delle vibrazioni.

Le norme sopra citate a proposito della valutazione del disturbo da vibrazioni (UNI ISO 2631 e UNI 9614) descrivono il fenomeno vibratorio utilizzando come grandezza fisica di riferimento l'**accelerazione** (generalmente indicata con il simbolo a).

il vettore spostamento	$\mathbf{s} = (s_x \quad s_y \quad s_z)$	misurato in m
il vettore velocità	$\mathbf{v} = (v_x \quad v_y \quad v_z)$	misurato in m/s
il vettore accelerazione	$\mathbf{a} = (a_x \quad a_y \quad a_z)$	misurato in m/s^2

Queste grandezze possono alternativamente essere espresse, invece che in m, m/s, m/s^2 , come livelli in dB rispetto a dei valori di riferimento, secondo le seguenti espressioni:

$$L_s = 20 \cdot \text{Log} \frac{s}{s_0} \quad s_0 = 10^{-12} m \quad \text{Livello di spostamento in dB}$$

$$L_v = 20 \cdot \text{Log} \frac{v}{v_0} \quad v_0 = 10^{-9} m/s \quad \text{Livello di velocità in dB}$$

$$L_a = 20 \cdot \text{Log} \frac{a}{a_0} \quad a_0 = 10^{-6} m/s^2 \quad \text{Livello di accelerazione in dB}$$

Poiché le vibrazioni sono caratterizzate da estrema variabilità dei valori istantanei, si rileva l'esigenza di individuare, su un dato intervallo temporale, un indicatore che sia sufficientemente rappresentativo del fenomeno. L'indicatore comunemente utilizzato è il valore quadratico medio.

Si definisce valore efficace o valore quadratico medio (RMS - Root Mean Square) di accelerazione, sul tempo di integrazione T come:

$$a_{RMS,T} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a(t)]^2 \cdot dt}$$

dove $a(t)$ è il valore istantaneo dell'accelerazione.

Il corrispondente livello di accelerazione RMS è definito come:

$$L_{RMS,T} = 10 \cdot \text{Log} \left[\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a(t)/a_0]^2 \cdot dt} \right]$$

In modo analogo vengono definiti anche i valori efficaci di velocità e spostamento.

Durante il monitoraggio saranno valutati, in un intervallo di tempo rappresentativo, l'accelerazione equivalente o il livello di accelerazione equivalente, ponderati secondo le curve definite nella norma UNI 9614 e definiti come:

$$a_{w,eq} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a_w(t)]^2 \cdot dt}$$

$$L_{w,eq} = 10 \cdot \text{Log} \left[\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a_w(t)/a_0]^2 \cdot dt} \right] \quad \text{dove}$$

$a_w(t)$ è l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza

T è la durata del rilievo.

Saranno inoltre riportati i valori di a in modulo, senza fattore di ponderazione. Si definisce a_{\max} e, analogamente, la versione ponderata $a_{w\max}$, il massimo tra i valori di accelerazione $a_{RMS,1}$ su tempo di integrazione pari ad un secondo, calcolato per tutti gli istanti che compongono il tempo di misura.

Per quanto riguarda i valori di velocità, si definisce $v_{\max,f}$ il valore massimo su una singola banda di frequenza riscontrato sull'intero tempo di misura. Tale valore è utile per il confronto con i criteri di accettabilità indicati negli allegati informativi alla norma UNI 9916 (Appendice B, prospetto IV).

Si definisce *valore di picco* (a_{wpeak}) la massima oscillazione in valore assoluto dell'accelerazione ponderata in frequenza; tale valore non è ricavato da una media integrale.

Si definisce *fattore di cresta* come il rapporto tra il valore di picco e il valore efficace, dove il valore efficace, secondo la norma UNI 9614, deve essere rilevato su un intervallo temporale di ampiezza superiore a 1 minuto.

5.1.2 INDICATORI DA RILEVARE

I valori di riferimento adottati dalla normativa tecnica per la valutazione del disturbo da vibrazioni arrecato alla popolazione all'interno degli edifici e per la valutazione del danno da vibrazioni agli edifici stessi sono espressi in termini di grandezze fisiche diverse, accelerazione nel primo caso e velocità nel secondo, e quindi non sono direttamente confrontabili.

Tuttavia è riconosciuto nella letteratura che la soglia della percezione del disturbo corrisponde a fenomeni vibratorii più lievi di quelli che possono arrecare effetti dannosi alle strutture. Pertanto è generalmente accettato che un fenomeno vibratorio in cui l'accelerazione non superi la soglia del disturbo alla popolazione non è in grado di raggiungere velocità tali da superare la soglia di riferimento per gli edifici.

Sulla base di questa premessa, il monitoraggio della componente Vibrazioni sarà realizzato adottando un approccio basato su due "step" successivi che potranno essere realizzati sia in presenza di operatore che con stazioni remote; gli step potranno essere attuati sia in forma successiva condizionale (lo step 2 viene attuato al superamento di condizioni determinate durante le rilevazioni dello step 1) sia in forma congiunta (vengono sempre attuate le valutazioni previste da entrambi gli step di monitoraggio). Gli step di approfondimento del monitoraggio delle vibrazioni sono di seguito sinteticamente descritti.

Step 1

- viene effettuato il monitoraggio delle vibrazioni lungo i tre assi utilizzando la strumentazione descritta al § 6. Il monitoraggio potrà essere svolto secondo una delle due modalità indicate al § 6.3 (misura di 24 ore non presidiata o esecuzione di almeno 3 misure presidiate della durata < 1 ora);
- si procede al confronto della grandezza caratteristica (accelerazione r.m.s. complessiva ponderata) con le soglie per il disturbo alla popolazione indicate dalla norma UNI 9614;
- l'operazione di confronto prevede che vengano attuate valutazioni di rispetto di valori di soglia prefissati, al superamento dei quali consegue l'obbligatoria attuazione dello step 2 di approfondimento del monitoraggio. Le azioni previste per lo step 2, su richiesta di Ra o su valutazione diretta di Oc, possono essere attuate anche in assenza di superamenti dei valori soglia;
- l'operazione di controllo prevista a conclusione dello step 1 consiste in:
 - nel caso in cui l'accelerazione determinata sia inferiore alla soglia per il disturbo della popolazione (norma UNI 9614) è da ritenersi che il fenomeno vibratorio monitorato si mantenga al di sotto dei valori di riferimento anche per quanto riguarda gli effetti sugli edifici e, pertanto, il monitoraggio è da considerarsi concluso, senza la necessità di effettuare ulteriori approfondimenti;
 - vengono assunte come soglie per il disturbo della popolazione i valori indicati nell'appendice della norma UNI 9614;
 - nel caso in cui l'accelerazione determinata sia superiore alla soglia per il disturbo della popolazione, si attua lo step 2 per un approfondimento di indagine teso a valutare il rispetto delle soglie della norma UNI 9916

Step 2

- si effettua un monitoraggio di approfondimento, con misura delle vibrazioni lungo i tre assi allo scopo di determinare le velocità associate al fenomeno vibratorio e di ottenere i parametri caratteristici (velocità di picco puntuale p.p.v. e velocità di picco di una componente puntuale p.c.p.v) da confrontare con i valori di riferimento per gli effetti sugli edifici, indicati dalla norma UNI 9916;
- in ragione della maggiore criticità della situazione monitorata, la misura sarà effettuata in modo presidiato ovvero con strumentazione in grado di consentire una verifica remota dei dati ovvero l'invio di segnali di allarme al superamento di soglie predeterminate.

In sintesi, per ciascun punto di monitoraggio è prevista l'acquisizione per ogni asse x, y, z di:

- time history del rilievo (a, a_w , v) con una risoluzione pari a 1 secondo;
- a_{wmax} , a_{max} , relativi all'intero periodo di registrazione;
- v_{max} (banda e valore) relativo all'intero periodo di registrazione: sarà riportato il valore massimo tra tutte le bande di frequenza, e la frequenza a cui è stato rilevato;
- predisposizione dello spettro di a per l'intero periodo di misura (spettro medio, spettro dei massimi); nel caso di misure da 24 ore, per i periodi di riferimento diurno e notturno;
- time history del rilievo, per tutte le bande di frequenza da 1 a 80 Hz, con risoluzione pari ad 1 secondo (dato di controllo, da non riportare nella scheda di misura).

Inoltre, la valutazione dei risultati dovrà comprendere l'analisi dei superamenti della soglia di sensibilità (che nella UNI 9614 è posta pari a $5 \cdot 10^{-3} m/s^2$ per l'asse z e $3.6 \cdot 10^{-3} m/s^2$ per gli assi x e y, riferiti ai valori di accelerazione ponderati in frequenza). Per ognuno di questi eventi, saranno riportati i seguenti dati:

- data e ora di inizio dell'evento;
- durata dell'evento;
- valori di a, a_w , a_{wmax} , $v_{max,f}$ (banda e valore), relativi all'intera durata dell'evento;
- a_{wpeak} e fattore di cresta, nel caso di evento impulsivo (esempio: battitura di pali);
- spettro di a per l'intero evento (spettro medio, spettro dei massimi).

5.1.3 INDICATORI ACUSTICI E CORRELAZIONE CON IL RUMORE SOLIDO

Le specifiche di monitoraggio non prevedono, già in sede di PD, di utilizzare indicatori acustici e correlazioni con il rumore solido, in quanto la maggior parte delle lavorazioni previste nella fase di cantiere avviene in superficie (o per mezzo di macchine, come ad esempio le palificatrici, che mantengono significative sorgenti di rumore in superficie) per cui un eventuale rumore solido (seppur rilevato all'interno degli edifici ricettori) sarebbe trascurabile rispetto al rumore aereo. In fase di esercizio invece, si prevedono sorgenti di rumore pseudocasuali (traffico) che, a differenza dei transiti ferroviari, non possono essere identificati come singoli eventi.

5.1.4 ALTRI INDICATORI

Durante l'esecuzione delle misure in campo devono essere rilevate una serie di informazioni complementari, che saranno inserite nel rapporto di misura:

- denominazione del ricettore e indirizzo;
- coordinate geografiche del punto di misura;
- fotografia del punto di misura;
- descrizione dell'esatto posizionamento della strumentazione di misura (nell'ambito dell'edificio: il piano; nell'ambito del piano: la stanza);
- tipo e caratteristiche delle sorgenti di vibrazione interagenti con il punto di monitoraggio;
- caratteristiche costruttive dell'edificio e delle fondazioni;
- lesioni agli edifici derivanti da cedimenti o altri dissesti e non/forse alle vibrazioni;
- traffico su infrastrutture stradali e ferroviarie;
- lavorazioni effettuate nei cantieri eventualmente prossimi alla stazione di misura e anomalie.

6 MODALITÀ OPERATIVE

6.1 STRUMENTAZIONE

6.1.1 DESCRIZIONE CATENA DI MISURA

La catena di misura si compone usualmente dei seguenti elementi:

- Accelerometri monoassiali/triassiali;
- Preamplificatore/Amplificatore di carica (se i trasduttori utilizzati non sono di tipo già preamplificato);
- Analizzatore di spettro in tempo reale con sistema di archiviazione dati;
- Strumentazione HW/Software per l'interpretazione dei dati.

Potranno essere utilizzati sensori triassiali oppure tre sensori monoassiali disposti secondo le tre componenti ortogonali di accelerazione utilizzando specifico supporto che ne garantisca l'ortogonalità.

Il sistema di acquisizione dati sarà dotato di ampia capacità di memoria in modo da poter acquisire fino a 24 ore di misura in continuo, salvando la time history alla risoluzione di 1 secondo per tutte le bande di terzo d'ottava da 1 a 80 Hz. A tale scopo, potrà essere utilizzato un PC portatile su cui memorizzare tutti i dati raccolti durante la misura.

Potrà essere utilizzata strumentazione "stand-alone", costituita da "involucro" contenente al proprio interno il trasduttore e tutta la catena di acquisizione, registrazione ed elaborazione del dato, ovvero strumentazione in grado di gestire contemporaneamente una rete di più sensori.

Nel caso di rilevazioni di lunga durata ovvero eseguita in situazioni di particolare criticità per la componente Vibrazione (es. scavi in adiacenza a edifici abitati), potrà essere utilizzata strumentazione che consenta il controllo e l'archiviazione remota dei dati nonché strumentazione in grado di inviare segnali di allarme al superamento di soglie predeterminate.

6.1.2 REQUISITI TECNICI

La strumentazione di misura deve rispondere alle norme IEC 184, IEC 222 e IEC 225, come indicato dalla norma UNI 9614. Nel rapporto di prova dovrà essere completamente descritta la catena di misura ed acquisizione dati e dovranno essere precisate le caratteristiche di risposta in frequenza del sistema di misura completo. Per ogni sensore e per il relativo circuito di condizionamento occorre siano definite e note le caratteristiche prestazionali, in particolare:

- curva di taratura;
- risposta in frequenza del sistema trasduttore + unità di condizionamento;
- campo di misura;
- sensibilità;
- linearità;
- precisione;
- tensione di alimentazione (se necessaria).

Le caratteristiche degli accelerometri di previsto utilizzo sono indicate in , valutati considerando le norme ISO 2631/1 e 2, UNI 9614 e UNI 9916.

Tab. 6 Caratteristiche degli accelerometri

Grandezza	Valore
Range di frequenza	1 ÷ 300 Hz
Range di misura	50 m/s ²
Risoluzione	≤ 0.1 mm/s ²
Linearità	≤ ± 1 %
Sensibilità trasversale	≤ ± 5 %

6.1.3 TARATURA E CALIBRAZIONE

La catena complessiva di misura (trasduttori, apparecchi per il condizionamento del segnale ed il sistema di acquisizione dati) utilizzata sarà corredata da certificato di taratura, non anteriore a 2 anni dalla misura, rilasciato da laboratorio qualificato. Il controllo periodico deve essere eseguito presso laboratori accreditati S.I.T. e deve comunque avvenire ogniqualvolta vi sia un evento traumatico per la strumentazione o la riparazione della stessa.

All'inizio e alla fine di ogni rilievo sarà eseguita la calibrazione della catena di misura, utilizzando appositi calibratori tarati. In caso di utilizzo di un sistema di registrazione e di riproduzione, i segnali di calibrazione devono essere registrati.

6.2 METODI DI MISURA

Sono riportate nei paragrafi seguenti le indicazioni sui metodi di misura da adottare, desunte prevalentemente dalla normativa tecnica di riferimento, in accordo con quanto riportato nel documento di PD RAAA-GNRL-PDG1-07-08-01.

6.2.1 SCELTA DELLA GRANDEZZA DA MISURARE

Il moto può essere misurato attraverso una qualunque delle grandezze cinematiche che lo caratterizzano (accelerazione, velocità, spostamento). Si deve però ricordare che:

- l'accelerazione è la grandezza normalmente utilizzata per la valutazione del disturbo alle attività umane;
- l'accelerazione è la grandezza più facilmente misurabile grazie alla disponibilità di strumenti (accelerometri) molto efficienti che possiedono sensibilità e risposta in frequenza adeguate e robustezza e facilità di impiego elevata;
- la velocità è la grandezza normalmente utilizzata per definire parametri e valori di riferimento nella valutazione del danno alle strutture, essendo direttamente legata all'energia cinetica. La strumentazione esistente presenta però dei limiti nella risposta alle basse frequenze.

Lo spostamento assoluto è di difficile misurazione e di scarso significato fisico ai fini della valutazione del danno. E' invece di interesse la misurazione di spostamenti relativi tra le parti strutturali (ad esempio tra i bordi di lesioni esistenti) perché possono essere indici della capacità del fenomeno vibratorio di produrre danno.

In virtù delle considerazioni esposte in precedenza ed evidenziate nei punti precedenti, si ritiene opportuno misurare direttamente l'accelerazione ed ottenere poi la velocità per integrazione. Nel rapporto di misura sarà riportata in dettaglio la descrizione del processo di integrazione (analogico o digitale) adottato.

In funzione di valutazioni specifiche relative alle vibrazioni che debbono essere monitorate, all'entità delle stesse, allo stato dei luoghi e di altre condizioni sito-specifiche, si potrà comunque procedere alla misurazione della velocità, ottenendo l'accelerazione per derivazione. In conseguenza di ciò, la strumentazione adottata potrà utilizzare come trasduttori per il monitoraggio delle vibrazioni accelerometri o velocimetri purché rispondenti ai requisiti fissati dalla Normativa Tecnica di riferimento

6.2.2 POSIZIONAMENTO DELLA STRUMENTAZIONE

La strumentazione sarà posta al piano più alto e nel locale abitativo nel quale sono prevedibili i livelli di vibrazione più elevati, preferibilmente in uno dei locali più sensibili al disturbo dovuto alle vibrazioni, come nella zona notte per le abitazioni. Gli accelerometri saranno fissati al centro dei solai.

6.2.3 CRITERI DI FISSAGGIO DEI TRASDUTTORI

Le modalità di fissaggio degli accelerometri devono consentire la fedele riproduzione del moto vibratorio dell'elemento sul quale essi sono fissati, senza che siano introdotte alterazioni del moto stesso imputabili al sistema di accoppiamento del trasduttore. Il sistema di fissaggio deve essere quindi quanto più rigido possibile.

Il fissaggio degli accelerometri agli elementi strutturali deve essere conforme alle indicazioni della norma UNI ISO 5348:2007 per quanto applicabile. Le modalità adottate dovranno essere indicate nel rapporto di prova.

Nei limiti del possibile devono essere evitati elementi di supporto del trasduttore; in ogni caso l'elemento di supporto deve potersi considerare rigido nel campo di frequenze tra 1 e 300 Hz. Il trasduttore può essere fissato all'elemento strutturale per mezzo di viti o resine incollanti ad essiccazione rapida ovvero può essere collocato su opportuno supporto dotato di massa significativamente superiore a quella del trasduttore stesso (es. piattello metallico).

Il fissaggio diretto del captatore è sempre preferibile. Sono ammessi il collegamento meccanico con vite, l'incollaggio ed il fissaggio magnetico, in ogni caso il metodo adottato non deve provocare alterazioni della grandezza da misurare nel campo di frequenza di interesse.

Devono essere evitate le misure su rivestimenti non rigidamente connessi alle strutture (es. moquette) o su pavimenti galleggianti.

6.2.4 CONDIZIONI METEOROLOGICHE E STAGIONALI PER L'ESECUZIONE DELLE MISURE

Per ciò che riguarda la propagazione delle vibrazioni non esiste una vera e propria stagionalità, se non quella derivante dalla fluttuazione del livello di falda, che può determinare variazioni nello spettro di emissione e nell'intensità vibrometrica, e dalla variazione di rigidità degli strati superficiali del terreno nei periodi di gelo invernali. E' pertanto sconsigliato procedere alle misure nei mesi in cui le temperature ambientali scendano sotto zero o qualora si osservino ristagni d'acqua nei terreni.

Oltre ai fattori climatici, i rilievi sono influenzati dalle variazioni cicliche dei flussi di traffico. Sono perciò escluse le misure in periodi anomali (giorni festivi e prefestivi, mese di agosto, ...).

Per quanto attiene le condizioni climatiche previste per il corretto funzionamento della strumentazione, deve essere verificato che alla temperatura d'utilizzo non intervengano fenomeni di deviazione della sensibilità degli accelerometri in relazione alla temperatura stessa.

Nel caso di fissaggio dell'accelerometro mediante cera d'api, la temperatura della massa alla quale viene fissato non deve superare i 40 °C.

6.3 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio è articolato in tre fasi distinte: *ante operam* (AO), *corso d'opera* (CO) e *post operam* (PO).

Le misure di monitoraggio per tutte e tre le fasi (AO, CO e PO), in conformità a quanto indicato in PD, saranno eseguite sempre nelle medesime postazioni, in modo da poter operare un confronto tra le diverse situazioni, salvo i casi previsti per la fase CO, illustrati nel seguito.

Sono previste sessioni di misura da 24 ore, ovvero più misure di breve durata (TM < 1 ora) distribuite nell'arco della giornata, allo scopo di individuare eventuali vibrazioni esistenti, sia in periodo diurno che in periodo notturno. In caso di condizioni di criticità per la componente Vibrazioni, il monitoraggio potrà essere esteso a più giorni di misura. Sarà effettuata una sola campagna di misura nelle fasi di monitoraggio AO e PO, mentre più rilevazioni saranno svolte in fase CO (una campagna all'anno).

In caso di ambienti non abitati potrà essere valutato, in accordo con il GMA, di eseguire le sole rilevazioni per la valutazione dei possibili danni materiali alle strutture, se ritenute necessarie, ovvero riposizionare il punto di misura presso altro ricettore.

In caso di ambienti abitati in cui siano presenti sorgenti e condizioni di utilizzo (attrezzature e attività) tali da determinare vibrazioni in grado di perturbare significativamente la misura, potrà essere scelto, in accordo con GMA, di riposizionare la misura stessa presso altro ricettore ovvero eseguire la misura con costante presidio dell'operatore che provveda a segnalare, su apposita scheda di misura, le condizioni di utilizzo interne all'edificio che hanno determinato i fenomeni vibratorii che debbono essere esclusi dalla misura. Trattandosi di condizioni di misura particolarmente impegnative, sempre in accordo con il GMA potrà essere valutato di effettuare, in alternativa alla rilevazione della durata di 24 ore, più rilevazioni di durata inferiore (tempo di misura < 60 minuti), presidiate da operatore. Tali misure dovranno essere ripetute per almeno tre volte nell'arco della giornata, di cui almeno 1 eseguita in periodo notturno.

6.3.1 FASE AO

Le condizioni generali di misura (durata e tipologia delle misure) sono quelle riportate nella parte introduttiva delle modalità di monitoraggio.

Per la fase AO, il PD prevede l'esecuzione di una sola misurazione per ciascuna delle stazioni di misura individuate.

Ogni misura eseguita nella fase AO sarà corredata dalle informazioni necessarie per la caratterizzazione del suolo e del sottosuolo, con l'individuazione del livello di falda. A tale scopo potrà essere richiesta la collaborazione e l'eventuale presenza in campo di un esperto per componente suolo e sottosuolo.

Nel corso della misura saranno acquisiti anche tutti i dati necessari a completare la scheda ricettore nelle parti relative alle informazioni interne all'edificio (presenza locali interrati, ecc.), le informazioni relative all'origine di

eventuali fenomeni vibratorii rilevati e agli eventuali danni strutturali preesistenti l'avviamento dell'opera.

Si richiede inoltre particolare attenzione nella descrizione del luogo e delle modalità di posizionamento dei sensori (ambiente, punto in cui sono stati collocati i trasduttori, ecc.), in modo da poter operare nello stesso modo nelle successive fasi di monitoraggio.

6.3.2 FASE CO

A differenza delle fasi AO e PO, in cui le emissioni di vibrazioni sono dovute principalmente a traffico veicolare ordinario e/o ad attività agricole o industriali che già insistono sull'area e che si ripetono con una certa periodicità durante tutto l'arco dell'anno, in CO l'impatto vibrazionale è legato alle diverse fasi di cantiere, che sono regolate dal cronoprogramma dei lavori e che si susseguono nel tempo senza ripetersi una volta completata l'opera o la fase di attività che generava tali vibrazioni.

In completa ottemperanza a quanto previsto dal PD, il monitoraggio dei ricettori durante le attività di costruzione dell'opera sarà eseguito in stretta correlazione con il cronoprogramma dei lavori e vedrà un diretto coinvolgimento del RA nella definizione delle sessioni di misura.

Per ogni punto di rilevamento, su cui sia stato eseguito il monitoraggio AO, si prevede una sessione di misura per ogni anno di cantierizzazione. Le sessioni di misura dovranno comprendere come minimo una intera giornata di lavorazione del cantiere; nel caso in cui il cantiere, o le attività collegate ad esso, si protraggano eccezionalmente anche nelle ore notturne, la sessione di misura si estenderà per tutte le 24 ore, secondo le modalità e cautele indicate nella premessa al presente capitolo dedicato alle modalità di monitoraggio.

La scelta del momento più opportuno per l'esecuzione delle misure sarà fatta dal RA che, in base al cronoprogramma dei lavori, identificherà la fase più critica per il ricettore in esame (esempio: battitura pali, palancolate, etc.).

In particolare, per alcuni ricettori potrebbe verificarsi, in determinati anni di CO, l'assenza di lavorazioni impattanti (assenza di traffico pesante a distanza inferiore a 50 metri, assenza di lavorazioni sul suolo entro un raggio di 50-500 metri in funzione del tipo di attività e del terreno interessato). In queste situazioni, il RA provvederà ad annullare le misure di monitoraggio previste sui ricettori suddetti, utilizzando le risorse liberate per intensificare i rilievi presso altri ricettori su cui, nell'anno specifico, il cronoprogramma dei lavori preveda una concentrazione delle attività di cantiere. In ogni caso, il numero annuo di misure eseguite in fase di CO sarà maggiore o uguale al numero annuo previsto dal PMA.

Per quanto riguarda il traffico di cantiere, si ricorda che il progetto prevede l'utilizzo della viabilità fuori dal tracciato autostradale soltanto in una fase iniziale; successivamente, saranno attive le piste di cantiere a fianco dell'autostrada. Inoltre, l'impatto dovuto al transito provvisorio di mezzi mobili difficilmente determina danni alle strutture, risolvendosi al massimo nel disturbo alle attività umane, disturbo che si esaurisce al termine dei transiti.

Le precedenti considerazioni inducono a concentrare l'attenzione sui ricettori in prossimità dell'opera, che saranno interessati sia dalle attività di costruzione che dal traffico dei mezzi pesanti; non sono stati quindi individuati punti di monitoraggio specifici per i percorsi cava-cantiere provvisori attivi in fase iniziale.

La pianificazione dei rilievi dovrà essere effettuata in modo da distribuire nel tempo le misure omogeneamente su tutta la lunghezza del tracciato, anziché procedere progressivamente dalla prima all'ultima chilometrica. Si eviterà dunque di concentrare tutti i rilievi temporalmente vicini in ambiti spazialmente vicini, adottando una tecnica di campionamento alternato dei cantieri.

6.3.3 FASE PO

Le condizioni generali di misura (durata e tipologia delle misure) sono quelle riportate nella parte introduttiva delle modalità di monitoraggio.

Il PD per la fase PO prevede l'esecuzione di un solo ciclo di misurazioni da effettuarsi presso le stazioni di misura già utilizzate per la fase AO e CO. I rilievi saranno confrontati con le misure corrispondenti effettuate in fase AO.

6.4 MODALITÀ DI CONDUZIONE DELLE ATTIVITÀ DI CAMPO

Le operazioni di campionamento dovranno essere effettuate in conformità a quanto definito nel documento di PD "RAAA-GNRL-PDG1-07.08.01" i cui contenuti specifici si recepiscono in fase di PE e si riportano nel seguito.

6.4.1 SOPRALLUOGO

Le attività di sopralluogo sono analoghe a quanto descritto nel capitolo 4.2, e saranno eseguite una sola volta per ogni punto di monitoraggio, salvo che in fase di apprestamento della misura si verifichi l'insorgenza di

difformità rispetto a quanto accertato durante il primo sopralluogo.

6.4.2 ATTIVITÀ DI MISURA

SCelta DEL PERIODO DI MISURA

Poiché l'impatto da vibrazioni, una volta che le sorgenti hanno cessato la loro azione (es. infissione palancole o pali) può lasciare comunque tracce sugli edifici che difficilmente sono riconducibili a posteriori all'effetto di specifiche sorgenti, per un corretto svolgimento del monitoraggio è essenziale la scelta del tempo di misura.

Le misure di AO e PO rilevano prevalentemente l'impatto da traffico veicolare, per cui queste rilevazioni di monitoraggio saranno svolte nei giorni da lunedì a venerdì, in cui è più intenso il traffico pesante e quello dovuto a spostamenti per lavoro.

Le misure CO devono invece rilevare l'impatto delle attività di cantiere, ed è quindi fondamentale che le misure si svolgano quando i cantieri sono in piena attività, ed in corrispondenza delle lavorazioni più impattanti; a ciò consegue che il GMA lavorerà in stretto contatto con la direzione di cantiere e sarà sempre aggiornato sulle variazioni del cronoprogramma delle attività in modo da posizionare le postazioni di misura nei tempi e nei luoghi più opportuni.

POSIZIONAMENTO DELLA STRUMENTAZIONE

Una volta determinato il punto di monitoraggio ed il periodo di misura, l'operatore si recherà nel luogo individuato nel corso dei sopralluoghi per l'installazione della postazione di rilevamento. Prima di raggiungere il ricettore si avrà cura di avvisare i proprietari (o gli occupanti) dell'edificio, in modo da ottenerne il consenso e l'eventuale appoggio logistico.

In base alla durata prevista per la misura, sarà adeguatamente dimensionato il sistema di alimentazione dello strumento, ricorrendo a batterie esterne di lunga durata e, se necessario, prevedendo un allacciamento alla rete elettrica. Analogamente, in base ai parametri da acquisire, alla frequenza di memorizzazione e alla durata del rilievo, sarà opportuno calcolare il tempo necessario a riempire la memoria dello strumento. I calcoli suddetti consentiranno di pianificare eventuali interventi di sostituzione delle batterie e scarico della memoria, evitando indesiderate interruzioni della misura.

Prima di iniziare la misura, si provvederà alla calibrazione dello strumento. Sarà raccolta documentazione fotografica sulla postazione allestita, avendo cura di inquadrare sia lo strumento sia il ricettore esaminato (luogo in cui avviene la misura).

La documentazione sul posizionamento della strumentazione deve essere particolarmente dettagliata, poiché il risultato dei rilievi può variare considerevolmente da un ambiente all'altro dell'edificio e anche per diverse posizioni all'interno dello stesso ambiente; di conseguenza, sarà posta particolare attenzione a questo aspetto:

- nella fase AO, per consentire il riposizionamento degli strumenti nelle fasi successive di CO e di PO;
- nelle fasi successive, per verificare che si siano ricreate le stesse condizioni di misura delle fasi precedenti, in modo da poter eseguire un confronto significativo.

ERRORI COMUNI DA EVITARE

I trasduttori non devono essere fissati vicino o in corrispondenza di punti singolari come fessure di grossa entità, di punti di infiltrazione d'acqua o di porte di ventilazione.

Un inconveniente tipico che si può verificare nelle misure di vibrazione è il disturbo elettrico alla frequenza di 50 Hz, che è facilmente rilevabile nell'analisi in frequenza ma ha una intensità tale da mascherare completamente sia fenomeni rilevati a certe bande che i livelli di accelerazione globale. Questo disturbo può essere dovuto ai seguenti fenomeni:

- "Ground loop": può verificarsi quando l'accelerometro e lo strumento di acquisizione dati, collegati da un cavo schermato, sono messi a terra separatamente. Per evitare questo fenomeno è opportuno interrompere il ciclo isolando elettricamente la base dell'accelerometro, ad esempio fissandolo su apposita cera;
- rumore triboelettrico indotto dal movimento del cavo di collegamento (falsi segnali elettrici dovuti agli spostamenti del cavo e dei conduttori interni ad esso); può essere evitato usando un cavo appesantito o fissando accuratamente il cavo al terreno con nastro adesivo;
- rumore elettromagnetico indotto dal funzionamento di macchinari in prossimità della strumentazione; generalmente questo inconveniente viene risolto utilizzando cavi a doppia schermatura.

Un altro aspetto cui fare attenzione sono le vibrazioni provenienti dall'interno degli edifici:

- elettrodomestici in funzione o che possono attivarsi durante il periodo di misura;

- movimenti di persone o cose nel locale di misura o nei locali adiacenti.

I fenomeni suddetti possono essere limitati specificando ai fruitori dell'edificio in esame quali siano i comportamenti da evitare per non invalidare la misura. Inoltre, nel caso di misure non sorvegliate, è opportuno attivare la registrazione audio al superamento di determinate soglie ovvero applicare le cautele di misura indicate al §6.3 (riposizionamento misura, adozione di metodica di rilevazione presidiata, ecc.).

6.5 MODALITÀ DI CONDUZIONE DELLE ATTIVITÀ IN SEDE

L'attività di misura in campo prevede una organizzazione preliminare che passa attraverso l'analisi del pro-gramma acquisito dal GMA e la preparazione di tutto il materiale necessario per le misure. L'attività successiva a quella di campo richiede che tutti i dati siano organizzati, che le analisi siano effettuate nel minor tempo possibile e che l'Oc inserisca tutti i dati del SIT per permetterne al GMA l'analisi e la validazione.

Le figure coinvolte in tale attività sono l'Oc, il GMA, il referente per le attività di costruzione.

Tale attività è ancor più importante nella fase CO per poter controllare le potenziali interferenze e poterle correlare alle lavorazioni svolte; è responsabilità del GMA acquisire tutte le informazioni necessarie per la programmazione dell'attività di monitoraggio.

6.5.1 ATTIVITÀ PREVENTIVA ALL'USCITA IN CAMPO

Di seguito viene illustrato il flusso decisionale delle attività di misura:

- il GMA acquisisce l'aggiornamento della programmazione di cantiere;
- il GMA decide il programma delle attività di monitoraggio;
- il GMA comunica il piano di monitoraggio agli Oc;
- l'Oc conferma la fattibilità dei rilievi richiesti;
- il GMA avvisa gli enti di controllo del possibile programma di rilievi;
- il GMA richiede conferma dell'esecuzione del rilievo il giorno precedente;
- il GMA conferma la data del rilievo all'ente di controllo il giorno precedente.

Successivamente a tale iter segue l'uscita sul campo per la realizzazione dell'attività di monitoraggio.

6.5.2 ATTIVITÀ SUCCESSIVA ALL'USCITA IN CAMPO

Una volta rientrato in sede l'Oc provvede a sviluppare le azioni di seguito sinteticamente illustrate:

- comunicherà l'esito del monitoraggio al GMA;
- invierà i primi dati di sintesi al GMA tramite il SIT ;
- elaborerà i risultati della misura e compilerà la scheda di misura completa;
- invierà tutti i dati di sintesi non ancora trasmessi a GMA tramite il SIT; contestualmente sarà caricata nel SIT la scheda di misura completa in ogni sua parte.

Non appena i dati saranno disponibili sul SIT il GMA procederà alla valutazione ed analisi degli stessi.

6.6 ANALISI DEI DATI E AZIONI CONSEGUENTI

La valutazione dei dati risulta particolarmente complessa anche in considerazione del fatto che allo stato attuale non esiste una legislazione nazionale cui fare riferimento per l'adozione di provvedimenti specifici e che non esiste una esatta relazione di causa-effetto sul disturbo alle attività umane o sul danno agli edifici rispetto alle sorgenti di vibrazioni ma esistono anche situazioni specifiche e locali che possono risentire di specifici effetti di disturbo.

Per una prima analisi dei dati sarà eseguito un confronto con le tabelle desunte dalla normativa tecnica. L'individuazione di superamenti rispetto ai valori tabellari comporta preliminarmente una verifica della corretta esecuzione del campionamento e dell'analisi. Successivamente a questo si prevede quanto segue, distinguendo tra loro le attività svolte durante le diverse fasi di monitoraggio:

- Fase AO: acquisizione di tutti i dati bibliografici disponibili per verificare se tali superamenti sono connessi a situazioni pregresse o sono caratteristiche proprie dell'area o ad attività svolte recentemente non rilevate durante il censimento e che hanno compromesso la qualità ambientale dei siti prima dell'inizio delle attività di costruzione.
- Fase CO: è questa la fase in cui l'analisi del dato è fondamentale ed ha lo scopo di valutare l'impatto

delle attività di cantiere sui ricettori circostanti in merito alla matrice vibrazioni. La struttura del monitoraggio, così come applicata alla fase di cantiere, monitora da vicino le cause di possibile impatto. Non solo: la presenza continua degli Ac, cui è anche affidata la gestione del sistema di monitoraggio, permette di essere costantemente informati sia sul buon funzionamento dello strumento, sia su quanto avviene in prossimità del punto di monitoraggio. I valori di riferimento proposti dalla normativa tecnica potranno essere utili riferimenti, ma non dovranno essere considerati come unico sistema di analisi dei dati in considerazione del fatto che non tutte le attività umane hanno la stessa sensibilità alle vibrazioni e che, soprattutto per quanto riguarda il danno agli edifici, i valori misurati devono essere accompagnati da un esame delle caratteristiche strutturali specifiche del ricettore e da una attenta osservazione di eventuali fenomeni di danneggiamento in atto o progressi, più o meno correlati con le attività di costruzione dell'opera.

- Fase PO: non si prevede che l'esercizio dell'infrastruttura possa comportare impatti di qualche rilievo sugli edifici, mentre è possibile che, per i ricettori nelle immediate vicinanze del tracciato, si verifichino fenomeni di lieve disturbo alle attività umane. Di conseguenza, in caso di superamenti dei valori di riferimento si indagherà se le vibrazioni dipendano in tutto o in parte da altre sorgenti non connesse con l'esercizio dell'opera.

Il percorso di analisi del dato sarà effettuato da GMA che, nella funzione del Ra, potrà, qualora lo ritenga necessario, richiedere chiarimenti:

- agli Oc/Ac: per verificare che non vi siano stati errori nelle fasi di acquisizione, elaborazione o trasmissione dei dati;
- agli Ac: per verificare le attività connesse al progetto svolte nell'area indagata, le eventuali evidenze emerse durante i rilievi, le condizioni delle aree limitrofe al sito di indagine;
- referenti per la costruzione: per verificare le modalità di conduzione durante le attività di costruzione e di dismissione della stessa.

A seguito delle informazioni acquisite, il Ra potrà:

- programmare altri campionamenti, anche su un'area più ampia di quella strettamente connessa con il punto di monitoraggio;
- integrare le analisi da effettuare;
- proporre modifiche alle modalità di costruzione;
- proporre la sospensione delle attività di costruzione.

Le eventuali soglie di ammissibilità/non ammissibilità e di allarme saranno stabilite di concerto con gli organi di controllo coinvolti; con tali enti saranno definite in modo completo le modalità di analisi dei dati.

7 LOCALIZZAZIONE E TEMPISTICA DEI RILIEVI

I punti di monitoraggio sono stati ubicati in conformità alle indicazioni contenute nel documento RAAA-GNRL-PDG1-07-08-01. I punti di monitoraggio sono stati ricavati dalle tavole di PD e riportati negli specifici elaborati di PE RAAA1EIGEPM00GPL008C e RAAA1EIGEPM00GPL008C.

Il PMA di PD prevedeva per l'intero tracciato 10 stazioni di monitoraggio dei quali solamente 3 ricadono all'interno del ambito di interesse del lotto 1 dell'opera.

Le prescrizioni operative contenute nel documento di riferimento di PD RAAA-GNRL-PDG1-07-08-01 individuano tre stazioni di misura da monitorarsi con un singolo rilievo in fase AO e PO mentre le rilevazioni sono da ripetersi con cadenza annuale in sede di CO.

Nella tabella seguente sono indicati i punti presso cui il PMA prevede l'esecuzione delle campagne di monitoraggio per la componente Vibrazioni.

Tab. 7 Individuazione dei punti di monitoraggio della componente Vibrazioni

Codice	Comune	Prov.	Reg.	H max	N. piani	X	Y	pk
MVIB0025	Fontevivo	Parma	Emilia Romagna	8	3	1597175	4968522	00+300
MVIB0030	Fontanellato	Parma	Emilia Romagna	7	2	1597220	4969169	00+550
MVIB0045	Trecasali	Parma	Emilia Romagna	6	2	1599211	4971178	03+100

7.1 RILIEVI ANTE OPERAM

Non sono stati eseguiti rilievi in fase AO. E' dunque necessario effettuare le seguenti attività:

- predisposizione di tre stazioni di misura: MVIB0025, MVIB0030 e MVIB0045
- esecuzione di un rilievo delle vibrazioni, secondo le specifiche riportate al capitolo 6, presso ciascuna delle stazioni

Totale: 3 rilievi vibrazioni

7.2 RILIEVI IN CORSO D'OPERA

Durante la fase CO le attività di monitoraggio della componente prevedono l'esecuzione di un rilievo annuale delle vibrazioni presso ciascuna delle stazioni individuate in fase AO, salvo rilocalizzazione del punto di misura in funzione delle attività di cantiere in essere presso la stazione nel corso dell'anno oggetto del monitoraggio.

E' dunque necessario effettuare le seguenti attività:

- esecuzione di un rilievo delle vibrazioni, secondo le specifiche riportate al capitolo 6, presso ciascuna delle stazioni individuate in fase AO, salvo rilocalizzazione.

Totale: 3 rilievi vibrazioni/anno

7.3 RILIEVI POST OPERAM

Durante la fase PO le attività di monitoraggio della componente prevedono l'esecuzione di un rilievo delle vibrazioni presso ciascuna delle stazioni individuate in fase AO.

E' dunque necessario effettuare le seguenti attività:

- esecuzione di un rilievo delle vibrazioni, secondo le specifiche riportate al capitolo 6, presso ciascuna delle stazioni individuate in fase AO.

Totale: 3 rilievi vibrazioni

8 STRUTTURA ORGANIZZATIVA PER L'ESECUZIONE DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE

Per la definizione della struttura organizzativa del PMA si rimanda all'elaborato di PE RAAA1EIGEPM00GRE001D , in particolare al capitolo "*Struttura organizzativa preposta all'effettuazione del monitoraggio ambientale*".

9 ANALISI E RESTITUZIONE DEI DATI

Nel corso del monitoraggio saranno rese disponibili le seguenti informazioni:

- Schede di misura
- Relazioni di fase in AO e PO
- Relazioni annuali in CO
- Dati strutturati e/o non strutturati sul SIT

9.1 TEMPISTICA DI RESTITUZIONE

9.1.1 RESTITUZIONE DATI DEL MONITORAGGIO AO

Le indagini preliminari, i sopralluoghi, l'installazione delle postazioni e tutti i rilievi in campo saranno eseguiti prima dell'inizio delle attività di cantiere.

Per ogni postazione è prevista una campagna di misura secondo la metodica prevista; al termine del monitoraggio AO sarà completamente configurato il sistema di conoscenze sullo stato iniziale dell'ambiente.

I risultati della campagna di monitoraggio saranno inseriti sul SIT e messi a disposizione del GMA per i successivi step di validazione; per ogni rilievo, l'aggiornamento del SIT avverrà al termine delle attività di redazione del rapporto di misura; nel caso in cui il SIT non fosse ancora a regime, saranno predisposti opportuni file pronti per essere inseriti sul SIT alla sua attivazione.

E' prevista una relazione finale sullo stato iniziale dell'ambiente, con allegate tutte le schede di misura, da consegnarsi al termine del monitoraggio AO. Tale relazione contribuirà alla stesura del Rapporto sullo stato dell'ambiente della fase AO, redatto da Ra ed emesso entro due mesi dalla conclusione di tutte le attività di monitoraggio relative a tale fase. All'interno di tale relazione sarà specificato, da parte di personale competente in materia geotecnica e di ingegneria civile delle strutture, lo stato degli edifici sede di monitoraggio in merito all'esistenza di lesioni e/o danni strutturali pregressi.

9.1.2 RESTITUZIONE DATI DEL MONITORAGGIO IN CO

Il monitoraggio nella fase di CO è quello che richiede la maggiore tempestività nella restituzione dei dati, al fine di consentire un efficace intervento da parte del Ra laddove si riscontrassero situazioni di criticità. Il rapido accesso ai dati sarà assicurato dal SIT, che consentirà al Ra di gestire in tempo reale l'acquisizione ed il processo di validazione delle misure di monitoraggio; una volta validati dal Ra, i dati saranno disponibili per i successivi step di validazione.

Al termine di ogni anno solare, il Rs redigerà una relazione annuale di monitoraggio per la componente vibrazioni, che dovrà contenere:

- analisi dei rilievi effettuati (sulla base delle procedure concordate con gli enti di controllo) correlata da tutte le schede di misura complete;
- evidenza degli eventuali superamenti dei limiti;
- resoconto degli eventuali fermi di cantiere dovuti all'impatto delle vibrazioni (disturbo alle attività umane o danneggiamenti agli edifici) e dei provvedimenti di mitigazione adottati per proteggere i ricettori.

Per ogni anno solare, la relazione annuale di monitoraggio dovrà essere resa pubblica entro il 28 febbraio dell'anno successivo. Tale relazione contribuirà alla stesura del Rapporto annuale sullo stato dell'ambiente, redatto

da Ra ed emesso entro il 31 marzo di ogni anno. In questa fase Rs dovrà elaborare documenti sintetici qualora Ra lo richieda per disporre di una visione complessiva dello stato ambientale.

All'interno della relazione annuale sarà specificato, da parte di personale competente in materia geotecnica e di ingegneria civile delle strutture, lo stato degli edifici sede di monitoraggio in relazione all'insorgenza di danni o lesioni presso gli edifici monitorati ovvero all'evoluzione di lesioni e/o danni strutturali pregressi. Qualora il monitoraggio evidenziasse livelli di vibrazioni superiori ai limiti fissati dalla norma ISO 9916 (danni alle strutture), si dovrà provvedere all'emissione di una relazione specifica di restituzione dei dati, i cui risultati dovranno essere ripresi all'interno della relazione annuale di commento al monitoraggio.

9.1.3 RESTITUZIONE DATI DEL MONITORAGGIO PO

Il monitoraggio PO sarà eseguito durante il secondo anno di esercizio dell'infrastruttura, in modo da rilevare l'impatto vibrazionale con il traffico a regime. I rilievi dovranno essere eseguiti nel trimestre in cui la strada è maggiormente utilizzata; tale periodo (presumibilmente coincidente con la fine della primavera) sarà stabilito con maggiore esattezza anche in base ai dati di traffico rilevati nel primo anno di esercizio.

I dati saranno restituiti nell'ambito di una relazione PO che dovrà contenere:

- analisi dei rilievi effettuati, corredata da tutte le schede di misura complete;
- identificazione degli eventuali ricettori per cui sia stato rilevato disturbo ai ricettori o potenziale danno agli edifici, in tal caso sarà valutata l'opportunità di prevedere ulteriori interventi di bonifica.

Per ogni anno solare, la relazione annuale di monitoraggio dovrà essere resa pubblica entro il 28 febbraio dell'anno successivo. Tale relazione contribuirà alla stesura del Rapporto annuale sullo stato dell'ambiente, redatto da Ra ed emesso entro il 31 marzo di ogni anno. Rs dovrà elaborare documenti sintetici qualora Ra lo richieda per disporre di una visione complessiva dello stato di qualità dei corsi d'acqua e degli interventi realizzati.

Tutti i dati di sintesi delle misure saranno inoltre inseriti nel SIT, a completamento della banca dati di monitoraggio sul progetto.

9.2 DETTAGLIO DELLA DOCUMENTAZIONE PRODOTTA

9.2.1 SCHEDA DI MISURA

Per ogni rilievo eseguito nell'ambito del monitoraggio ambientale sarà redatta una scheda di misura, composta da:

- una pagina di intestazione, in cui sono riportate le informazioni di inquadramento generale;
- una pagina contenente i dati di riepilogo della misura e degli eventi rilevati;
- una pagina di time history di accelerazione per i 3 assi;
- una pagina di time history di velocità per i 3 assi;
- una pagina di grafici globali per ogni asse, contenente la time history dell'accelerazione ponderata e gli spettri di accelerazione media e massima;
- una pagina di dettaglio per ogni evento rilevato, in cui sono riportate, per l'asse interessato dal superamento, la time history dell'accelerazione ponderata e gli spettri di accelerazione media e massima.

Negli spettri elaborati sarà sovrapposta la curva indicata dalle norme ISO 2631 per la soglia di sensibilità umana tra 1-80 Hz e quella caratteristica degli ambienti di lavoro. Ciò potrà essere utile per ottenere indicazioni sul possibile disturbo al riposo e alle attività dell'uomo.

Il formato della scheda di misura è riportato in allegato.

La scheda di misura sarà firmata dal personale tecnico che ha realizzato la misura e consegnata al Ra; sarà inoltre messa a disposizione sul SIT come allegato informatizzato.

Al fine di verificare la compatibilità dei livelli vibrazionali indotti dalle attività di cantiere con i limiti di normativa per il danneggiamento sugli edifici, in sede di monitoraggio in fase CO dovrà essere anche valutato lo spettro di vibrazione ai ricettori in termini di velocità di vibrazione (ISO 4866 o DIN 4150).

Allo scopo di consentire il riconoscimento ed il riallestimento dei punti di misura nelle diverse fasi del monitoraggio, saranno effettuate riprese fotografiche durante la realizzazione delle misurazioni, le quali consentiranno una più immediata individuazione e localizzazione delle postazioni di rilevamento.

9.2.2 RELAZIONE AO

Al fine di illustrare i risultati delle attività preliminari di acquisizione dati, dei sopralluoghi effettuati, delle campagne di misura compiute e delle elaborazioni sui dati, sarà redatta una relazione di fase AO strutturata

secondo lo schema seguente.

CAPITOLO 1: Generalità

- Identificazione dell'area di indagine
- Descrizione degli obiettivi delle attività svolte
- Descrizione della tempistica di esecuzione delle attività
- Struttura organizzativa che ha svolto le attività di monitoraggio

CAPITOLO 2: Normativa e dati pregressi

- Normativa: descrizione della normativa di riferimento. In particolare, saranno evidenziati eventuali aggiornamenti normativi intervenuti dalla redazione del piano di monitoraggio.
- Dati pregressi: descrizione della documentazione acquisita per la redazione del documento. In particolare, saranno riportati tutti i risultati delle misure eseguite precedentemente alla realizzazione dell'opera, e che possono essere utili a caratterizzare l'area studiata. Tali misure, a disposizione delle autorità di controllo, saranno incluse nella documentazione anche se non esplicitamente eseguite ai fini del monitoraggio dell'opera stessa. Saranno riportate tutte le informazioni disponibili relativamente a lesioni e dissesti provocati alle strutture precedentemente all'avviamento dell'opera, con particolare attenzione agli edifici tutelati. Infine, saranno analizzate le informazioni contenute nel SIA.

CAPITOLO 3: Attività di monitoraggio

- Modalità di effettuazione delle misure
 - Strumentazione:
 - caratteristiche e i modelli degli strumenti utilizzati per l'effettuazione delle misure;
 - catene di misura utilizzate;
 - caratteristiche e i modelli degli strumenti utilizzati per l'elaborazione dei dati;
 - schede tecniche della strumentazione adottata.
 - Taratura periodica:
 - elenco degli strumenti che sono soggetti a taratura periodica;
 - per ognuno di questi strumenti, nome del laboratorio SIT e la data di taratura.
 - Calibrazione:
 - elenco degli strumenti soggetti a calibrazione;
 - descrizione del calibratore utilizzato;
 - descrizione delle operazioni necessarie alla calibrazione e del procedimento seguito.
 - Modalità di misura. Per ogni tipologia di misura, saranno descritti:
 - la durata della misura;
 - le modalità di acquisizione dati;
 - i parametri misurati;
 - la frequenza con cui vengono effettuate le misure.
- Punti di monitoraggio: elenco dei punti e delle aree soggette a monitoraggio nella fase.
- Sopralluoghi e posizionamento della strumentazione.
 - Caratterizzazione dei punti facendo riferimento alla schede di inquadramento.
 - Descrizione delle modifiche apportate al PMA con indicazione delle motivazioni e delle conseguenze.
 - Descrizione dei criteri generali con cui è stata scelta l'ubicazione della strumentazione facendo riferimento alle schede compilate per ogni punto di monitoraggio.
- Risultati:
 - Sintesi, valutazione e commento dei risultati ottenuti.
 - Per ogni punto di monitoraggio e per ogni campagna di misura, sintesi degli indicatori rilevati per la verifica di conformità con i limiti di legge (in assenza di legislazione, confronto con i criteri ISO 9614 e ISO 9916); evidenza dei casi di superamento.
 - Tabella di confronto con i limiti di legge per ogni punto di monitoraggio ed esiti dell'analisi dei dati condotta anche secondo le indicazioni degli Enti di controllo
 - Condizioni particolari che possono avere influenzato le misure.

- Anomalie che si sono verificate durante le campagne di misura.

CAPITOLO 4: Riferimenti

- Elenco della documentazione bibliografica e dei documenti di progetto utilizzati e citati.

ALLEGATI:

- Schede di misura: l'allegato riporterà le schede compilate durante le operazioni di misura e successive elaborazioni secondo quanto indicato nelle specifiche del PMA
- Certificati di taratura: sarà riportata copia dei certificati di taratura per tutti gli strumenti utilizzati.

9.2.3 RELAZIONE CO

Al fine di fornire una sintesi dei dati acquisiti, delle elaborazioni ed analisi effettuate nell'anno di riferimento, una valutazione dell'efficacia delle misure di mitigazione previste in fase di progetto e di quelle eventualmente introdotte a seguito delle risultanze del monitoraggio stesso, saranno redatte relazioni annuali durante le fasi CO, strutturate come segue.

CAPITOLO 1: Generalità

- Identificazione dell'area di indagine
- Descrizione degli obiettivi delle attività svolte
- Descrizione della tempistica di esecuzione delle attività
- Struttura organizzativa che ha svolto le attività di monitoraggio

CAPITOLO 2: Normativa e dati pregressi

- Descrizione della normativa di riferimento e della documentazione acquisita per la redazione del documento. In particolare, saranno evidenziati eventuali aggiornamenti normativi intervenuti dalla redazione del piano di monitoraggio.

CAPITOLO 3: Attività di monitoraggio

- Modalità di effettuazione delle misure
 - Strumentazione:
 - caratteristiche e i modelli degli strumenti utilizzati per l'effettuazione delle misure;
 - catene di misura utilizzate;
 - caratteristiche e i modelli degli strumenti utilizzati per l'elaborazione dei dati;
 - schede tecniche della strumentazione adottata.
 - Taratura periodica:
 - elenco degli strumenti che sono soggetti a taratura periodica;
 - per ognuno di questi strumenti, nome del laboratorio SIT e la data di taratura.
 - Calibrazione:
 - elenco degli strumenti soggetti a calibrazione;
 - descrizione del calibratore utilizzato;
 - descrizione delle operazioni necessarie alla calibrazione e del procedimento seguito.
 - Modalità di misura. Per ogni tipologia di misura, saranno descritte:
 - la durata della misura;
 - le modalità di acquisizione dati;
 - i parametri misurati;
 - la frequenza con cui vengono effettuate le misure.
- Punti di monitoraggio: elenco dei punti e delle aree soggette a monitoraggio nella fase.
- Sopralluoghi e posizionamento della strumentazione.
 - Caratterizzazione dei punti che non sono stati oggetto di sopralluoghi in fase AO, facendo riferimento alla scheda di inquadramento.
 - Elenco dei macchinari utilizzati nelle aree di cantiere.
 - Descrizione delle modifiche apportate al PMA con indicazione delle motivazioni e delle conseguenze.

- Descrizione dei criteri generali con cui è stata scelta l'ubicazione della strumentazione facendo riferimento alle schede compilate per ogni punto di monitoraggio
- Risultati: Sintesi, valutazione e commento dei risultati ottenuti.
 - con una tabella riepilogativa i risultati dalla fase AO all'ultimo periodo di riferimento confrontati con i limiti di legge (in assenza di legislazione, confronto con i criteri ISO 9614 e ISO 9916);
 - anomalie che si sono verificate durante le campagne di misura;
 - efficacia delle misure rispetto agli obiettivi del PMA;
 - situazioni di criticità;
 - eventuali misure ed elaborazioni integrative;
 - provvedimenti adottati per far fronte a situazioni critiche;
 - risultati degli interventi mitigativi.

CAPITOLO 4: Riferimenti

- Elenco della documentazione bibliografica e dei documenti di progetto utilizzati e citati nei precedenti capitoli della relazione.

ALLEGATI:

- Schede di misura: l'allegato riporterà le schede compilate durante le operazioni di misura e successive elaborazioni secondo quanto indicato nelle specifiche del piano di monitoraggio ambientale.
- Certificati di taratura: sarà riportata copia dei certificati di taratura per tutti gli strumenti utilizzati.

9.2.4 RELAZIONE PO

Al fine di fornire una sintesi dei dati acquisiti, delle elaborazioni ed analisi effettuate, una valutazione dell'efficacia delle misure di mitigazione previste in fase di progetto e di quelle eventualmente introdotte a seguito delle risultanze del monitoraggio stesso, sarà redatta una relazione finale PO, strutturata come segue.

CAPITOLO 1: Generalità

- Identificazione dell'area di indagine
- Descrizione degli obiettivi delle attività svolte
- Descrizione della tempistica di esecuzione delle attività
- Struttura organizzativa che ha svolto le attività di monitoraggio

CAPITOLO 2: Normativa e dati pregressi

- Descrizione della normativa di riferimento e della documentazione acquisita per la redazione del documento. In particolare, saranno evidenziati eventuali aggiornamenti normativi intervenuti dalla redazione del piano di monitoraggio.

CAPITOLO 3: Attività di monitoraggio

- Modalità di effettuazione delle misure
 - Strumentazione:
 - caratteristiche e i modelli degli strumenti utilizzati per l'effettuazione delle misure;
 - catene di misura utilizzate;
 - caratteristiche e i modelli degli strumenti utilizzati per l'elaborazione dei dati.
 - schede tecniche della strumentazione adottata
 - Taratura periodica:
 - elenco degli strumenti che sono soggetti a taratura periodica;
 - per ognuno di questi strumenti, nome del laboratorio SIT e la data di taratura.
 - Calibrazione:
 - elenco degli strumenti soggetti a calibrazione;
 - descrizione del calibratore utilizzato;
 - descrizione delle operazioni necessarie alla calibrazione e del procedimento seguito.
 - Modalità di misura. Per ogni tipologia di misura, saranno descritte:

- la durata della misura;
 - le modalità di acquisizione dati;
 - i parametri misurati;
 - la frequenza con cui vengono effettuate le misure.
- Punti di monitoraggio.
 - Sopralluoghi e posizionamento della strumentazione.
 - Caratterizzazione dei punti che non sono stati oggetto di sopralluoghi in fase AO, facendo riferimento alla scheda di inquadramento.
 - Descrizione delle modifiche apportate al PMA con indicazione delle motivazioni e delle conseguenze.
 - Descrizione dei criteri generali con cui è stata scelta l'ubicazione della strumentazione facendo riferimento alle schede compilate per ogni punto di monitoraggio.
 - Risultati: Sintesi, valutazione e commento dei risultati ottenuti.
 - con una tabella riepilogativa i risultati dalla fase AO all'ultimo periodo di riferimento confrontati con i limiti di legge (in assenza di legislazione, confronto con i criteri ISO 9614 e ISO 9916);
 - anomalie che si sono verificate durante le campagne di misura;
 - efficacia delle misure rispetto agli obiettivi del PMA;
 - situazioni di criticità;
 - eventuali misure ed elaborazioni integrative;
 - provvedimenti adottati per far fronte a situazioni critiche;
 - risultati degli interventi mitigativi.

CAPITOLO 4: Riferimenti

- Elenco della documentazione bibliografica e dei documenti di progetto utilizzati e citati nei precedenti capitoli della relazione.

ALLEGATI:

- Certificati di taratura: sarà riportata copia dei certificati di taratura per tutti gli strumenti utilizzati.
- Schede di misura: l'allegato riporterà le schede compilate durante le operazioni di misura e successive elaborazioni secondo quanto indicato nelle specifiche del piano di monitoraggio ambientale.

10 REQUISITI DEI SOGGETTI PREPOSTI AL MONITORAGGIO

10.1 REQUISITI PER L'ESECUZIONE DEL MONITORAGGIO

10.1.1 STRUMENTAZIONE NECESSARIA

Tutta la strumentazione utilizzata dovrà essere conforme alle normative vigenti come descritto nel paragrafo 6.1.2 e fornita di certificato di taratura.

Per le misure non sorvegliate, si richiede la possibilità di attivare la registrazione audio della misura al superamento di soglie di anomalia prefissate.

10.1.2 PERSONALE

Tutte le operazioni di monitoraggio, sia in campo sia in ufficio, saranno eseguite da tecnici con competenze specifiche sulla rilevazione di vibrazioni e la valutazione di impatto vibrazionale.

In particolare, dovranno essere svolte da tecnici con idonea esperienza e competenza le seguenti operazioni:

- posizionamento e smontaggio della strumentazione
- esecuzione dei rilievi
- redazione delle schede di misura
- aggiornamento delle informazioni sul SIT
- redazione della relazione annuale di monitoraggio per la componente vibrazioni

Nella fase AO, e almeno per tutti i siti in cui si svolgono per la prima volta le misure, è richiesta la

presenza di un esperto geotecnico e di un esperto in ingegneria civile delle strutture, che forniranno il proprio contributo per la redazione della scheda completa di inquadramento del ricettore.

Le informazioni relative all'esistenza di lesioni e danni strutturali pregressi relativi all'edificio sede del monitoraggio dovranno essere prodotte dal personale competente in geotecnica e da personale competente in ingegneria civile delle strutture. Tali informazioni dovranno essere riportate nella scheda di censimento del ricettore. All'interno del campo note della misura sarà possibile annotare particolari evidenze riscontrate nel corso della rilevazione.

Annotazioni e giudizi in merito all'evoluzione o all'insorgere di danni e lesioni sulle strutture dovranno essere prodotte da personale tecnico competente in materia geotecnica ed in ingegneria civili e dovranno essere riportate sulla scheda di censimento del ricettore con indicazione della data di emissione di tale nota/giudizio nonché dovranno essere riportate sulla scheda di misura se evidenziate a seguito di misura delle vibrazioni.

10.1.3 INTERAZIONE CON GMA

Poiché la struttura di monitoraggio dovrà assicurare un efficiente coordinamento con il Ra, soprattutto nella fase di CO, in cui sono richiesti:

- Rapida risposta alle richieste del Ra, che in base al cronoprogramma dei lavori ed alle eventuali emergenze insorte avrà facoltà di richiedere l'esecuzione di misure in determinati siti con un tempo di preavviso minimo predefinito
- Familiarità con il SIT, che dovrà essere aggiornato tempestivamente dopo l'esecuzione di ogni rilievo
- Rapidità nella redazione dei rapporti di misura completi, che dovranno essere messi a disposizione del Rs e del Ra in modo da consentire l'adozione di provvedimenti efficaci in caso di eventuali superamenti dei limiti.

ALLEGATO A:
Modello scheda di misura

Fase di monitoraggio: **Codice misura:**

Foto ricevitore	Foto di dettaglio del piano di misura
Foto dell'ambiente in cui è situata la postazione di misura	Foto di dettaglio sul posizionamento degli accelerometri
Stralci cartografici con indicazione del ricevitore indagato	

POSIZIONE RISPETTO ALLA POTENZIALE INTERFERENZA		
<input type="checkbox"/> FAL	pk:	<input type="checkbox"/> Cantiere
		n.:
INIZIO MISURA	TERMINE MISURA	TEMPO DI MISURA

STRUMENTAZIONE	CALIBRATORE
Accelerometro X: Accelerometro Y: Accelerometro Z: Analizzatore:	

UBICAZIONE PUNTO	COORDINATE	
Piano: Lato dell'edificio: Ambiente:	X:	Y:

DESCRIZIONE DELLE SORGENTI DI VIBRAZIONE
Numero di eventi impulsivi durante la misura:

NOTE

Operatore:

RISULTATO DELLE MISURE (INTERO PERIODO)								
	asse	a (mm/s ²)	a _w (mm/s ²)	a _{wmax} (mm/s ²)	banda V _{max,f} (Hz)	valore V _{max,f} (mm/s)	L _w (dB)	L _{wmax} (dB)
Intera Registrazione	x							
	y							
	z							
Periodo Diurno (07-22)	x							
	y							
	z							
Periodo Notturno (22-07)	x							
	y							
	z							

RISULTATO DELLE MISURE (EVENTI)										
N .	Inizio (hh:mm:ss)	Durata (s)	asse	a (mm/s ²)	a _w (mm/s ²)	a _{wmax} (mm/s ²)	banda V _{max,f} (Hz)	valore V _{max,f} (mm/s)	a _{wpeak} (mm/s ²)	Fatt Cresta a _w
1			x							
			y							
			z							
			Descrizione							
2			x							
			y							
			z							
			Descrizione							
...			x							
			y							
			z							
			Descrizione							

NOTE

Operatore:

GRAFICI GLOBALI: TIME HISTORY ACCELERAZIONE (NON PONDERATO)

X

Y

Z

NOTE

GRAFICI GLOBALI: ASSE X

TIME HISTORY a_w

Inserire time history con risoluzione ad 1 secondo, visualizzare soglia di percezione prevista dalla UNI9614 e segnalare eventuali superamenti ("eventi").

SPETTRO DI a (NON PONDERATO)

Inserire lo spettro sovrapposto alle curve limite previste dalla ISO 2631

Inserire tabella con valori dello spettro

SPETTRO DEI MASSIMI DI a (NON PONDERATO)

Inserire lo spettro sovrapposto alle curve limite previste dalla ISO 2631

Inserire tabella con valori dello spettro

NOTE

GRAFICI GLOBALI: ASSE Y

TIME HISTORY a_w

Inserire time history con risoluzione ad 1 secondo, visualizzare soglia di percezione prevista dalla UNI9614 e segnalare eventuali superamenti ("eventi").

SPETTRO DI a (NON PONDERATO)

Inserire lo spettro sovrapposto alle curve limite previste dalla ISO 2631

Inserire tabella con valori dello spettro

SPETTRO DEI MASSIMI DI a (NON PONDERATO)

Inserire lo spettro sovrapposto alle curve limite previste dalla ISO 2631

Inserire tabella con valori dello spettro

NOTE

GRAFICI GLOBALI: ASSE Z

TIME HISTORY a_w

Inserire time history con risoluzione ad 1 secondo, visualizzare soglia di percezione prevista dalla UNI9614 e segnalare eventuali superamenti ("eventi").

SPETTRO DI a (NON PONDERATO)

Inserire lo spettro sovrapposto alle curve limite previste dalla ISO 2631

Inserire tabella con valori dello spettro

SPETTRO DEI MASSIMI DI a (NON PONDERATO)

Inserire lo spettro sovrapposto alle curve limite previste dalla ISO 2631

Inserire tabella con valori dello spettro

NOTE

GRAFICI EVENTO 1: ASSE SU CUI SI VERIFICA IL SUPERAMENTO DI SOGLIA

TIME HISTORY a_w

Inserire time history con risoluzione ad 1 secondo, visualizzare soglia di percezione prevista dalla UNI9614 e segnalare eventuali superamenti ("eventi").

SPETTRO DI a (NON PONDERATO)

Inserire lo spettro sovrapposto alle curve limite previste dalla ISO 2631

Inserire tabella con valori dello spettro

SPETTRO DEI MASSIMI DI a (NON PONDERATO)

Inserire lo spettro sovrapposto alle curve limite previste dalla ISO 2631

Inserire tabella con valori dello spettro

NOTE