




PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
 MESSA IN SICUREZZA DEL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO
 DEL PESCHIERA PER L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO
 DI ROMA CAPITALE E DELL'AREA METROPOLITANA

IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ING. PhD MASSIMO SESSA
 SUB COMMISSARIO ING. MASSIMO PATERNOSTRO

aceq
 acqua
 ACEA ATO 2 SPA



aceq
 Ingegneria
 e servizi



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. PhD Alessia Delle Site

SUPPORTO AL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Avv. Vittorio Gennari
 Sig.ra Claudia Iacobelli
 Ing. Barnaba Paglia

CONSULENTE

Ing. Biagio Eramo

ELABORATO
 A194PD S9 R007 0

COD. ATO2 APE10116

DATA **APRILE 2023** SCALA

Progetto di sicurezza e ammodernamento
 dell'approvvigionamento della città
 metropolitana di Roma
 "Messa in sicurezza e ammodernamento del sistema
 idrico del Peschiera",
 L.n.108/2021, ex DL n.77/2021 art. 44 Allegato IV

AGG. N.	DATA	NOTE	FIRMA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

**NUOVO TRONCO SUPERIORE ACQUEDOTTO
 DEL PESCHIERA
 dalle Sorgenti alla Centrale di Salisano**

CUP G33E17000400006

PROGETTO DEFINITIVO

TEAM DI PROGETTAZIONE

CAPO PROGETTO
 Ing. Angelo Marchetti

ASPETTI AMBIENTALI E COORDINAMENTO SIA
 Ing. Nicoletta Stracqualursi

Hanno collaborato:
 Ing. Serena Conserva
 Paes. Fabiola Gennaro



CONSULENTI: Ing. Vincenzo Battistini

PARTE 9 – ALLEGATI AL SIA

**VIBRAZIONI –
 APPROFONDIMENTO**

1. PREMESSA.....	2
2. QUADRO NORMATIVO.....	4
3. DEFINIZIONE DEL DISTURBO VIBRAZIONALE.....	8
3.1 Metodologia di valutazione dei livelli vibrazionali indotti dal cantiere e dai mezzi di trasporto.....	9
3.2 Modello di calcolo	10
3.3 Sorgenti superficiali	11
3.4 Sorgenti in profondità.....	13
3.5 Sintesi delle ipotesi assunte.....	15
4. SCHEDE TECNICHE SORGENTI DI VIBRAZIONI.....	16
4.1 Definizione del tipo di sorgente.....	16
4.2 Macchinario esaminato: Autocarro – e similari.....	17
4.3 Macchinario esaminato: Escavatore Cingolato – e similari	19
4.4 Macchinario esaminato: Pala Cingolata – e similari	21
4.5 Macchinario esaminato: Fresa Meccanica- TBM.....	23
4.6 Macchinario esaminato: Macchina per pali	25
5. ANALISI VIBRAZIONI CANTIERE.....	27
5.1 CANTIERE: SGR 1.....	27
5.2 CANTIERE: SGR 2.....	29
5.3 CANTIERE: PZ 2	31
5.4 CANTIERE: NODO S	33
5.5 CANTIERE: BIP	35
5.6 CANTIERE: COLLE SX	37
5.7 CANTIERE: COLLE DX.....	39
5.8 CANTIERE: TURANO.....	41
5.9 CANTIERE: SALTO 1	43
5.10 CANTIERE: SALTO 2	45
5.11 CANTIERE: FINESTRA COTILIA	47
5.12 CANTIERE: M6.....	49
5.13 CANTIERE: M4 M5	51
5.14 CANTIERE: AREA SORGENTI M1 M2 M3	53
6. CONCLUSIONI	55
7. MATRICI DI CALCOLO	57
8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	69

1. PREMESSA

La valutazione delle vibrazioni ha lo scopo di stimare gli effetti sull'ambiente circostante delle vibrazioni emesse dai macchinari di cantiere impiegati per la realizzazione dell'opera in oggetto, in particolare in riferimento ai cantieri fissi.

Gli effetti delle opere di linea in termini di vibrazioni sono già stati valutati al dettaglio con il precedente studio, che sarà integrato con la presente trattazione analizzando le principali sorgenti previste in funzione delle attività sulle aree di lavoro; tali attività sono sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici (escavatore, sonda perforatrice, ecc.) e in mezzi adibiti al trasporto (autocarri, autobetoniera, ecc.). Verrà descritto il metodo adottato per la previsione dei livelli vibrazionali indotti durante realizzazione delle opere e tali livelli saranno confrontati con i limiti della normativa in materia per ciò che riguarda l'effetto delle vibrazioni sulle persone e sulle strutture.

Lo studio vibrazionale per la fase di cantiere è volto, in particolare, per all'accertamento del disturbo alle persone, il quale ha limiti più restrittivi rispetto a quelli determinati sugli edifici. Pertanto, qualora si verifici dall'esame della previsione di propagazione delle vibrazioni la presenza di edifici nelle più zone più critiche, tale elemento non costituisce un fattore per la stima di un possibile danno alle strutture, evidenziando unicamente il superamento di una soglia di disturbo per i residenti dell'edificio stesso. Tale soglia, pur ricavata dalle normative tecniche esistenti in sede nazionale ed internazionale, non risulta fissata da alcun atto legislativo.

Per quanto riguarda gli effetti sulle strutture, in presenza di livelli elevati e prolungati di vibrazioni, sono stati osservati danni strutturali a edifici e/o strutture. È da notare, però, che tali livelli sono più alti di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani, i cui livelli sono riportati nelle norme ISO 2631 e UNI 9614. Tale considerazione è facilmente deducibile dal confronto dei valori riportati nelle norme che riportano i danni sull'uomo (ISO 2631 e UNI 9614) con i valori nelle norme che riguardano i danni strutturali (UNI 9916 ed ISO 4866), pertanto le prime sono state scelte quale riferimento, poiché riportano dei valori limite più restrittivi.

In definitiva, soddisfatto l'obiettivo di garantire livelli di vibrazione accettabili per le persone, risulta automaticamente realizzata l'esigenza di evitare danni strutturali agli

edifici, almeno per quanto concerne le abitazioni civili. Come unica eccezione sono da annoverare le vibrazioni che incidono su monumenti e beni artistici di notevole importanza storico-monumentale, i quali devono essere trattati come punti singolari con studi e valutazioni mirate.

Per lo studio dell’impatto vibrazionale si è proceduto con le operazioni seguenti:

- analisi del territorio in cui si colloca l’opera e delle caratteristiche dei ricettori, facendo riferimento in tal senso a quanto censito secondo Studio Acustico (anche in termini di codifica delle strutture);
- definizione degli scenari critici in termini di impatto vibrazionale;
- valutazione delle vibrazioni previste sui ricettori prossimi.

2. QUADRO NORMATIVO

La caratterizzazione delle emissioni di vibrazioni da parte di veicoli non è soggetta alle rigorose normative e disposizioni legislative che normano invece l'emissione del rumore. Pertanto, in questo caso non si ha una caratterizzazione dell'emissione in condizioni standardizzate e una garanzia del costruttore del mezzo a non superare un preciso valore dichiarato. Non si hanno nemmeno valori limite da rispettare per quanto riguarda i livelli di accelerazione comunicati ai recettori e quindi ovviamente non è possibile specificare la produzione di vibrazioni con lo stesso livello di dettaglio con cui è possibile operare per il rumore.

Norma UNI 9614 - Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo

Le norme tecniche di riferimento sono le DIN 4150 (tedesca) e la UNI 9614:1990 che definiscono:

- i tipi di locali o edifici,
- i periodi di riferimento,
- i valori che costituiscono il disturbo,
- il metodo di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne.

Le vibrazioni immesse in un edificio si considerano:

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

La direzione lungo le quali si propagano le vibrazioni sono riferite alla postura assunta dal soggetto esposto. Gli assi vengono così definiti: asse Z passante per il coccige e la testa, asse X passante per la schiena ed il petto, asse Y passante per le due spalle. Per la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni di livello costante, i valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, corrispondenti ai più elevati riscontrati sui tre assi, possono essere confrontati con i valori di riferimento riportati nelle tabelle successive. Tali valori sono espressi mediante l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza $a(w)$ e del suo corrispondente livello $L(w)$. Quando i valori delle vibrazioni in esame superano i livelli di riferimento, le vibrazioni possono essere considerate oggettivamente disturbanti per il soggetto esposto. Il giudizio sull'accettabilità (tollerabilità) del disturbo oggettivamente riscontrata dovrà ovviamente tenere conto di fattori quali la frequenza con cui si verifica il fenomeno vibratorio, la sua durata, ecc.

Tabella 2-1: Valori e livelli di riferimento delle accelerazioni ponderate in frequenza validi per l'asse Z (prospetto II – App. A1, UNI 9614:1990)

Tipo di edificio	a (m/s²)	La,w (dB)
aree critiche	5.0 10 ⁻³	74
abitazioni (notte)	7.0 10 ⁻³	77
abitazioni (giorno)	10.0 10 ⁻³	80
uffici	20.0 10 ⁻³	86
fabbriche	40.0 10 ⁻³	92

Tabella 2-2: Valori e livelli di riferimento delle accelerazioni ponderate in frequenza validi per l'asse X e Y (prospetto III – App. A1, UNI 9614:1990)

Tipo di edificio	a (m/s²)	La,w (dB)
aree critiche	3.6 10 ⁻³	71
abitazioni (notte)	5.0 10 ⁻³	74
abitazioni (giorno)	7.2 10 ⁻³	77
uffici	14.4 10 ⁻³	83
fabbriche	28.8 10 ⁻³	89

Norma UNI 9916 - Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici

Fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii allo scopo di permettere la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Altro scopo della norma è quello di ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevate in tempi diversi su uno stesso edificio, o su edifici diversi a parità di sorgente di eccitazione, nonché di fornire criteri di valutazione degli effetti delle vibrazioni medesime. Per semplicità, la presente norma considera gamme di frequenza variabili da 0,1 a 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale (vento, terremoti, ecc.), nonché ad eccitazione causata dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza delle vibrazioni può essere più ampio (per esempio vibrazioni indotte da macchinari all'interno degli edifici): tuttavia eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio. Gli urti direttamente applicati alla struttura attraverso macchine industriali, gli urti prodotti dalle esplosioni, dalla battitura dei pali e da altre sorgenti immediatamente a ridosso dei ristretti limiti della struttura non sono inclusi nella gamma di frequenza indicata, ma lo sono i loro effetti sulla struttura.

Nell'Appendice D della norma UNI 9916-2014 sono indicate nel Prospetto D.1 le velocità ammissibili per tipologia di edificio. I valori di riferimento sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 2-3: Valori di riferimento delle velocità (prospetto D.1 - UNI 9916-2014)

Classe	Tipo di edificio	Fondazione			Piano alto Tutte le frequenze	Solai componete verticale Tutte le frequenze
		f=1-10 Hz	f=10-50 Hz	f=50-100 Hz (*)		
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	da 20 (per f=10Hz) a 40 (per f=50Hz)	da 40 (per f=50Hz) a 50 (per f=100Hz)	40	20
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	da 5 (per f=10Hz) a 15 (per f=50Hz)	da 15 (per f=50Hz) a 20 (per f=100Hz)	15	20
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (p.es. monumenti)	3	da 3 (per f=10Hz) a 8 (per f=50Hz)	da 8 (per f=50Hz) a 10 (per f=100Hz)	8	3/4
(*) Per frequenze oltre 100 Hz possono essere usati valori di riferimento per 100 Hz						

3. DEFINIZIONE DEL DISTURBO VIBRAZIONALE

La caratterizzazione del disturbo vibrazionale è effettuata in termini di valore medio efficace (r.m.s.) della velocità (in mm/s) per valutare gli effetti delle vibrazioni sugli edifici e l'accelerazione (in mm/s²) per valutare la percezione umana. È tuttavia agevole convertire i valori di velocità v nei corrispondenti valori di accelerazione a , nota la frequenza f , tramite la relazione:

$$v = \frac{a}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

Convenzionalmente, in analogia con le analisi del rumore, sia i valori di velocità che quelli di accelerazione vengono valutati sulla scala dei dB, tramite le relazioni:

$$L_{acc} = 20 \cdot \lg \left[\frac{a}{a_0} \right] \qquad L_{vel} = 20 \cdot \lg \left[\frac{v}{v_0} \right]$$

in cui compaiono i valori di riferimento $a_0 = 0.001 \text{ mm/s}^2$ e $v_0 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ mm/s}$.

3.1 METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEI LIVELLI VIBRAZIONALI INDOTTI DAL CANTIERE E DAI MEZZI DI TRASPORTO

Il fenomeno con cui un prefissato livello di vibrazioni imposto sul terreno si propaga nelle aree circostanti è correlato alla natura del terreno, alla frequenza del segnale e alla distanza fra il punto di eccitazione e quello di valutazione dell'effetto. Il metodo previsionale dei livelli di vibrazione ha impiegato simulazioni numeriche.

In dettaglio si illustrano i passi seguiti nell'elaborazione. La valutazione dei livelli vibrazionali è stata condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei fenomeni considerati (attività dei mezzi di cantiere e per il trasporto dei materiali nonché impianti fissi), utilizzando sia dati bibliografici che rilievi strumentali. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza nota dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla componente verticale (asse Z).

Dagli spettri delle sorgenti si ottiene il livello di accelerazione non ponderato a distanze crescenti dalla sorgente mediante una legge di propagazione. Nel caso di sorgenti superficiali, ad esempio, si precisa che l'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza d è basata sulla seguente formulazione:

$$a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2\pi \cdot f \cdot (\eta/c) \cdot (d-d_0)}$$

I livelli complessivi di accelerazione non pesati a distanze crescenti dalla sorgente corrispondenti agli scenari analizzati sono dati dalla combinazione, frequenza per frequenza, degli spettri di vibrazione relativi alle singole macchine previste. Come legge di combinazione degli spettri è stata adottata la regola SRSS (Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares) che consiste nell'eseguire la radice quadrata della somma dei quadrati delle ordinate spettrali relative alle singole macchine. Per ciascuna frequenza si è quindi ottenuto quindi un valore complessivo non pesato di tutte le macchine attive ($A_{TOT,f}$) sotto forma di matrice.

$$A_{TOT,f} = \sqrt{A_1(f,d)^2 + A_2(f,d)^2 + \dots + A_N(f,d)^2} \quad (\text{SRSS})$$

Relativamente ad ogni scenario modellizzato, si è applicato alla matrice citata la curva di attenuazione definita per postura non nota (o asse generico) dalla UNI 9614.

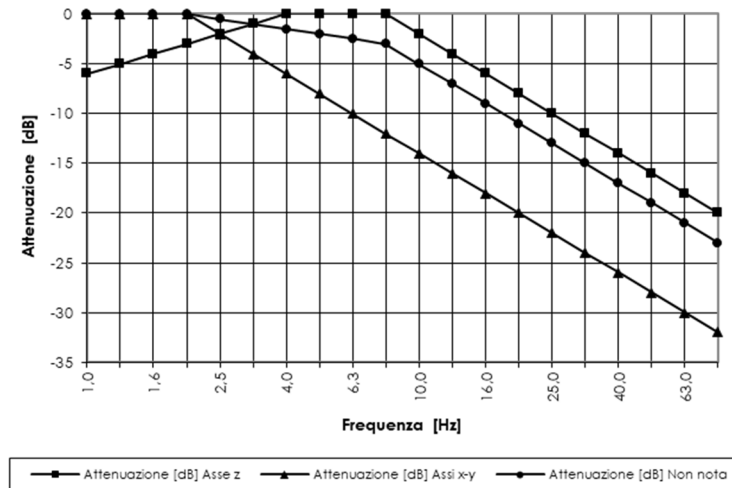


Figura 3-1 – Filtri di ponderazione per i diversi assi di riferimento

Il livello totale di accelerazione ponderata in funzione della distanza $L_{a,w,d}$ è ottenuto sommando tutti i corrispondenti valori per frequenza $A_{TOT,f}$ espresso in dB pesati. Il numero ottenuto è rappresentativo dell'accelerazione complessiva ponderata su asse Z ad una determinata distanza. Ripetendo questa operazione per una griglia di distanze si è ottenuto il profilo di attenuazione dell'accelerazione ponderata e complessiva di tutti le sorgenti su asse Z.

Ai fini del confronto con i livelli di riferimento della norma UNI 9614, si stabilisce di prendere in esame il valore massimo fra i valori di accelerazione ponderata misurati lungo i tre assi. Poiché nella pressoché totale generalità dei casi, questo porta a considerare l'accelerazione misurata in senso verticale, si valuteranno i livelli di accelerazione ponderata "per asse generico" lungo l'asse Z con la tabella dei valori di riferimento originariamente stabilita per gli assi X e Y.

3.2 MODELLO DI CALCOLO

Al fine dell'esecuzione del calcolo della propagazione delle vibrazioni saranno presi in considerazione due posizioni che possono assumere le sorgenti: sarà identificato il caso in cui le sorgenti sono in superficie (sorgenti superficiali) ed in profondità (sorgenti profonde).

3.3 SORGENTI SUPERFICIALI

Parlando della trasmissione di vibrazioni nel terreno, è necessario distinguere tra tre tipi principali di onde che trasportano energia vibrazionale: onde di compressione (onda P), onde di taglio (onda S) e onde di superficie (orizzontali, onde R, e verticali, onde L), le quali hanno velocità di propagazione differente in funzione del modulo di Poisson del terreno.

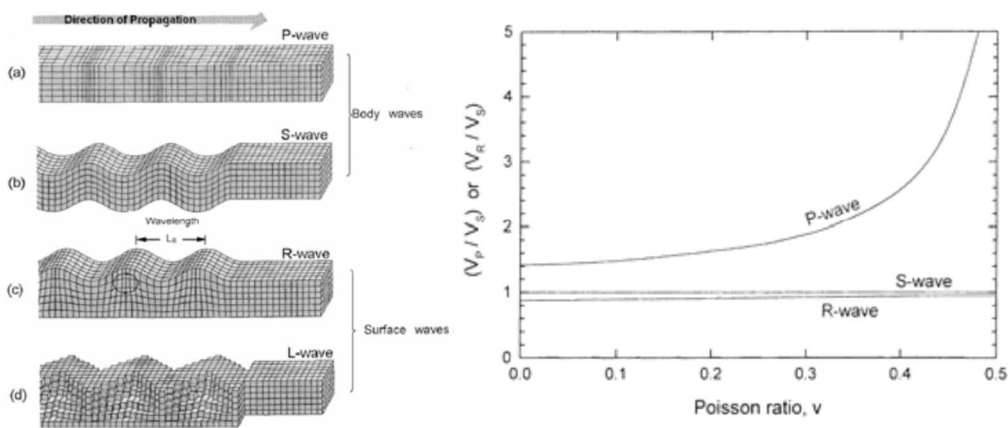


Figura 3-2 – Tipi di onda di volume e di superficie (a sinistra) e velocità relativa delle onde P, R rispetto onde S (a destra)

L’espressione con cui si esprime l’accelerazione ad una certa distanza d , per tutti tre i tipi di onde considerati (P, S, R), è basata sulla seguente formulazione:

$$a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2\pi \cdot f(\eta/c) \cdot (d-d_0)}$$

dove η è il fattore di perdita del terreno, c la velocità di propagazione in m/s, f la frequenza in Hz, d la distanza in m, e d_0 la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione, assunta pari a 5m. L’esponente n varia a seconda del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni. Ai fini dell’analisi dei livelli massimi, si è preceduto prendendo a riferimento una sorgente concentrata, fissando l’esponente n a 0.5 per le onde di superficie (predominanti in caso di sorgente posta in superficie), e 1 per le onde di volume (predominanti in caso di sorgente profonda). Risulta pertanto evidente come la propagazione a partire da una sorgente posta in profondità sia dotata, anche nel caso

di terreno omogeneo, di molta più rapida attenuazione al crescere della distanza dalla sorgente.

Tabella 3-1: Definizione dell'esponente n in base al tipo di sorgente e onda

Tipo di sorgente	Onda	Strato	n
Linea	Superficie	Superficie	0
	Volume	Superficie	1.0
Punto	Rayleigh	Superficie	0.5
	Volume	Superficie	2.0
Linea Sotterranea	Volume	Profondo	0.5
Punto Sotterraneo	Volume	Profondo	1.0

Il termine esponenziale rappresenta i fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore, che, come è possibile riscontrare, va crescendo proporzionalmente alla frequenza. Ciò fa sì che le alte frequenze si estinguano dopo un breve percorso, mentre le frequenze più basse si propagano a distanze maggiori.

Il rapporto η/c (indicato anche come ρ) dipende, infine, dal particolare tipo di terreno considerato, ed assume valori elevati nel caso di terreno coltivato soffice, mentre assume valori molto modesti nel caso di pavimentazioni rigide.

Tabella 3-2: Coefficiente di attenuazione

Classe	Descrizione del materiale	Coefficiente di attenuazione	ρ
I	Cedevole o tenero (terreno che può essere scavato facilmente)	0.003-0.01	2×10^{-4} – 6×10^{-4}
II	Consolidato (terreno che può essere scavato utilizzando una pala)	0.001-0.003	6×10^{-5} – 2×10^{-4}
III	Duro (terreno che non può essere scavato con una pala ma necessità di un piccone)	0.0001-0.001	6×10^{-6} – 6×10^{-5}

Classe	Descrizione del materiale	Coefficiente di attenuazione	ρ
IV	Duro consolidato (terreno che scavato difficilmente utilizzando un martello)	<0.0001	<6x10 ⁻⁶

Il modello semplificato di propagazione illustrato considera i soli fenomeni previsti in un terreno supposto omogeneo ed isotropo, nel caso si abbia propagazione in presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione, è evidente che i livelli di accelerazione riscontrabili all'interno risultino "filtrati" dalla funzione di trasferimento del sistema struttura edilizia.

In particolare, diversi sistemi di fondazione producono una attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante; tale aspetto è legato al fatto che l'interfaccia terreno-struttura non è perfettamente solidale, e pertanto genera fenomeni dissipativi o di amplificazione.

3.4 SORGENTI IN PROFONDITÀ

Nel caso dell'attività di cantiere ove intervenga necessità di realizzazioni di opere in profondità (palificazione, ecc.), la valutazione della legge di propagazione delle vibrazioni con la distanza è più complessa, in quanto non si ha più la semplice legge di propagazione delle onde superficiali, ma si ha a che fare con una sorgente posta in profondità, che dà luogo alla propagazione di onde di volume. Si consideri ora lo schema di emissione illustrato nella seguente figura:

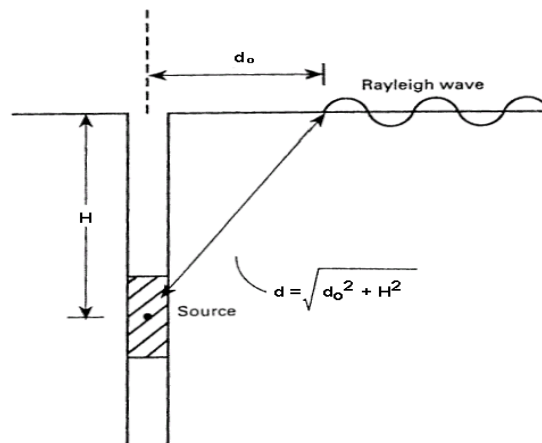


Figura 3-3 - Schema della propagazione a partire da una sorgente profonda

Si può notare che, rispetto all'emissione di onde di superficie da parte di una sorgente concentrata posta sulla sommità del suolo, al recettore arrivano onde che hanno compiuto un percorso più lungo, e che si sono maggiormente attenuate lungo tale percorso a causa della legge di divergenza volumetrica anziché superficiale.

Considerando che l'epicentro di emissione si collochi circa ad 1/2 della lunghezza dell'elemento infisso, ovvero, per un palo di 9 m, a circa 5 m di profondità, si ha la seguente espressione relativa alla propagazione delle vibrazioni con cui è possibile calcolare il livello di accelerazione sulla superficie del suolo in funzione della distanza d_0 (misurata in orizzontale, sulla superficie) fra l'asse del palo ed il recettore.

$$a(d_0, f) = a(d_0, f) \cdot \left[\frac{d_0}{\sqrt{D^2 + H^2}} \cdot e^{-2\pi \cdot f \cdot \frac{\eta}{c} (\sqrt{D^2 + H^2} - d_0)} \right]$$

Il calcolo verrà eseguito assumendo che:

- il recettore si trovi ad una profondità di 3 m sotto il piano di campagna, poiché questa è la quota a cui si trovano in media le basi delle fondazioni degli edifici;
- rispetto a tale posizione, poiché l'epicentro di emissione è posto a 5 m di profondità, H assume un valore pari a 2 m;
- la distanza D a cui si è rilevato strumentalmente lo spettro di vibrazioni dovuto alla lavorazione in profondità è 5 m.

3.5 SINTESI DELLE IPOTESI ASSUNTE

Il calcolo dei livelli vibrazionali ai ricettori, in condizioni di campo libero, risultanti dalle configurazioni dei macchinari da cantiere previsti negli scenari analizzati è stato condotto considerando una legge di attenuazione stabilita sulla base delle seguenti assunzioni:

- le macchine da cantiere sono assunte come sorgenti puntuali;
- l'attenuazione dissipativa del mezzo è stata calcolata secondo un approccio teorico semplificato basato sull'ipotesi di mezzo debolmente dissipativo e campo vibratorio costituito in prevalenza da onde di superficie del tipo di Rayleigh;
- il terreno si ipotizza di tipo consolidato, appartenete alla Classe II ($\rho < 1.5 \times 10^{-4}$), e di categoria C ($c = 300 \text{ m/s}$; $\eta = 0.04$);
- l'attenuazione geometrica afferente alla sorgente puntuale che lavora in superficie (escavatore, autocarro, pala, autocarro, ecc.) è stata assunta proporzionale a r^{-1} , mentre quella che opera in profondità è stata considerata con una legge di attenuazione proporzionale a $r^{-0.5}$;
- l'epicentro di emissione, nel caso di sorgenti profonde, si collochi circa ad $1/2$ della lunghezza dell'elemento infisso nel terreno;
- i livelli vibrazionali a distanze crescenti dalla sorgente corrispondenti agli scenari analizzati sono dati dalla combinazione, frequenza per frequenza, degli spettri di vibrazione relativi alle singole macchine di cantiere, mediante radice quadrata della somma dei quadrati delle ordinate spettrali relative alle singole macchine.

4. SCHEDE TECNICHE SORGENTI DI VIBRAZIONI

Con riferimento alle vigenti normative, le attività di cantiere possono essere definite come sorgenti di vibrazione intermittente. Un ricettore adiacente all'area di cantiere è infatti soggetto ad una serie di eventi di breve durata, separati da intervalli in cui la vibrazione ha una ampiezza significativamente più bassa. In relazione alle attività lavorative di cantiere previste per la realizzazione dell'opera in esame, sono stati individuati scenari di cantiere critici per il potenziale impatto in termini di vibrazioni sull'ambiente circostante.

In particolare, le emissioni vibrazionali durante le lavorazioni possono essere legate agli impianti fissi/semifissi nei diversi cantieri stabili, e discontinue, dovute alle lavorazioni nelle medesime aree di cantiere.

Si rammenta come l'impatto vibrazionale nelle simulazioni numeriche sarà valutato in termini di livello ponderato globale di accelerazione $L_{w,z}$ in campo libero, (definito in unità dB secondo la normativa UNI 9614 per asse generico), per un confronto con i valori di riferimento per il disturbo alle persone.

4.1 DEFINIZIONE DEL TIPO DI SORGENTE

Analizzando le principali sorgenti previste in funzione delle attività lavorative, si conviene come esse siano sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici ed in mezzi adibiti al trasporto, le prime hanno una distribuzione spaziale abbastanza prevedibile e delimitata all'interno dell'area di lavoro e stoccaggio mentre, i secondi si distribuiscono lungo il percorso che collega il fronte di avanzamento lavori ai luoghi di approvvigionamento o di stoccaggio.

Gli scenari in esame sono stati definiti avendo come prima finalità quella di fornire risultati sufficientemente cautelativi. Si sottolinea tuttavia come le situazioni esaminate non possano comunque rappresentare tutti i macchinari potenzialmente presenti in contemporanea all'interno dell'area di cantiere. La valutazione dei livelli vibrazionali è stata quindi condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei macchinari di cantiere sopra citati utilizzando dati bibliografici o rilevati. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza di circa 5m dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla componente verticale.

In generale, nelle aree di cantiere ove sono presenti gli impianti fissi (betonaggio, lavorazioni di dettaglio su eventuali prefabbricati, ecc.) le emissioni di vibrazioni risultano usualmente più contenute rispetto a quelle presenti sul cantiere in linea poiché la natura stessa delle lavorazioni determina minori sollecitazioni meccaniche sul terreno e, di conseguenza, minore trasmissione di energia meccanica verso i potenziali ricettori.

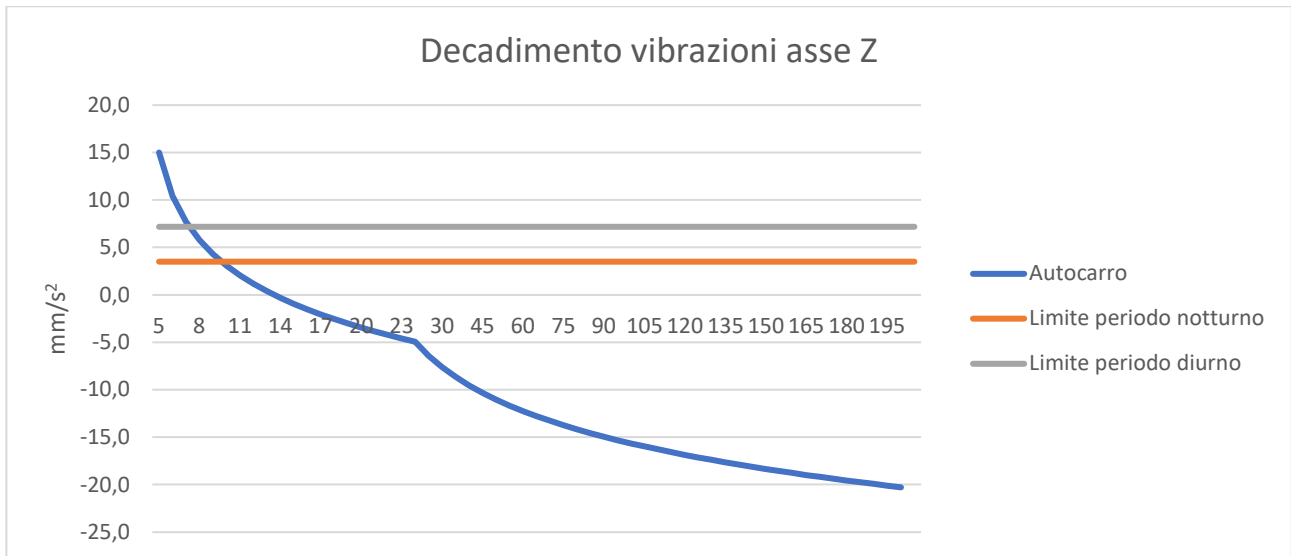
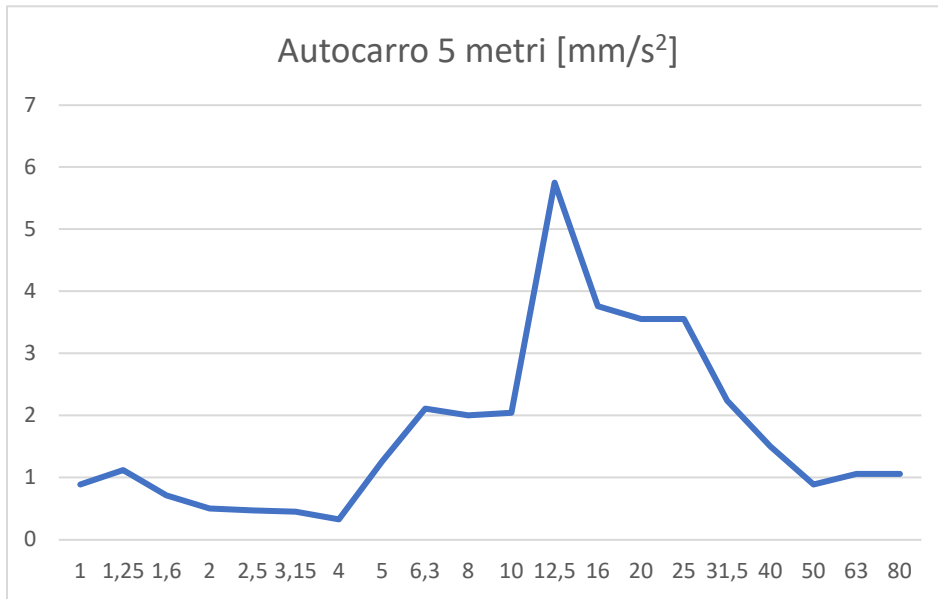
Il calcolo del livello di vibrazione in condizioni di campo libero sarà definito nell'intorno del cantiere con una risoluzione di circa 5 m nelle direzioni orizzontali (piano di campagna), ottenendo il grafico della propagazione delle vibrazioni in funzione della distanza.

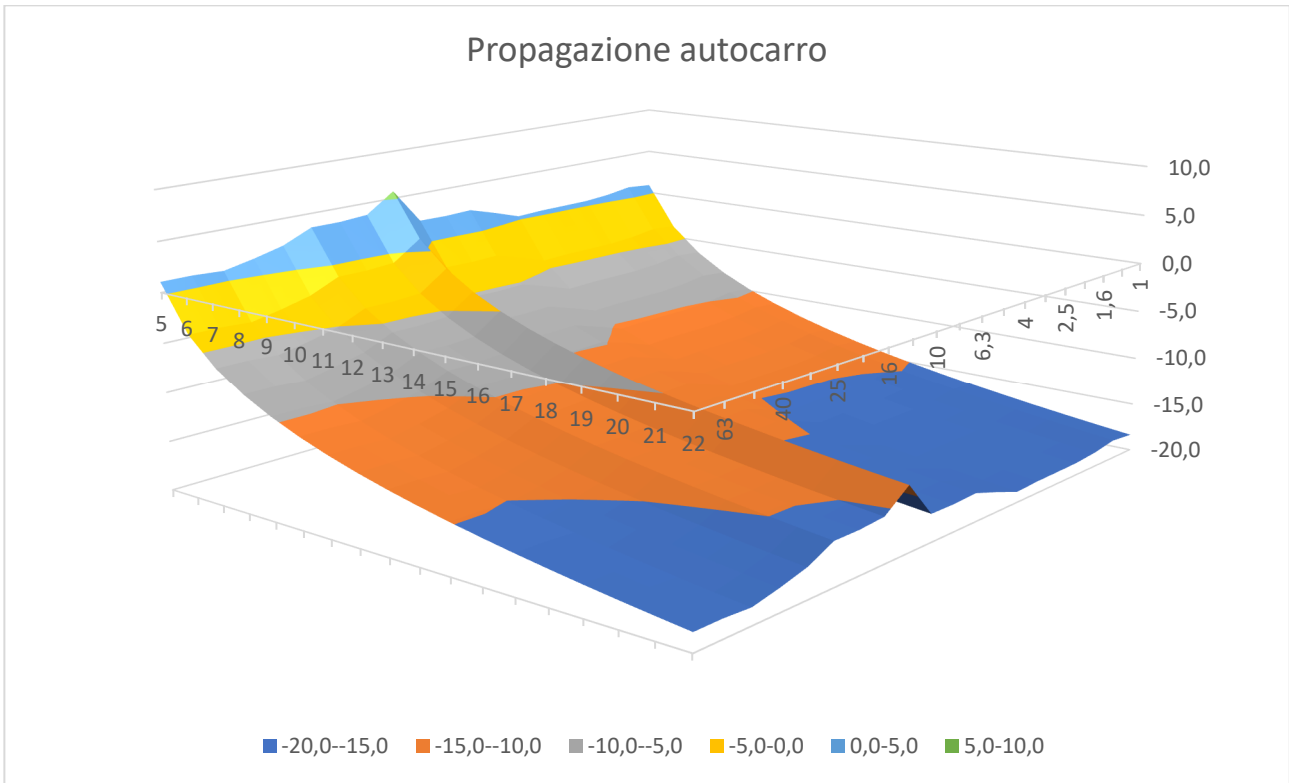
Di seguito si riporta la definizione dei mezzi per ogni area di lavoro.

4.2 MACCHINARIO ESAMINATO: AUTOCARRO – E SIMILARI



Di seguito i livelli di emissione vibrazionale alla distanza di 5 metri (Fonte: L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publ.)

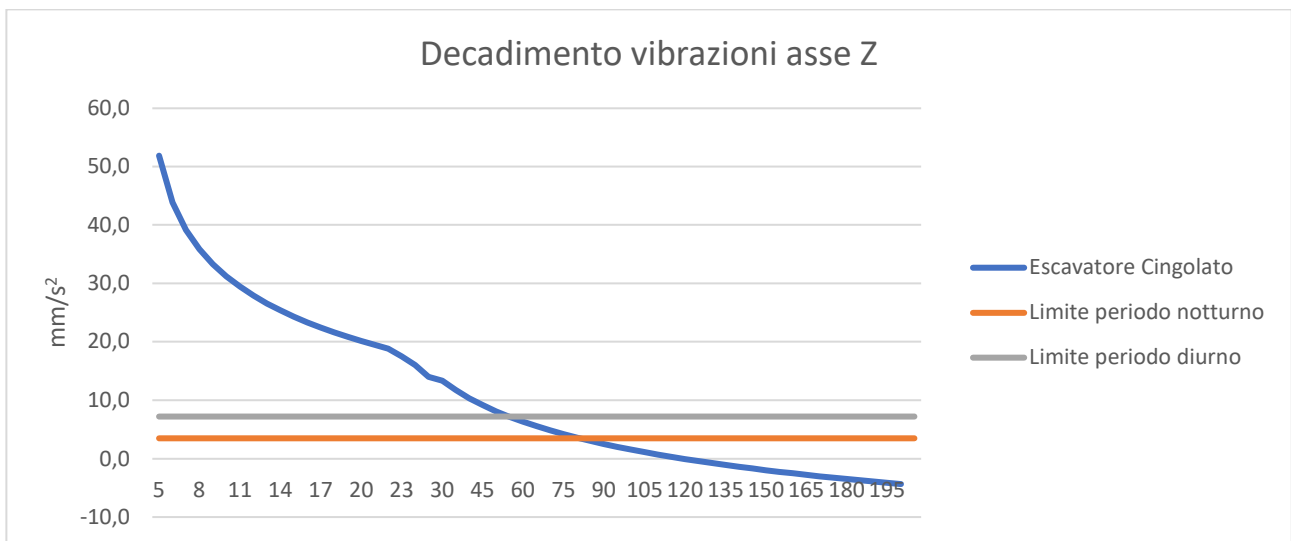
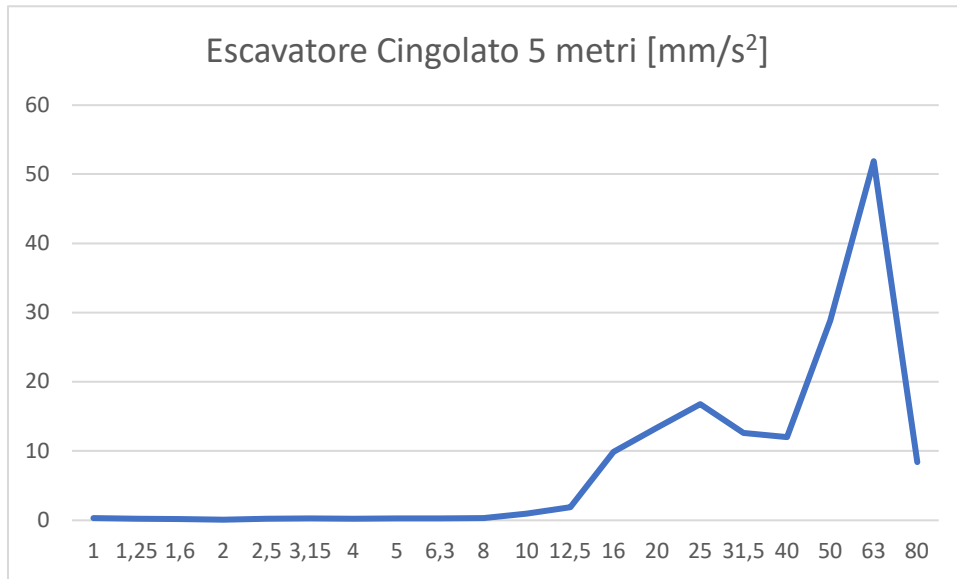


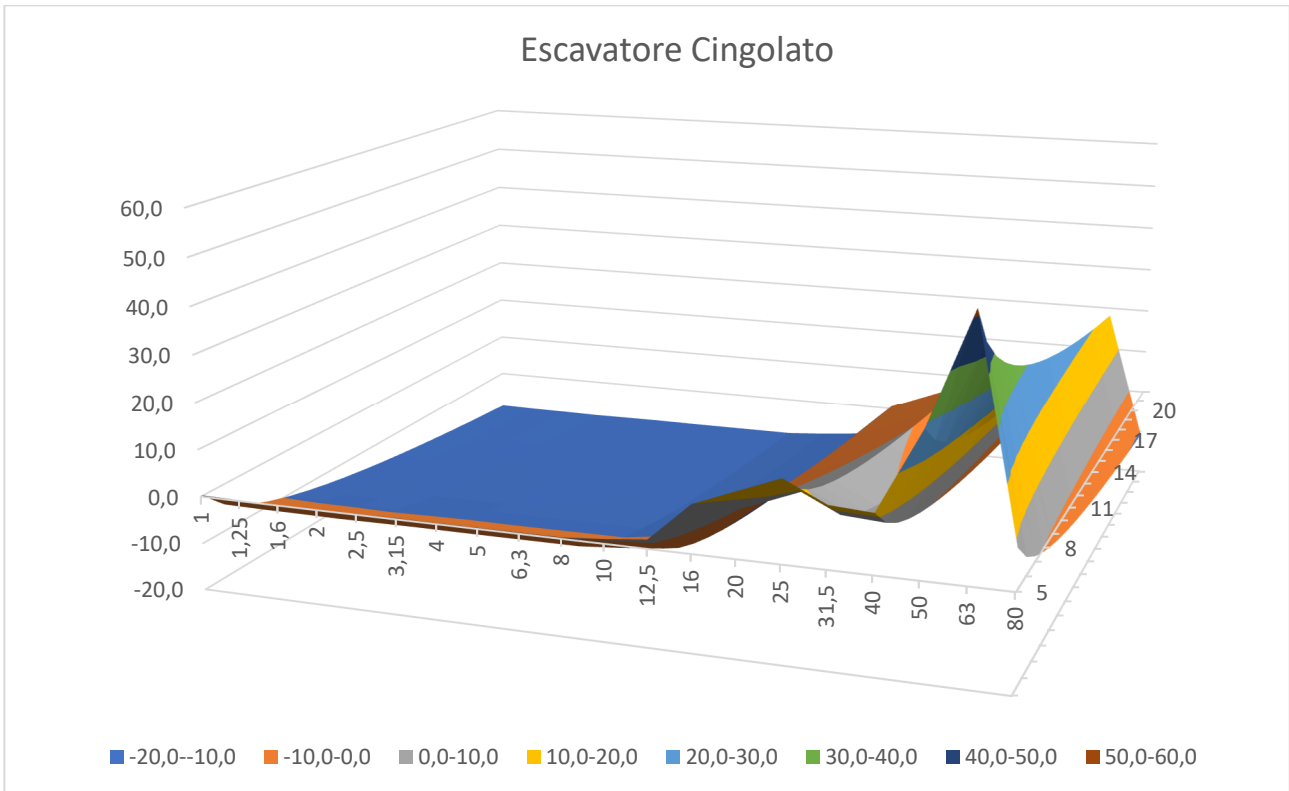


4.3 MACCHINARIO ESAMINATO: ESCAVATORE CINGOLATO – E SIMILARI



Di seguito i livelli di emissione vibrazionale alla distanza di 5 metri (Fonte: L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publ.)

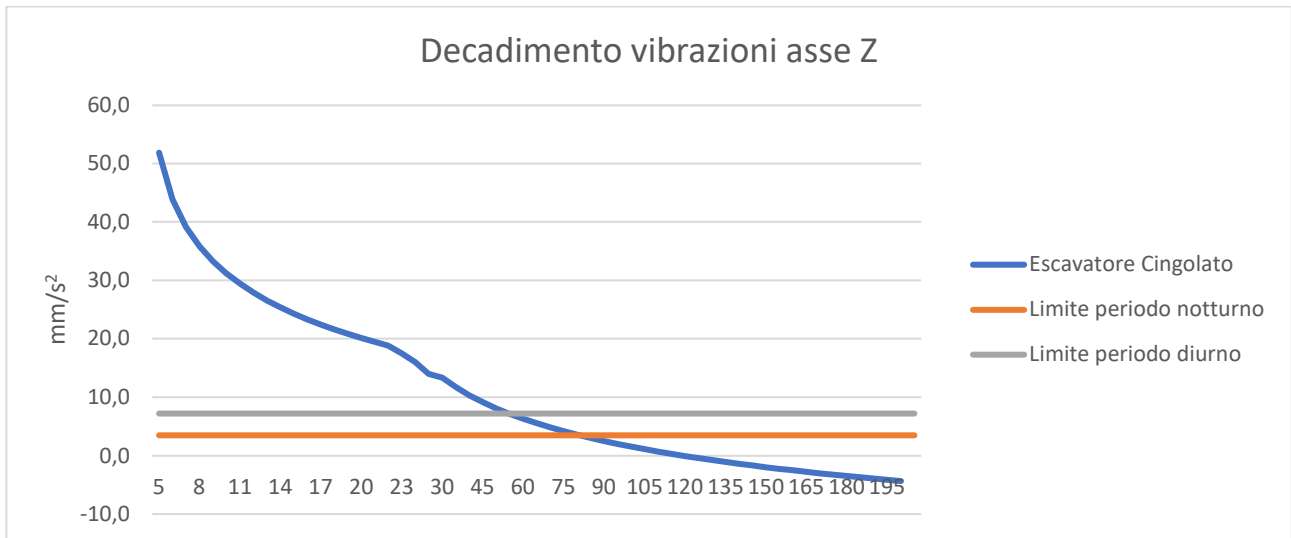
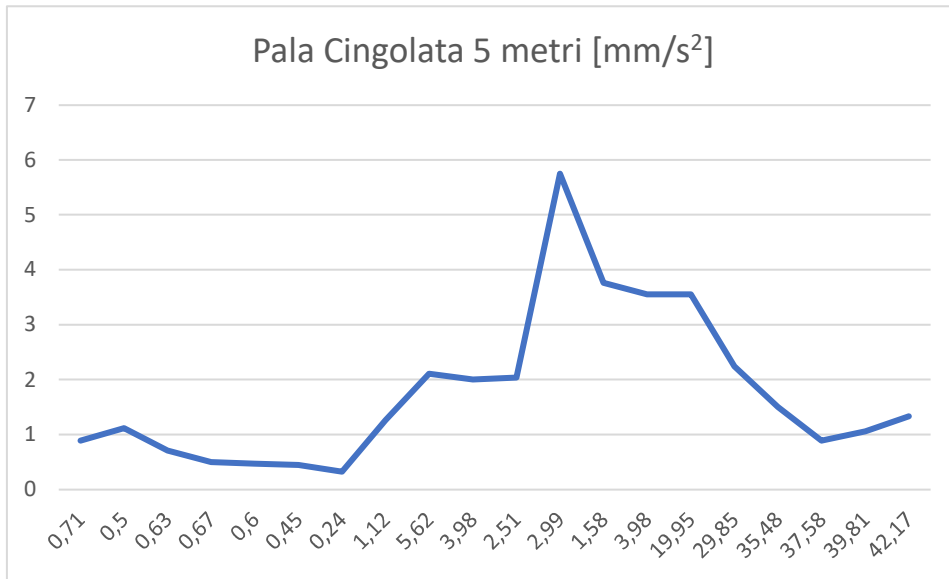


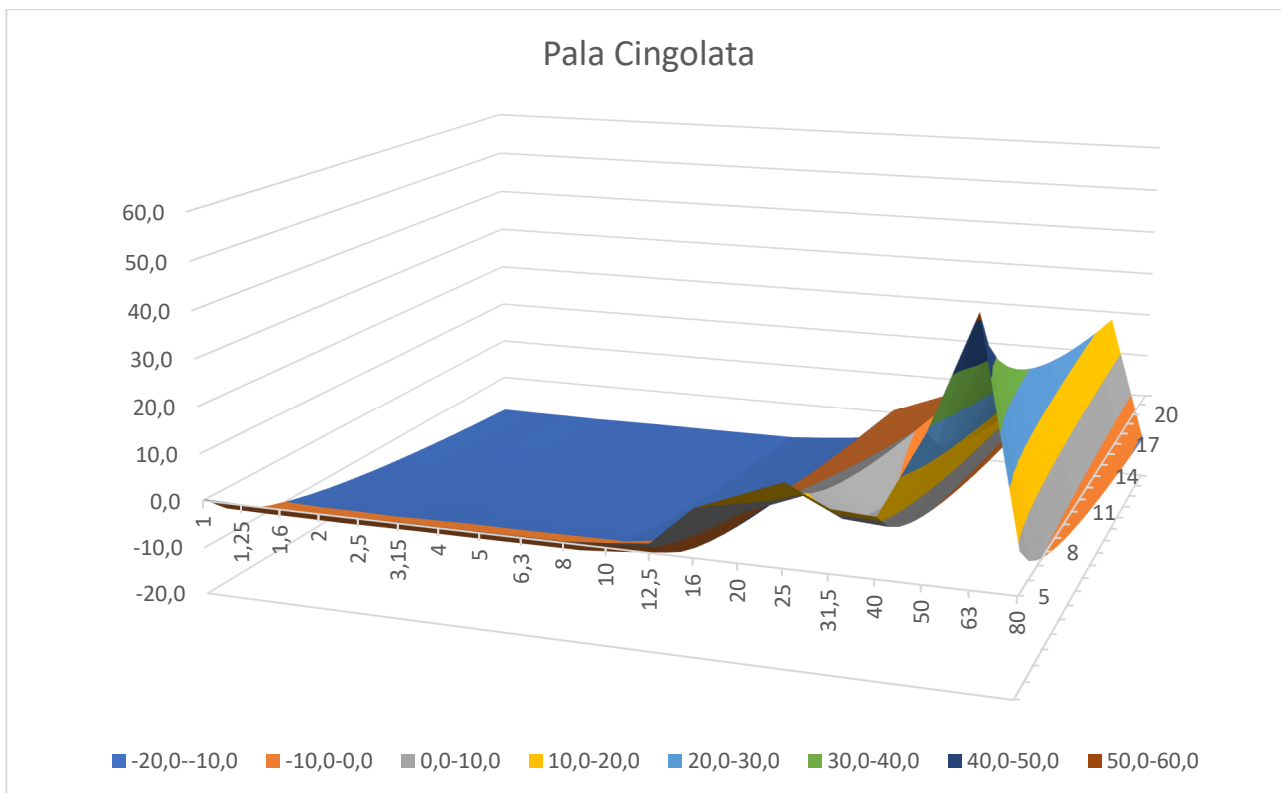


4.4 MACCHINARIO ESAMINATO: PALA CINGOLATA – E SIMILARI



Di seguito i livelli di emissione vibrazionale alla distanza di 5 metri (Fonte: L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publ.)

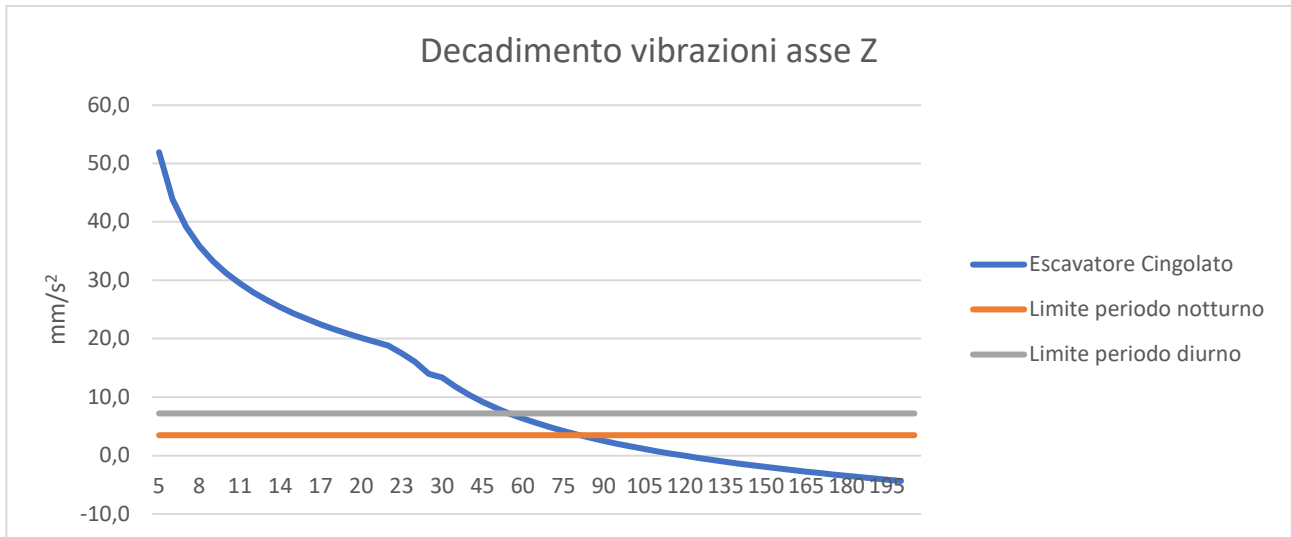
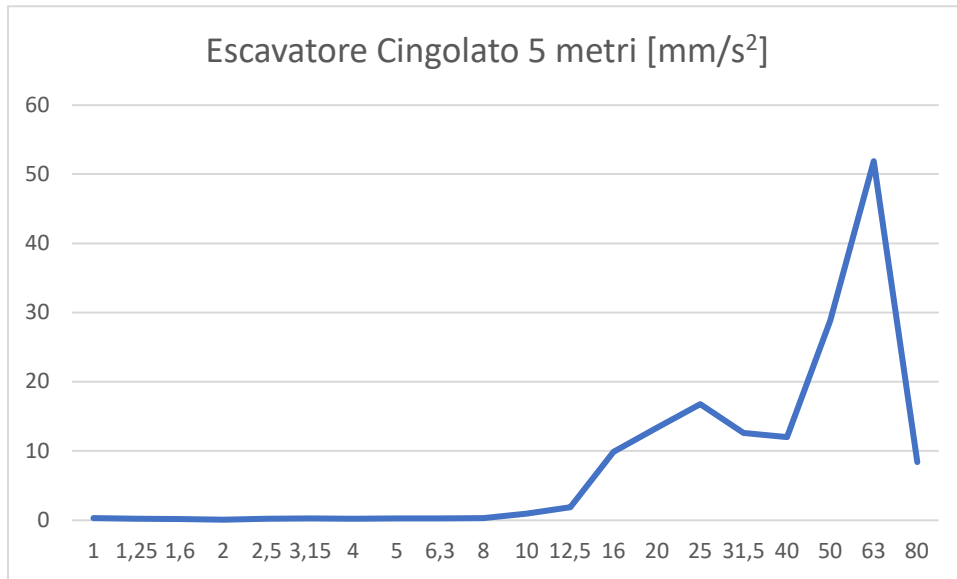


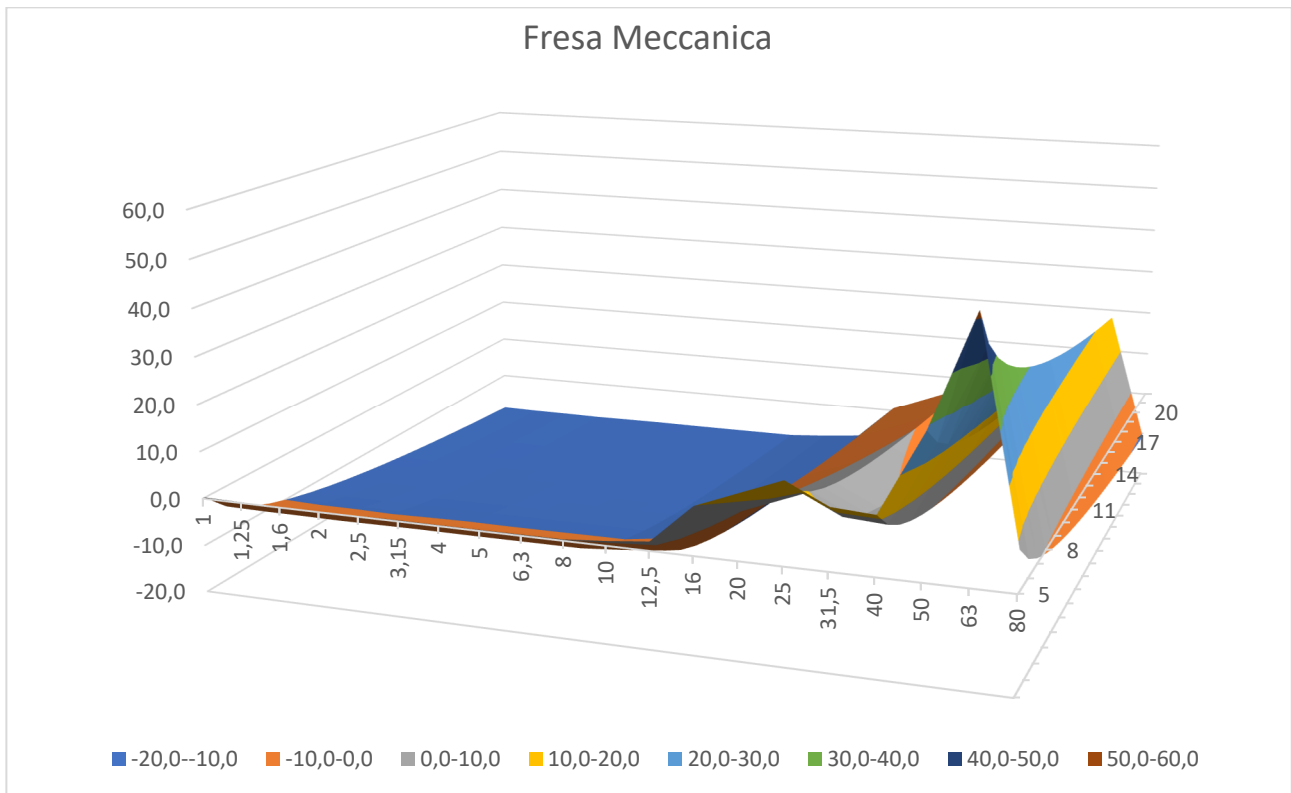


4.5 MACCHINARIO ESAMINATO: FRESA MECCANICA- TBM



Di seguito i livelli di emissione vibrazionale alla distanza di 5 metri (Fonte: L.H. Watkins - “Environmental impact of roads and traffic” - Appl. Science Publ.)

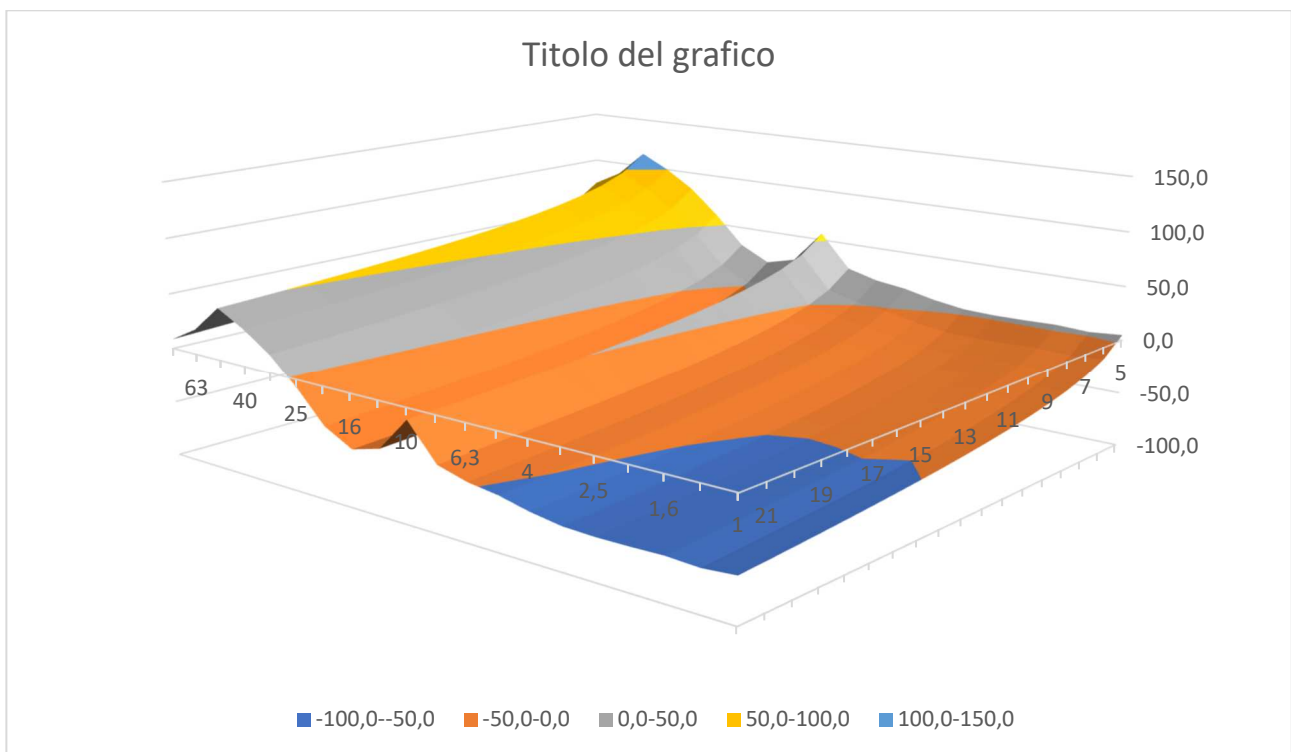
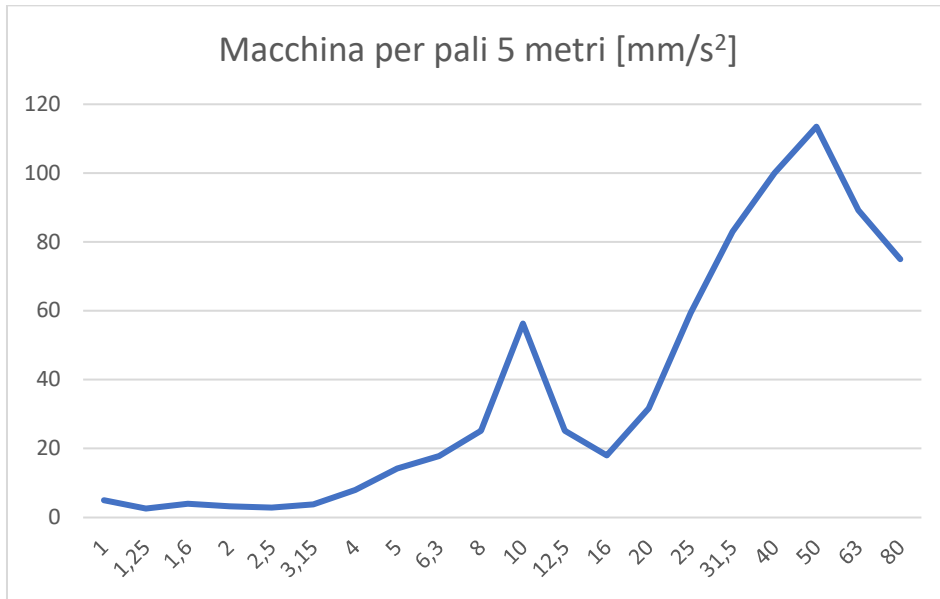




4.6 MACCHINARIO ESAMINATO: MACCHINA PER PALI



Di seguito i livelli di emissione vibrazionale alla distanza di 5 metri (Fonte: L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publ.)



5. ANALISI VIBRAZIONI CANTIERE

5.1 CANTIERE: SGR 1

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dai ricettori R.03 e R.18:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S1_Fresa Meccanica- TBM	R.03	270
S2_Escavatore	R.03	302
S3_Macchina per pali	R.03	220
S4_Autobetoniera	R.18	226
S5_Camion	R.01	72
S8_sonda per micropali	R.03	220
S12_autogru	R.18	120
S13_martello demolitore	R.03	220
S14_Autopompa calcestruzzo	R.18	104

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

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

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il V_{res} minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminata è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza ricevitore V_{sor} (mm/s ²)	ESITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S1_Fresa Meccanica-TBM	270	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S2_Escavatore	302	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S3_Macchina per pali	220	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S4_Autobetoniera	226	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	72	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S8_sonda per micropali	220	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S12_autogru	120	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S13_martello demolitore	220	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S14_Autopompa calcestruzzo	104	0	Positivo Rispetto limiti	7	10

5.2 CANTIERE: SGR 2

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dai ricettori R.19 e R.21:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S2_Escavatore	R.19	89
S4_Autobetoniera	R.21	111
S5_Camion	R.19	80
S17_Escavatore gommato	R.21	122
S12_autogru	R.19	161
S15_pala meccanica	R.20	230

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

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

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il Vres minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminati è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza riceettore V sor (mm/s ²)	ESITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S2_Escavatore	89	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S4_Autobetoniera	111	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	80	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S17_Escavatore gommato	122	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S12_autogru	161	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S15_pala meccanica	230	0	Positivo Rispetto limiti	55	80

5.3 CANTIERE: PZ 2

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dai ricettori R.04, R.05 e R.10:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S2_Escavatore	R.10	79
S3_Macchina per pali	R.04	124
S4_Autobetoniera	R.05	113
S5_Camion	R.05	143
S12_autogru	R.03	98
S13_martello demolitore	R.04	113
S14_Autopompa calcestruzzo	R.06	134
S15_pala meccanica	R.15	107
S17_Escavatore gommato	R.05	100

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono essere quantificate mediante l'accelerazione ponderata massima statistica della sorgente V_{sor}

che deve essere calcolata a partire dall' accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni immesse V_{imm} e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue V_{res} con la seguente equazione:

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il V_{res} minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminati è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza ricettore V_{sor} (mm/s ²)	ESITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S2_Escavatore	136	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S3_Macchina per pali	110	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S4_Autobetoniera	26	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	25	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S12_autogru	113	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S13_martello demolitore	136	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S14_Autopompa calcestruzzo	23	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S15_pala meccanica	70	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S17_Escavatore gommato	100	0	Positivo Rispetto limiti	55	80

5.4 CANTIERE: NODO S

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dai ricettori R.07, R.26, R.27 e R.28:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S2_Escavatore	R.27	136
S3_Macchina per pali	R.27	110
S4_Autobetoniera	R.26	26
S5_Camion	R.26	25
S12_autogru	R.27	113
S13_martello demolitore	R.28	136
S14_Autopompa calcestruzzo	R.26	23
S15_pala meccanica	R.07	70

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono essere quantificate mediante l'accelerazione ponderata massima statistica della sorgente V_{sor} che deve essere calcolata a partire dall'accelerazione ponderata massima statistica

delle vibrazioni immesse V_{imm} e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue V_{res} con la seguente equazione:

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il V_{res} minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminati è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza ricettore V_{sor} (mm/s ²)	ESITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S2_Escavatore	136	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S3_Macchina per pali	110	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S4_Autobetoniera	26	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	25	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S12_autogru	113	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S13_martello demolitore	136	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S14_Autopompa calcestruzzo	23	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S15_pala meccanica	70	0	Positivo Rispetto limiti	55	80

5.5 CANTIERE: BIP

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dal singolo ricettore R.01:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S2_Escavatore	R.01	290
S4_Autobetoniera	R.01	290
S5_Camion	R.01	290
S6_Gruppo elettrogeno	R.01	290
S1_Fresa Meccanica- TBM	R.01	330
S12_autogru	R.01	290
S13_martello demolitore	R.01	290
S14_Autopompa calcestruzzo	R.01	290
S15_pala meccanica	R.01	290
S17_Escavatore gommato	R.01	290
S18_TBM	R.01	290
S19_Gru a torre	R.01	330

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$. Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono essere quantificate mediante l'accelerazione ponderata massima statistica della sorgente V_{sor}

che deve essere calcolata a partire dall' accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni immesse V_{imm} e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue V_{res} con la seguente equazione:

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il V_{res} minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminati è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza ricettore V_{sor} (mm/s ²)	ESITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S2_Escavatore	290	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S3_Macchina per pali	290	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S4_Autobetoniera	290	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	330	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S12_autogru	290	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S13_martello demolitore	290	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S14_Autopompa calcestruzzo	290	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S15_pala meccanica	290	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S17_Escavatore gommato	290	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S18_TBM	290	0	Positivo Rispetto limiti	100	115

5.6 CANTIERE: COLLE SX

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dal singolo ricettore R.01:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S2_Escavatore	R.01	300
S4_Autobetoniera	R.01	300
S5_Camion	R.01	300
S1_Fresa Meccanica- TBM	R.01	300
S12_autogru	R.01	300
S13_martello demolitore	R.01	300
S14_Autopompa calcestruzzo	R.01	300
S15_pala meccanica	R.01	300
S17_Escavatore gommato	R.01	300

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono essere quantificate mediante l'accelerazione ponderata massima statistica della sorgente V_{sor}

che deve essere calcolata a partire dall' accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni immesse V_{imm} e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue V_{res} con la seguente equazione:

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il V_{res} minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminati è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza ricettore V_{sor} (mm/s ²)	ESITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S2_Escavatore	300	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S4_Autobetoniera	300	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	300	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S1_Fresa Meccanica-TBM	300	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S12_autogru	300	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S13_martello demolitore	300	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S14_Autopompa calcestruzzo	300	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S15_pala meccanica	300	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S17_Escavatore gommato	300	0	Positivo Rispetto limiti	55	80

5.7 CANTIERE: COLLE DX

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dal singolo ricettore R.12:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S2_Escavatore	R.12	265
S4_Autobetoniera	R.12	290
S5_Camion	R.12	244
S1_Fresa Meccanica- TBM	R.12	277
S8_sonda per micropali	R.12	271
S12_autogru	R.12	280
S13_martello demolitore	R.12	269
S14_Autopompa calcestruzzo	R.12	230
S15_pala meccanica	R.13	303
S17_Escavatore gommato	R.12	289

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

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

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il V_{res} minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminata è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza ricettore V_{sor} (mm/s ²)	ESITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S2_Escavatore	265	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S4_Autobetoniera	290	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	244	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S1_Fresa Meccanica-TBM	277	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S12_autogru	271	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S13_martello demolitore	280	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S14_Autopompa calcestruzzo	269	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S15_pala meccanica	230	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S17_Escavatore gommato	303	0	Positivo Rispetto limiti	55	80

5.8 CANTIERE: TURANO

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dai ricettori R.01 e R.04:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S2_Escavatore	R.04	57
S3_Macchina per pali	R.04	90
S4_Autobetoniera	R.01	177
S5_Camion	R.04	44
S1_Fresa Meccanica- TBM	R.01	146
S12_autogru	R.04	67
S13_martello demolitore	R.04	72
S14_Autopompa calcestruzzo	R.01	150
S15_pala meccanica	R.01	131

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono essere quantificate mediante l'accelerazione ponderata massima statistica della sorgente V_{sor}

che deve essere calcolata a partire dall' accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni immesse V_{imm} e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue V_{res} con la seguente equazione:

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il V_{res} minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminati è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza ricettore V_{sor} (mm/s ²)	ESITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S2_Escavatore	57	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S3_Macchina per pali	90	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S4_Autobetoniera	177	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	44	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S1_Fresa Meccanica-TBM	146	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S12_autogru	67	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S13_martello demolitore	72	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S14_Autopompa calcestruzzo	150	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S15_pala meccanica	131	0	Positivo Rispetto limiti	55	80

5.9 CANTIERE: SALTO 1

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dal singolo ricettore denominato R.07

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S2_Escavatore	R.07	156
S3_Macchina per pali	R.07	138
S4_Autobetoniera	R.07	100
S5_Camion	R.07	80
S1_Fresa Meccanica- TBM	R.07	146
S12_autogru	R.07	164
S13_martello demolitore	R.07	140
S14_Autopompa calcestruzzo	R.07	110
S15_pala meccanica	R.07	87

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono essere quantificate mediante l'accelerazione ponderata massima statistica della sorgente V_{sor} che deve essere calcolata a partire dall'accelerazione ponderata massima statistica

delle vibrazioni immesse V_{imm} e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue V_{res} con la seguente equazione:

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il V_{res} minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminati è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza ricettore V_{sor} (mm/s ²)	ESITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S2_Escavatore	156	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S3_Macchina per pali	138	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S4_Autobetoniera	100	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	80	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S1_Fresa Meccanica-TBM	146	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S12_autogru	164	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S13_martello demolitore	140	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S14_Autopompa calcestruzzo	110	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S15_pala meccanica	87	0	Positivo Rispetto limiti	55	80

5.10 CANTIERE: SALTO 2

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dal singolo ricettore R.12:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S2_Escavatore	R.12	49
S3_Macchina per pali	R.12	97
S4_Autobetoniera	R.12	64
S5_Camion	R.12	73
S8_sonda per micropali	R.12	61
S12_autogru	R.12	48
S13_martello demolitore	R.12	73
S14_Autopompa calcestruzzo	R.12	60
S15_pala meccanica	R.12	38

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono essere quantificate mediante l'accelerazione ponderata massima statistica della sorgente V_{sor} che deve essere calcolata a partire dall'accelerazione ponderata massima statistica

delle vibrazioni immesse V_{imm} e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue V_{res} con la seguente equazione:

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il V_{res} minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminati è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza riceettore V_{sor} (mm/s ²)	ESITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S2_Escavatore	49	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S3_Macchina per pali	97	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S4_Autobetoniera	64	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	73	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S8_sonda per micropali	61	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S12_autogru	48	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S13_martello demolitore	73	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S14_Autopompa calcestruzzo	60	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S15_pala meccanica	38	0	Positivo Rispetto limiti	55	80

5.11 CANTIERE: FINESTRA COTILIA

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dei ricettori R.05, R.06 e R.08:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S4_Autobetoniera	R.08	18
S5_Camion	R.08	20
S12_autogru	R.05	22
S14_Autopompa calcestruzzo	R.06	47

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

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

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il Vres minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminati è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza riceettore V sor (mm/s ²)	ESSITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S4_Autobetoniera	18	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	20	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S12_autogru	22	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S14_Autopompa calcestruzzo	47	0	Positivo Rispetto limiti	7	10

5.12 CANTIERE: M6

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dei ricettori R.01, R.02 e R.03:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S4_Autobetoniera	R.02	42
S5_Camion	R.03	20
S8_sonda per micropali	R.03	20
S12_autogru	R.03	25
S14_Autopompa calcestruzzo	R.01	28

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

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

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il Vres minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminati è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza ricettore V sor (mm/s ²)	ESSITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S4_Autobetoniera	42	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	20	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S8_sonda per micropali	20	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S12_autogru	25	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S14_Autopompa calcestruzzo	28	0	Positivo Rispetto limiti	7	10

5.13 CANTIERE: M4 M5

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dei ricettori R.02, R.06 e R.07:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S2_Escavatore	R.02	133
S3_Macchina per pali	R.07	90
S4_Autobetoniera	R.09	72
S5_Camion	R.06	155
S8_sonda per micropali	R.02	133
S21_Vibroinfissore palancole (solo M4)	R.01	150
S12_autogru	R.02	130
S13_martello demolitore	R.02	125
S14_Autopompa calcestruzzo	R.07	135
S15_pala meccanica	R.06	128

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono essere quantificate mediante l'accelerazione ponderata massima statistica della sorgente V_{sor}

che deve essere calcolata a partire dall' accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni immesse V_{imm} e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue V_{res} con la seguente equazione:

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il V_{res} minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminati è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza ricevitore V_{sor} (mm/s ²)	ESITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S2_Escavatore	133	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S3_Macchina per pali	90	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S4_Autobetoniera	72	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	155	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S1_Fresa Meccanica-TBM	133	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S8_sonda per micropali	150	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S12_autogru	130	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S13_martello demolitore	125	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S14_Autopompa calcestruzzo	135	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S15_pala meccanica	128	0	Positivo Rispetto limiti	55	80

5.14 CANTIERE: AREA SORGENTI M1 M2 M3

Di seguito le sorgenti analizzate e le distanze dai ricettori R.12 e R.13:

MACCHINARI	RICETTORI	DISTANZA (m)
S2_Escavatore	R.12	265
S4_Autobetoniera	R.12	290
S5_Camion	R.12	244
S1_Fresa Meccanica- TBM	R.12	277
S8_sonda per micropali	R.12	271
S12_autogru	R.12	280
S13_martello demolitore	R.12	269
S14_Autopompa calcestruzzo	R.12	230
S15_pala meccanica	R.13	303
S17_Escavatore gommato	R.12	289

CALCOLO DELL'ACCELERAZIONE PONDERATA EFFICACE

Il calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace $a_w(t)$ deve essere eseguito per la combinazione, istante per istante, a partire dalle tre accelerazioni assiali ponderate calcolate mediante l'equazione:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,rms,x}^2(t) + a_{w,rms,y}^2(t) + a_{w,rms,z}^2(t)}$$

La combinazione delle tre componenti assiali del valore efficace dell'accelerazione ponderata è effettuata secondo quanto richiesto dalla norma UNI ISO 2631-1:1997 punto 6.5 con $k_x=k_y=k_z = 1$.

Nello specifico visto che l'evento è stazionario nel tempo e non è un transiente si assume $a_w(t) = V_{sor}$.

Calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente

Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono essere quantificate mediante l'accelerazione ponderata massima statistica della sorgente V_{sor}

che deve essere calcolata a partire dall' accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni immesse V_{imm} e dalla accelerazione ponderata massima statistica delle vibrazioni residue V_{res} con la seguente equazione:

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

Ipotizzando la massima sollecitazione all'asse Z e ipotizzando il V_{res} minimo (regime cautelativo) la vibrazione esaminati è essenzialmente quella della sorgente indagata.

Fatte queste premesse emerge quanto segue:

MACCHINARI	DISTANZA (m)	Livello di vibrazioni alla distanza ricettore V_{sor} (mm/s ²)	ESITO VERIFICA	Distanza Critica Diurna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]	Distanza Critica Notturna (distanza massima presenza vibrazioni) [m]
S2_Escavatore	265	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S4_Autobetoniera	290	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S5_Camion	244	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S1_Fresa Meccanica-TBM	277	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S8_sonda per micropali	271	0	Positivo Rispetto limiti	100	115
S12_autogru	280	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S13_martello demolitore	269	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S14_Autopompa calcestruzzo	230	0	Positivo Rispetto limiti	7	10
S15_pala meccanica	303	0	Positivo Rispetto limiti	55	80
S17_Escavatore gommato	289	0	Positivo Rispetto limiti	55	80

6. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro sono state verificate in via previsionale le vibrazioni indotte dalle attività di cantiere nei confronti dei ricettori potenzialmente più esposti (le codifiche sono riferite allo studio acustico, cui si rimanda per il dettaglio).

I cantieri esaminati sono i seguenti:

- CANTIERE: SALTO 1
- CANTIERE: SALTO 2
- CANTIERE: TURANO
- CANTIERE: NODO S
- CANTIERE: PZ 2
- CANTIERE: BIP
- CANTIERE: COLLE SX
- CANTIERE: COLLE DX
- CANTIERE: AREA SORGENTI M1 M2 M3
- CANTIERE:M4 M5
- CANTIERE:M6
- CANTIERE: FINESTRA COTILIA
- CANTIERE: SGR 2
- CANTIERE: SGR 1

Il dato di partenza per la presente simulazione si ottiene dal database fornito da L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publication.

Analizzando le distanze e le vibrazioni delle sorgenti indagate nelle condizioni di lavoro indagate si ottiene il rispetto dei valori limite indicati dalla norma tecnica UNI 9416:2017, sia nel periodo notturno che diurno.

In considerazione della variabilità delle condizioni locali, sia in termini di posizionamento e tipologia delle sorgenti ma anche in termini di mezzo di propagazione, la presente analisi deve essere convalidata da misure di campo da eseguirsi con attività in corso d'opera.

Pur avendo riscontrato il rispetto dei limiti nelle condizioni analizzate, saranno tenute in considerazione le dovute procedure al fine di contenere i livelli vibrazionali generati dai

macchinari, agendo sulle modalità di utilizzo dei medesimi e sulla loro tipologia e adottando semplici accorgimenti, quali quelli di tenere gli autocarri in stazionamento a motore acceso il più possibile lontano dai ricettori.

La definizione di misure di dettaglio è demandata alla fase esecutiva.

Per i ricettori a ridotta distanza dalle aree di lavoro, dove presumibilmente le attività legate alle lavorazioni più impattanti saranno incompatibili con la fruizione del ricettore, saranno prese in considerazione procedure operative che consentano di evitare il disturbo negli orari e nei tempi di utilizzo dei ricettori.

7. MATRICI DI CALCOLO

PALA CINGOLATA E SIMILARI

Frequenza	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Distanza																				
5	0,9	1,1	0,7	0,5	0,5	0,5	0,3	1,3	2,1	2,0	2,0	5,8	3,8	3,6	3,6	2,2	1,5	0,9	1,1	1,3
6	-3,7	-3,5	-3,9	-4,1	-4,1	-4,2	-4,3	-3,4	-2,5	-2,6	-2,6	1,1	-0,9	-1,1	-1,1	-2,4	-3,1	-3,7	-3,6	-3,3
7	-6,4	-6,2	-6,6	-6,8	-6,8	-6,9	-7,0	-6,1	-5,2	-5,3	-5,3	-1,6	-3,6	-3,8	-3,8	-5,1	-5,8	-6,4	-6,3	-6,0
8	-8,3	-8,1	-8,5	-8,7	-8,8	-8,8	-8,9	-8,0	-7,1	-7,2	-7,2	-3,5	-5,5	-5,7	-5,7	-7,0	-7,7	-8,3	-8,2	-7,9
9	-9,8	-9,6	-10,0	-10,2	-10,3	-10,3	-10,4	-9,5	-8,6	-8,7	-8,7	-5,0	-7,0	-7,2	-7,2	-8,5	-9,2	-9,8	-9,7	-9,4
10	-11,0	-10,8	-11,2	-11,4	-11,5	-11,5	-11,6	-10,7	-9,8	-9,9	-9,9	-6,2	-8,2	-8,4	-8,4	-9,7	-10,4	-11,0	-10,9	-10,6
11	-12,1	-11,8	-12,3	-12,5	-12,5	-12,5	-12,6	-11,7	-10,9	-11,0	-10,9	-7,2	-9,2	-9,4	-9,4	-10,7	-11,5	-12,1	-11,9	-11,6
12	-13,0	-12,7	-13,1	-13,4	-13,4	-13,4	-13,5	-12,6	-11,7	-11,9	-11,8	-8,1	-10,1	-10,3	-10,3	-11,6	-12,4	-13,0	-12,8	-12,5
13	-13,7	-13,5	-13,9	-14,1	-14,2	-14,2	-14,3	-13,4	-12,5	-12,6	-12,6	-8,9	-10,9	-11,1	-11,1	-12,4	-13,1	-13,7	-13,6	-13,3
14	-14,4	-14,2	-14,6	-14,8	-14,9	-14,9	-15,0	-14,1	-13,2	-13,3	-13,3	-9,6	-11,6	-11,8	-11,8	-13,1	-13,8	-14,4	-14,3	-14,0
15	-15,1	-14,9	-15,3	-15,5	-15,5	-15,5	-15,6	-14,7	-13,9	-14,0	-13,9	-10,2	-12,2	-12,4	-12,4	-13,7	-14,5	-15,1	-14,9	-14,6
16	-15,7	-15,4	-15,8	-16,1	-16,1	-16,1	-16,2	-15,3	-14,4	-14,6	-14,5	-10,8	-12,8	-13,0	-13,0	-14,3	-15,1	-15,7	-15,5	-15,2
17	-16,2	-16,0	-16,4	-16,6	-16,6	-16,6	-16,8	-15,8	-15,0	-15,1	-15,0	-11,3	-13,3	-13,5	-13,5	-14,8	-15,6	-16,2	-16,0	-15,8
18	-16,7	-16,5	-16,9	-17,1	-17,1	-17,1	-17,3	-16,3	-15,5	-15,6	-15,5	-11,8	-13,8	-14,0	-14,0	-15,3	-16,1	-16,7	-16,5	-16,3
19	-17,2	-16,9	-17,3	-17,5	-17,6	-17,6	-17,7	-16,8	-15,9	-16,0	-16,0	-12,3	-14,3	-14,5	-14,5	-15,8	-16,5	-17,2	-17,0	-16,7
20	-17,6	-17,4	-17,8	-18,0	-18,0	-18,0	-18,1	-17,2	-16,4	-16,5	-16,4	-12,7	-14,7	-14,9	-14,9	-16,2	-17,0	-17,6	-17,4	-17,1
21	-18,0	-17,8	-18,2	-18,4	-18,4	-18,4	-18,5	-17,6	-16,8	-16,9	-16,8	-13,1	-15,1	-15,3	-15,3	-16,6	-17,4	-18,0	-17,8	-17,5
22	-18,4	-18,1	-18,5	-18,8	-18,8	-18,8	-18,9	-18,0	-17,1	-17,3	-17,2	-13,5	-15,5	-15,7	-15,7	-17,0	-17,8	-18,4	-18,2	-17,9
23	-18,7	-18,5	-18,9	-19,1	-19,1	-19,2	-19,3	-18,4	-17,5	-17,6	-17,6	-13,9	-15,9	-16,1	-16,1	-17,4	-18,1	-18,7	-18,6	-18,3
24	-19,1	-18,8	-19,2	-19,5	-19,5	-19,5	-19,6	-18,7	-17,8	-18,0	-17,9	-14,2	-16,2	-16,4	-16,4	-17,7	-18,5	-19,1	-18,9	-18,6
25	-20,6	-20,3	-20,7	-20,9	-21,0	-21,0	-21,1	-20,2	-19,3	-19,4	-19,4	-15,7	-17,7	-17,9	-17,9	-19,2	-19,9	-20,6	-20,4	-20,1

Frequenza	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Distanza																				
30	-21,8	-21,5	-21,9	-22,2	-22,2	-22,2	-22,3	-21,4	-20,5	-20,7	-20,6	-16,9	-18,9	-19,1	-19,1	-20,4	-21,2	-21,8	-21,6	-21,3
35	-22,8	-22,6	-23,0	-23,2	-23,2	-23,2	-23,4	-22,4	-21,6	-21,7	-21,6	-17,9	-19,9	-20,1	-20,1	-21,4	-22,2	-22,8	-22,6	-22,4
40	-23,7	-23,5	-23,9	-24,1	-24,1	-24,1	-24,2	-23,3	-22,5	-22,6	-22,5	-18,8	-20,8	-21,0	-21,0	-22,3	-23,1	-23,7	-23,5	-23,2
45	-24,5	-24,2	-24,6	-24,9	-24,9	-24,9	-25,0	-24,1	-23,2	-23,4	-23,3	-19,6	-21,6	-21,8	-21,8	-23,1	-23,9	-24,5	-24,3	-24,0
50	-25,2	-24,9	-25,4	-25,6	-25,6	-25,6	-25,7	-24,8	-24,0	-24,1	-24,0	-20,3	-22,3	-22,5	-22,5	-23,8	-24,6	-25,2	-25,0	-24,7
55	-25,8	-25,6	-26,0	-26,2	-26,2	-26,2	-26,4	-25,4	-24,6	-24,7	-24,7	-20,9	-22,9	-23,1	-23,1	-24,5	-25,2	-25,8	-25,6	-25,4
60	-26,4	-26,2	-26,6	-26,8	-26,8	-26,8	-26,9	-26,0	-25,2	-25,3	-25,2	-21,5	-23,5	-23,7	-23,7	-25,0	-25,8	-26,4	-26,2	-25,9
65	-26,9	-26,7	-27,1	-27,3	-27,3	-27,4	-27,5	-26,5	-25,7	-25,8	-25,8	-22,1	-24,0	-24,3	-24,3	-25,6	-26,3	-26,9	-26,7	-26,5
70	-27,4	-27,2	-27,6	-27,8	-27,8	-27,9	-28,0	-27,0	-26,2	-26,3	-26,3	-22,6	-24,5	-24,8	-24,8	-26,1	-26,8	-27,4	-27,2	-27,0
75	-27,9	-27,6	-28,1	-28,3	-28,3	-28,3	-28,4	-27,5	-26,7	-26,8	-26,7	-23,0	-25,0	-25,2	-25,2	-26,5	-27,3	-27,9	-27,7	-27,4
80	-28,3	-28,1	-28,5	-28,7	-28,7	-28,7	-28,9	-27,9	-27,1	-27,2	-27,2	-23,4	-25,4	-25,6	-25,6	-27,0	-27,7	-28,3	-28,1	-27,9
85	-28,7	-28,5	-28,9	-29,1	-29,1	-29,1	-29,3	-28,3	-27,5	-27,6	-27,6	-23,8	-25,8	-26,0	-26,0	-27,4	-28,1	-28,7	-28,5	-28,3
90	-29,1	-28,9	-29,3	-29,5	-29,5	-29,5	-29,6	-28,7	-27,9	-28,0	-27,9	-24,2	-26,2	-26,4	-26,4	-27,7	-28,5	-29,1	-28,9	-28,6
95	-29,4	-29,2	-29,6	-29,8	-29,9	-29,9	-30,0	-29,1	-28,2	-28,3	-28,3	-24,6	-26,6	-26,8	-26,8	-28,1	-28,8	-29,4	-29,3	-29,0
100	-29,8	-29,6	-30,0	-30,2	-30,2	-30,2	-30,3	-29,4	-28,6	-28,7	-28,6	-24,9	-26,9	-27,1	-27,1	-28,4	-29,2	-29,8	-29,6	-29,3
105	-30,1	-29,9	-30,3	-30,5	-30,5	-30,6	-30,7	-29,7	-28,9	-29,0	-29,0	-25,3	-27,2	-27,5	-27,5	-28,8	-29,5	-30,1	-29,9	-29,7
110	-30,4	-30,2	-30,6	-30,8	-30,8	-30,9	-31,0	-30,1	-29,2	-29,3	-29,3	-25,6	-27,6	-27,8	-27,8	-29,1	-29,8	-30,4	-30,3	-30,0
115	-30,7	-30,5	-30,9	-31,1	-31,1	-31,2	-31,3	-30,4	-29,5	-29,6	-29,6	-25,9	-27,9	-28,1	-28,1	-29,4	-30,1	-30,7	-30,6	-30,3
120	-31,0	-30,8	-31,2	-31,4	-31,4	-31,4	-31,6	-30,6	-29,8	-29,9	-29,9	-26,1	-28,1	-28,3	-28,3	-29,7	-30,4	-31,0	-30,8	-30,6
125	-31,3	-31,0	-31,5	-31,7	-31,7	-31,7	-31,8	-30,9	-30,1	-30,2	-30,1	-26,4	-28,4	-28,6	-28,6	-29,9	-30,7	-31,3	-31,1	-30,8
130	-31,5	-31,3	-31,7	-31,9	-32,0	-32,0	-32,1	-31,2	-30,3	-30,4	-30,4	-26,7	-28,7	-28,9	-28,9	-30,2	-30,9	-31,5	-31,4	-31,1
135	-31,8	-31,6	-32,0	-32,2	-32,2	-32,2	-32,3	-31,4	-30,6	-30,7	-30,6	-26,9	-28,9	-29,1	-29,1	-30,4	-31,2	-31,8	-31,6	-31,3
140	-32,0	-31,8	-32,2	-32,4	-32,5	-32,5	-32,6	-31,7	-30,8	-30,9	-30,9	-27,2	-29,2	-29,4	-29,4	-30,7	-31,4	-32,0	-31,9	-31,6
145	-32,3	-32,0	-32,4	-32,7	-32,7	-32,7	-32,8	-31,9	-31,0	-31,2	-31,1	-27,4	-29,4	-29,6	-29,6	-30,9	-31,7	-32,3	-32,1	-31,8
150	-32,5	-32,3	-32,7	-32,9	-32,9	-32,9	-33,1	-32,1	-31,3	-31,4	-31,3	-27,6	-29,6	-29,8	-29,8	-31,1	-31,9	-32,5	-32,3	-32,1

Frequenza	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Distanza																				
155	-32,7	-32,5	-32,9	-33,1	-33,1	-33,1	-33,3	-32,3	-31,5	-31,6	-31,6	-27,8	-29,8	-30,0	-30,0	-31,4	-32,1	-32,7	-32,5	-32,3
160	-32,9	-32,7	-33,1	-33,3	-33,3	-33,4	-33,5	-32,6	-31,7	-31,8	-31,8	-28,1	-30,1	-30,3	-30,3	-31,6	-32,3	-32,9	-32,8	-32,5
165	-33,1	-32,9	-33,3	-33,5	-33,5	-33,6	-33,7	-32,8	-31,9	-32,0	-32,0	-28,3	-30,3	-30,5	-30,5	-31,8	-32,5	-33,1	-33,0	-32,7
170	-33,3	-33,1	-33,5	-33,7	-33,7	-33,8	-33,9	-33,0	-32,1	-32,2	-32,2	-28,5	-30,5	-30,7	-30,7	-32,0	-32,7	-33,3	-33,2	-32,9
175	-33,5	-33,3	-33,7	-33,9	-33,9	-34,0	-34,1	-33,1	-32,3	-32,4	-32,4	-28,7	-30,6	-30,9	-30,9	-32,2	-32,9	-33,5	-33,3	-33,1
180	-33,7	-33,5	-33,9	-34,1	-34,1	-34,1	-34,3	-33,3	-32,5	-32,6	-32,6	-28,8	-30,8	-31,0	-31,0	-32,4	-33,1	-33,7	-33,5	-33,3
185	-33,9	-33,7	-34,1	-34,3	-34,3	-34,3	-34,4	-33,5	-32,7	-32,8	-32,7	-29,0	-31,0	-31,2	-31,2	-32,5	-33,3	-33,9	-33,7	-33,4
190	-34,1	-33,8	-34,2	-34,5	-34,5	-34,5	-34,6	-33,7	-32,8	-33,0	-32,9	-29,2	-31,2	-31,4	-31,4	-32,7	-33,5	-34,1	-33,9	-33,6
195	-34,2	-34,0	-34,4	-34,6	-34,7	-34,7	-34,8	-33,9	-33,0	-33,1	-33,1	-29,4	-31,4	-31,6	-31,6	-32,9	-33,6	-34,2	-34,1	-33,8
200	-34,4	-34,2	-34,6	-34,8	-34,8	-34,8	-35,0	-34,0	-33,2	-33,3	-33,3	-29,5	-31,5	-31,7	-31,7	-33,1	-33,8	-34,4	-34,2	-34,0

AUTOCARRO E SIMILARI

Frequenza	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
distanza																				
5	0,9	1,1	0,7	0,5	0,5	0,5	0,3	1,3	2,1	2,0	2,0	5,8	3,8	3,6	3,6	2,2	1,5	0,9	1,1	1,1
6	-3,7	-3,5	-3,9	-4,1	-4,1	-4,2	-4,3	-3,4	-2,5	-2,6	-2,6	1,1	-0,9	-1,1	-1,1	-2,4	-3,1	-3,7	-3,6	-3,6
7	-6,4	-6,2	-6,6	-6,8	-6,8	-6,9	-7,0	-6,1	-5,2	-5,3	-5,3	-1,6	-3,6	-3,8	-3,8	-5,1	-5,8	-6,4	-6,3	-6,3
8	-8,3	-8,1	-8,5	-8,7	-8,8	-8,8	-8,9	-8,0	-7,1	-7,2	-7,2	-3,5	-5,5	-5,7	-5,7	-7,0	-7,7	-8,3	-8,2	-8,2
9	-9,8	-9,6	-10,0	-10,2	-10,3	-10,3	-10,4	-9,5	-8,6	-8,7	-8,7	-5,0	-7,0	-7,2	-7,2	-8,5	-9,2	-9,8	-9,7	-9,7
10	-11,0	-10,8	-11,2	-11,4	-11,5	-11,5	-11,6	-10,7	-9,8	-9,9	-9,9	-6,2	-8,2	-8,4	-8,4	-9,7	-10,4	-11,0	-10,9	-10,9
11	-12,1	-11,8	-12,3	-12,5	-12,5	-12,5	-12,6	-11,7	-10,9	-11,0	-10,9	-7,2	-9,2	-9,4	-9,4	-10,7	-11,5	-12,1	-11,9	-11,9
12	-13,0	-12,7	-13,1	-13,4	-13,4	-13,4	-13,5	-12,6	-11,7	-11,9	-11,8	-8,1	-10,1	-10,3	-10,3	-11,6	-12,4	-13,0	-12,8	-12,8
13	-13,7	-13,5	-13,9	-14,1	-14,2	-14,2	-14,3	-13,4	-12,5	-12,6	-12,6	-8,9	-10,9	-11,1	-11,1	-12,4	-13,1	-13,7	-13,6	-13,6
14	-14,4	-14,2	-14,6	-14,8	-14,9	-14,9	-15,0	-14,1	-13,2	-13,3	-13,3	-9,6	-11,6	-11,8	-11,8	-13,1	-13,8	-14,4	-14,3	-14,3
15	-15,1	-14,9	-15,3	-15,5	-15,5	-15,5	-15,6	-14,7	-13,9	-14,0	-13,9	-10,2	-12,2	-12,4	-12,4	-13,7	-14,5	-15,1	-14,9	-14,9
16	-15,7	-15,4	-15,8	-16,1	-16,1	-16,1	-16,2	-15,3	-14,4	-14,6	-14,5	-10,8	-12,8	-13,0	-13,0	-14,3	-15,1	-15,7	-15,5	-15,5
17	-16,2	-16,0	-16,4	-16,6	-16,6	-16,6	-16,8	-15,8	-15,0	-15,1	-15,0	-11,3	-13,3	-13,5	-13,5	-14,8	-15,6	-16,2	-16,0	-16,0
18	-16,7	-16,5	-16,9	-17,1	-17,1	-17,1	-17,3	-16,3	-15,5	-15,6	-15,5	-11,8	-13,8	-14,0	-14,0	-15,3	-16,1	-16,7	-16,5	-16,5
19	-17,2	-16,9	-17,3	-17,5	-17,6	-17,6	-17,7	-16,8	-15,9	-16,0	-16,0	-12,3	-14,3	-14,5	-14,5	-15,8	-16,5	-17,2	-17,0	-17,0
20	-17,6	-17,4	-17,8	-18,0	-18,0	-18,0	-18,1	-17,2	-16,4	-16,5	-16,4	-12,7	-14,7	-14,9	-14,9	-16,2	-17,0	-17,6	-17,4	-17,4
21	-18,0	-17,8	-18,2	-18,4	-18,4	-18,4	-18,5	-17,6	-16,8	-16,9	-16,8	-13,1	-15,1	-15,3	-15,3	-16,6	-17,4	-18,0	-17,8	-17,8
22	-18,4	-18,1	-18,5	-18,8	-18,8	-18,8	-18,9	-18,0	-17,1	-17,3	-17,2	-13,5	-15,5	-15,7	-15,7	-17,0	-17,8	-18,4	-18,2	-18,2
23	-18,7	-18,5	-18,9	-19,1	-19,1	-19,2	-19,3	-18,4	-17,5	-17,6	-17,6	-13,9	-15,9	-16,1	-16,1	-17,4	-18,1	-18,7	-18,6	-18,6
24	-19,1	-18,8	-19,2	-19,5	-19,5	-19,5	-19,6	-18,7	-17,8	-18,0	-17,9	-14,2	-16,2	-16,4	-16,4	-17,7	-18,5	-19,1	-18,9	-18,9
25	-20,6	-20,3	-20,7	-20,9	-21,0	-21,0	-21,1	-20,2	-19,3	-19,4	-19,4	-15,7	-17,7	-17,9	-17,9	-19,2	-19,9	-20,6	-20,4	-20,4
30	-21,8	-21,5	-21,9	-22,2	-22,2	-22,2	-22,3	-21,4	-20,5	-20,7	-20,6	-16,9	-18,9	-19,1	-19,1	-20,4	-21,2	-21,8	-21,6	-21,6
35	-22,8	-22,6	-23,0	-23,2	-23,2	-23,2	-23,4	-22,4	-21,6	-21,7	-21,6	-17,9	-19,9	-20,1	-20,1	-21,4	-22,2	-22,8	-22,6	-22,6

Frequenza	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	
distanza																					
40	-23,7	-23,5	-23,9	-24,1	-24,1	-24,1	-24,2	-23,3	-22,5	-22,6	-22,5	-18,8	-20,8	-21,0	-21,0	-22,3	-23,1	-23,7	-23,5	-23,5	
45	-24,5	-24,2	-24,6	-24,9	-24,9	-24,9	-25,0	-24,1	-23,2	-23,4	-23,3	-19,6	-21,6	-21,8	-21,8	-23,1	-23,9	-24,5	-24,3	-24,3	
50	-25,2	-24,9	-25,4	-25,6	-25,6	-25,6	-25,7	-24,8	-24,0	-24,1	-24,0	-20,3	-22,3	-22,5	-22,5	-23,8	-24,6	-25,2	-25,0	-25,0	
55	-25,8	-25,6	-26,0	-26,2	-26,2	-26,2	-26,4	-25,4	-24,6	-24,7	-24,7	-20,9	-22,9	-23,1	-23,1	-24,5	-25,2	-25,8	-25,6	-25,6	
60	-26,4	-26,2	-26,6	-26,8	-26,8	-26,8	-26,9	-26,0	-25,2	-25,3	-25,2	-21,5	-23,5	-23,7	-23,7	-25,0	-25,8	-26,4	-26,2	-26,2	
65	-26,9	-26,7	-27,1	-27,3	-27,3	-27,4	-27,5	-26,5	-25,7	-25,8	-25,8	-22,1	-24,0	-24,3	-24,3	-25,6	-26,3	-26,9	-26,7	-26,7	
70	-27,4	-27,2	-27,6	-27,8	-27,8	-27,9	-28,0	-27,0	-26,2	-26,3	-26,3	-22,6	-24,5	-24,8	-24,8	-26,1	-26,8	-27,4	-27,2	-27,2	
75	-27,9	-27,6	-28,1	-28,3	-28,3	-28,3	-28,4	-27,5	-26,7	-26,8	-26,7	-23,0	-25,0	-25,2	-25,2	-26,5	-27,3	-27,9	-27,7	-27,7	
80	-28,3	-28,1	-28,5	-28,7	-28,7	-28,7	-28,9	-27,9	-27,1	-27,2	-27,2	-23,4	-25,4	-25,6	-25,6	-27,0	-27,7	-28,3	-28,1	-28,1	
85	-28,7	-28,5	-28,9	-29,1	-29,1	-29,1	-29,3	-28,3	-27,5	-27,6	-27,6	-23,8	-25,8	-26,0	-26,0	-27,4	-28,1	-28,7	-28,5	-28,5	
90	-29,1	-28,9	-29,3	-29,5	-29,5	-29,5	-29,6	-28,7	-27,9	-28,0	-27,9	-24,2	-26,2	-26,4	-26,4	-27,7	-28,5	-29,1	-28,9	-28,9	
95	-29,4	-29,2	-29,6	-29,8	-29,9	-29,9	-30,0	-29,1	-28,2	-28,3	-28,3	-24,6	-26,6	-26,8	-26,8	-28,1	-28,8	-29,4	-29,3	-29,3	
100	-29,8	-29,6	-30,0	-30,2	-30,2	-30,2	-30,3	-29,4	-28,6	-28,7	-28,6	-24,9	-26,9	-27,1	-27,1	-28,4	-29,2	-29,8	-29,6	-29,6	
105	-30,1	-29,9	-30,3	-30,5	-30,5	-30,6	-30,7	-29,7	-28,9	-29,0	-29,0	-25,3	-27,2	-27,5	-27,5	-28,8	-29,5	-30,1	-29,9	-29,9	
110	-30,4	-30,2	-30,6	-30,8	-30,8	-30,9	-31,0	-30,1	-29,2	-29,3	-29,3	-25,6	-27,6	-27,8	-27,8	-29,1	-29,8	-30,4	-30,3	-30,3	
115	-30,7	-30,5	-30,9	-31,1	-31,1	-31,2	-31,3	-30,4	-29,5	-29,6	-29,6	-25,9	-27,9	-28,1	-28,1	-29,4	-30,1	-30,7	-30,6	-30,6	
120	-31,0	-30,8	-31,2	-31,4	-31,4	-31,4	-31,6	-30,6	-29,8	-29,9	-29,9	-26,1	-28,1	-28,3	-28,3	-29,7	-30,4	-31,0	-30,8	-30,8	
125	-31,3	-31,0	-31,5	-31,7	-31,7	-31,7	-31,8	-30,9	-30,1	-30,2	-30,1	-26,4	-28,4	-28,6	-28,6	-29,9	-30,7	-31,3	-31,1	-31,1	
130	-31,5	-31,3	-31,7	-31,9	-32,0	-32,0	-32,1	-31,2	-30,3	-30,4	-30,4	-26,7	-28,7	-28,9	-28,9	-30,2	-30,9	-31,5	-31,4	-31,4	
135	-31,8	-31,6	-32,0	-32,2	-32,2	-32,2	-32,3	-31,4	-30,6	-30,7	-30,6	-26,9	-28,9	-29,1	-29,1	-30,4	-31,2	-31,8	-31,6	-31,6	
140	-32,0	-31,8	-32,2	-32,4	-32,5	-32,5	-32,6	-31,7	-30,8	-30,9	-30,9	-27,2	-29,2	-29,4	-29,4	-30,7	-31,4	-32,0	-31,9	-31,9	
145	-32,3	-32,0	-32,4	-32,7	-32,7	-32,7	-32,8	-31,9	-31,0	-31,2	-31,1	-27,4	-29,4	-29,6	-29,6	-30,9	-31,7	-32,3	-32,1	-32,1	
150	-32,5	-32,3	-32,7	-32,9	-32,9	-32,9	-33,1	-32,1	-31,3	-31,4	-31,3	-27,6	-29,6	-29,8	-29,8	-31,1	-31,9	-32,5	-32,3	-32,3	
155	-32,7	-32,5	-32,9	-33,1	-33,1	-33,1	-33,3	-32,3	-31,5	-31,6	-31,6	-27,8	-29,8	-30,0	-30,0	-31,4	-32,1	-32,7	-32,5	-32,5	
160	-32,9	-32,7	-33,1	-33,3	-33,3	-33,4	-33,5	-32,6	-31,7	-31,8	-31,8	-28,1	-30,1	-30,3	-30,3	-31,6	-32,3	-32,9	-32,8	-32,8	

Frequenza	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
distanza																				
165	-33,1	-32,9	-33,3	-33,5	-33,5	-33,6	-33,7	-32,8	-31,9	-32,0	-32,0	-28,3	-30,3	-30,5	-30,5	-31,8	-32,5	-33,1	-33,0	-33,0
170	-33,3	-33,1	-33,5	-33,7	-33,7	-33,8	-33,9	-33,0	-32,1	-32,2	-32,2	-28,5	-30,5	-30,7	-30,7	-32,0	-32,7	-33,3	-33,2	-33,2
175	-33,5	-33,3	-33,7	-33,9	-33,9	-34,0	-34,1	-33,1	-32,3	-32,4	-32,4	-28,7	-30,6	-30,9	-30,9	-32,2	-32,9	-33,5	-33,3	-33,3
180	-33,7	-33,5	-33,9	-34,1	-34,1	-34,1	-34,3	-33,3	-32,5	-32,6	-32,6	-28,8	-30,8	-31,0	-31,0	-32,4	-33,1	-33,7	-33,5	-33,5
185	-33,9	-33,7	-34,1	-34,3	-34,3	-34,3	-34,4	-33,5	-32,7	-32,8	-32,7	-29,0	-31,0	-31,2	-31,2	-32,5	-33,3	-33,9	-33,7	-33,7
190	-34,1	-33,8	-34,2	-34,5	-34,5	-34,5	-34,6	-33,7	-32,8	-33,0	-32,9	-29,2	-31,2	-31,4	-31,4	-32,7	-33,5	-34,1	-33,9	-33,9
195	-34,2	-34,0	-34,4	-34,6	-34,7	-34,7	-34,8	-33,9	-33,0	-33,1	-33,1	-29,4	-31,4	-31,6	-31,6	-32,9	-33,6	-34,2	-34,1	-34,1
200	-34,4	-34,2	-34,6	-34,8	-34,8	-34,8	-35,0	-34,0	-33,2	-33,3	-33,3	-29,5	-31,5	-31,7	-31,7	-33,1	-33,8	-34,4	-34,2	-34,2

ESCAVATORE CINGOLATO E SIMILARI

Frequenza	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	
Distanza																					
5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	1,0	1,9	9,9	13,3	16,8	12,6	12,0	28,8	51,9	8,4	
6	-4,3	-4,4	-4,4	-4,5	-4,4	-4,4	-4,4	-4,4	-4,3	-4,3	-3,6	-2,7	5,3	8,7	12,2	8,0	7,4	24,2	43,8	3,8	
7	-7,0	-7,1	-7,1	-7,2	-7,1	-7,1	-7,1	-7,1	-7,0	-7,0	-6,3	-5,4	2,6	6,0	9,5	5,3	4,7	21,5	39,1	1,1	
8	-8,9	-9,0	-9,0	-9,1	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-8,9	-8,3	-7,4	0,7	4,1	7,6	3,4	2,8	19,6	35,7	-0,8	
9	-10,4	-10,5	-10,5	-10,6	-10,5	-10,5	-10,5	-10,5	-10,4	-10,4	-9,7	-8,8	-0,8	2,6	6,1	1,9	1,3	18,1	33,1	-2,3	
10	-11,6	-11,7	-11,7	-11,8	-11,7	-11,7	-11,7	-11,7	-11,7	-11,6	-11,0	-10,1	-2,0	1,4	4,9	0,7	0,1	16,9	31,0	-3,5	
11	-12,6	-12,8	-12,8	-12,8	-12,8	-12,7	-12,7	-12,7	-12,7	-12,7	-12,0	-11,1	-3,1	0,4	3,8	-0,4	-0,9	15,9	29,2	-4,6	
12	-13,5	-13,7	-13,7	-13,7	-13,7	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-12,9	-12,0	-4,0	-0,5	2,9	-1,3	-1,8	15,0	27,6	-5,4	
13	-14,3	-14,4	-14,4	-14,5	-14,4	-14,4	-14,4	-14,4	-14,4	-14,3	-13,7	-12,8	-4,7	-1,3	2,2	-2,0	-2,6	14,2	26,3	-6,2	
14	-15,0	-15,1	-15,1	-15,2	-15,1	-15,1	-15,1	-15,1	-15,1	-15,0	-14,4	-13,5	-5,4	-2,0	1,5	-2,7	-3,3	13,5	25,0	-6,9	
15	-15,7	-15,8	-15,8	-15,9	-15,8	-15,7	-15,7	-15,7	-15,7	-15,7	-15,0	-14,1	-6,1	-2,6	0,8	-3,4	-4,0	12,9	23,9	-7,6	
16	-16,2	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4	-16,3	-16,3	-16,3	-16,3	-16,3	-15,6	-14,7	-6,7	-3,2	0,2	-4,0	-4,5	12,3	22,9	-8,1	
17	-16,8	-16,9	-16,9	-17,0	-16,9	-16,8	-16,8	-16,8	-16,8	-16,8	-16,1	-15,2	-7,2	-3,7	-0,3	-4,5	-5,1	11,8	22,0	-8,7	
18	-17,3	-17,4	-17,4	-17,5	-17,4	-17,3	-17,3	-17,3	-17,3	-17,3	-16,6	-15,7	-7,7	-4,2	-0,8	-5,0	-5,6	11,3	21,1	-9,2	
19	-17,7	-17,8	-17,9	-17,9	-17,8	-17,8	-17,8	-17,8	-17,8	-17,7	-17,1	-16,2	-8,2	-4,7	-1,3	-5,5	-6,0	10,8	20,3	-9,6	
20	-18,2	-18,3	-18,3	-18,4	-18,3	-18,2	-18,2	-18,2	-18,2	-18,2	-17,5	-16,6	-8,6	-5,1	-1,7	-5,9	-6,5	10,4	19,5	-10,1	
21	-18,6	-18,7	-18,7	-18,8	-18,7	-18,6	-18,6	-18,6	-18,6	-18,6	-17,9	-17,0	-9,0	-5,5	-2,1	-6,3	-6,9	10,0	18,8	-10,5	
22	-18,9	-19,1	-19,1	-19,1	-19,1	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-18,3	-17,4	-9,4	-5,9	-2,5	-6,7	-7,2	9,6	18,2	-10,8	
23	-19,3	-19,4	-19,4	-19,5	-19,4	-19,4	-19,4	-19,4	-19,3	-19,3	-18,6	-17,7	-9,7	-6,3	-2,8	-7,0	-7,6	9,2	17,5	-11,2	
24	-19,6	-19,8	-19,8	-19,8	-19,8	-19,7	-19,7	-19,7	-19,7	-19,7	-19,0	-18,1	-10,1	-6,6	-3,2	-7,4	-7,9	8,9	16,9	-11,5	
25	-21,1	-21,2	-21,3	-21,3	-21,2	-21,2	-21,2	-21,2	-21,2	-21,1	-20,5	-19,6	-11,6	-8,1	-4,7	-8,9	-9,4	7,4	14,3	-13,0	
30	-22,3	-22,5	-22,5	-22,5	-22,5	-22,4	-22,4	-22,4	-22,4	-22,4	-21,7	-20,8	-12,8	-9,3	-5,9	-10,1	-10,6	6,2	12,2	-14,2	
35	-23,4	-23,5	-23,5	-23,6	-23,5	-23,4	-23,4	-23,4	-23,4	-23,4	-22,7	-21,8	-13,8	-10,3	-6,9	-11,1	-11,7	5,2	10,4	-15,3	

Frequenza	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	
Distanza																					
40	-24,3	-24,4	-24,4	-24,5	-24,4	-24,3	-24,3	-24,3	-24,3	-24,3	-23,6	-22,7	-14,7	-11,2	-7,8	-12,0	-12,6	4,3	8,9	-16,2	
45	-25,0	-25,2	-25,2	-25,2	-25,2	-25,1	-25,1	-25,1	-25,1	-25,1	-24,4	-23,5	-15,5	-12,0	-8,6	-12,8	-13,3	3,5	7,5	-16,9	
50	-25,7	-25,9	-25,9	-25,9	-25,9	-25,8	-25,8	-25,8	-25,8	-25,8	-25,1	-24,2	-16,2	-12,7	-9,3	-13,5	-14,0	2,8	6,3	-17,7	
55	-26,4	-26,5	-26,5	-26,6	-26,5	-26,4	-26,5	-26,4	-26,4	-26,4	-25,7	-24,8	-16,8	-13,4	-9,9	-14,1	-14,7	2,1	5,1	-18,3	
60	-27,0	-27,1	-27,1	-27,2	-27,1	-27,0	-27,0	-27,0	-27,0	-27,0	-26,3	-25,4	-17,4	-13,9	-10,5	-14,7	-15,3	1,6	4,1	-18,9	
65	-27,5	-27,6	-27,6	-27,7	-27,6	-27,5	-27,6	-27,6	-27,5	-27,5	-26,8	-25,9	-17,9	-14,5	-11,0	-15,2	-15,8	1,0	3,2	-19,4	
70	-28,0	-28,1	-28,1	-28,2	-28,1	-28,0	-28,1	-28,1	-28,0	-28,0	-27,3	-26,4	-18,4	-15,0	-11,5	-15,7	-16,3	0,5	2,3	-19,9	
75	-28,4	-28,6	-28,6	-28,6	-28,6	-28,5	-28,5	-28,5	-28,5	-28,5	-27,8	-26,9	-18,9	-15,4	-12,0	-16,2	-16,7	0,1	1,5	-20,4	
80	-28,9	-29,0	-29,0	-29,1	-29,0	-28,9	-29,0	-28,9	-28,9	-28,9	-28,2	-27,3	-19,3	-15,9	-12,4	-16,6	-17,2	-0,4	0,8	-20,8	
85	-29,3	-29,4	-29,4	-29,5	-29,4	-29,3	-29,4	-29,3	-29,3	-29,3	-28,6	-27,7	-19,7	-16,3	-12,8	-17,0	-17,6	-0,8	0,1	-21,2	
90	-29,7	-29,8	-29,8	-29,9	-29,8	-29,7	-29,7	-29,7	-29,7	-29,7	-29,0	-28,1	-20,1	-16,6	-13,2	-17,4	-18,0	-1,1	-0,6	-21,6	
95	-30,0	-30,1	-30,1	-30,2	-30,1	-30,1	-30,1	-30,1	-30,1	-30,0	-29,4	-28,5	-20,4	-17,0	-13,5	-17,7	-18,3	-1,5	-1,2	-21,9	
100	-30,4	-30,5	-30,5	-30,6	-30,5	-30,4	-30,4	-30,4	-30,4	-30,4	-29,7	-28,8	-20,8	-17,3	-13,9	-18,1	-18,7	-1,8	-1,8	-22,3	
105	-30,7	-30,8	-30,8	-30,9	-30,8	-30,7	-30,8	-30,8	-30,7	-30,7	-30,0	-29,1	-21,1	-17,7	-14,2	-18,4	-19,0	-2,2	-2,4	-22,6	
110	-31,0	-31,1	-31,1	-31,2	-31,1	-31,1	-31,1	-31,1	-31,0	-31,0	-30,3	-29,4	-21,4	-18,0	-14,5	-18,7	-19,3	-2,5	-2,9	-22,9	
115	-31,3	-31,4	-31,4	-31,5	-31,4	-31,4	-31,4	-31,4	-31,3	-31,3	-30,6	-29,7	-21,7	-18,3	-14,8	-19,0	-19,6	-2,8	-3,5	-23,2	
120	-31,6	-31,7	-31,7	-31,8	-31,7	-31,6	-31,7	-31,6	-31,6	-31,6	-30,9	-30,0	-22,0	-18,6	-15,1	-19,3	-19,9	-3,1	-4,0	-23,5	
125	-31,8	-32,0	-32,0	-32,0	-32,0	-31,9	-31,9	-31,9	-31,9	-31,9	-31,2	-30,3	-22,3	-18,8	-15,4	-19,6	-20,1	-3,3	-4,4	-23,8	
130	-32,1	-32,2	-32,2	-32,3	-32,2	-32,2	-32,2	-32,2	-32,1	-32,1	-31,4	-30,5	-22,5	-19,1	-15,6	-19,8	-20,4	-3,6	-4,9	-24,0	
135	-32,4	-32,5	-32,5	-32,6	-32,5	-32,4	-32,4	-32,4	-32,4	-32,4	-31,7	-30,8	-22,8	-19,3	-15,9	-20,1	-20,7	-3,8	-5,3	-24,3	
140	-32,6	-32,7	-32,7	-32,8	-32,7	-32,7	-32,7	-32,7	-32,6	-32,6	-31,9	-31,0	-23,0	-19,6	-16,1	-20,3	-20,9	-4,1	-5,7	-24,5	
145	-32,8	-33,0	-33,0	-33,0	-33,0	-32,9	-32,9	-32,9	-32,9	-32,9	-32,2	-31,3	-23,3	-19,8	-16,4	-20,6	-21,1	-4,3	-6,2	-24,7	
150	-33,1	-33,2	-33,2	-33,3	-33,2	-33,1	-33,1	-33,1	-33,1	-33,1	-32,4	-31,5	-23,5	-20,0	-16,6	-20,8	-21,4	-4,5	-6,6	-25,0	
155	-33,3	-33,4	-33,4	-33,5	-33,4	-33,3	-33,4	-33,3	-33,3	-33,3	-32,6	-31,7	-23,7	-20,3	-16,8	-21,0	-21,6	-4,8	-6,9	-25,2	
160	-33,5	-33,6	-33,6	-33,7	-33,6	-33,6	-33,6	-33,6	-33,5	-33,5	-32,8	-31,9	-23,9	-20,5	-17,0	-21,2	-21,8	-5,0	-7,3	-25,4	

Frequenza	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Distanza																				
165	-33,7	-33,8	-33,8	-33,9	-33,8	-33,8	-33,8	-33,8	-33,7	-33,7	-33,0	-32,1	-24,1	-20,7	-17,2	-21,4	-22,0	-5,2	-7,7	-25,6
170	-33,9	-34,0	-34,0	-34,1	-34,0	-34,0	-34,0	-34,0	-33,9	-33,9	-33,2	-32,3	-24,3	-20,9	-17,4	-21,6	-22,2	-5,4	-8,0	-25,8
175	-34,1	-34,2	-34,2	-34,3	-34,2	-34,1	-34,2	-34,2	-34,1	-34,1	-33,4	-32,5	-24,5	-21,1	-17,6	-21,8	-22,4	-5,6	-8,4	-26,0
180	-34,3	-34,4	-34,4	-34,5	-34,4	-34,3	-34,4	-34,3	-34,3	-34,3	-33,6	-32,7	-24,7	-21,3	-17,8	-22,0	-22,6	-5,8	-8,7	-26,2
185	-34,5	-34,6	-34,6	-34,7	-34,6	-34,5	-34,5	-34,5	-34,5	-34,5	-33,8	-32,9	-24,9	-21,4	-18,0	-22,2	-22,8	-5,9	-9,0	-26,4
190	-34,6	-34,8	-34,8	-34,8	-34,8	-34,7	-34,7	-34,7	-34,7	-34,7	-34,0	-33,1	-25,1	-21,6	-18,2	-22,4	-22,9	-6,1	-9,3	-26,5
195	-34,8	-34,9	-34,9	-35,0	-34,9	-34,9	-34,9	-34,9	-34,8	-34,8	-34,1	-33,2	-25,2	-21,8	-18,3	-22,5	-23,1	-6,3	-9,6	-26,7
200	-35,0	-35,1	-35,1	-35,2	-35,1	-35,0	-35,1	-35,0	-35,0	-35,0	-34,3	-33,4	-25,4	-22,0	-18,5	-22,7	-23,3	-6,5	-9,9	-26,9

MACCHINA PER PALI

Frequenza	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Distanza																				
5	5,0	2,6	4,0	3,2	2,8	3,8	7,9	14,1	17,8	25,1	56,2	25,2	18,0	31,6	59,3	82,9	100,0	113,5	89,1	75,0
6	-10,9	-13,4	-12,0	-12,8	-13,1	-12,2	-8,0	-1,8	1,8	9,2	40,3	9,2	2,0	15,7	43,4	67,0	84,1	97,5	73,2	59,0
7	-20,3	-22,7	-21,3	-22,1	-22,4	-21,5	-17,3	-11,1	-7,5	-0,1	31,0	-0,1	-7,3	6,4	34,0	57,6	74,7	88,2	63,9	49,7
8	-26,9	-29,3	-27,9	-28,7	-29,1	-28,1	-23,9	-17,8	-14,1	-6,8	24,3	-6,7	-13,9	-0,3	27,4	51,0	68,1	81,6	57,2	43,1
9	-32,0	-34,5	-33,0	-33,8	-34,2	-33,2	-29,1	-22,9	-19,2	-11,9	19,2	-11,9	-19,0	-5,4	22,3	45,9	63,0	76,5	52,1	38,0
10	-36,2	-38,7	-37,2	-38,0	-38,4	-37,4	-33,3	-27,1	-23,4	-16,1	15,0	-16,1	-23,2	-9,6	18,1	41,7	58,8	72,3	47,9	33,8
11	-39,8	-42,2	-40,8	-41,6	-41,9	-41,0	-36,8	-30,6	-27,0	-19,6	11,5	-19,6	-26,8	-13,1	14,6	38,2	55,2	68,7	44,4	30,2
12	-42,8	-45,3	-43,8	-44,7	-45,0	-44,1	-39,9	-33,7	-30,0	-22,7	8,4	-22,7	-29,8	-16,2	11,5	35,1	52,2	65,7	41,3	27,2
13	-45,5	-48,0	-46,6	-47,4	-47,7	-46,8	-42,6	-36,4	-32,8	-25,4	5,7	-25,4	-32,6	-18,9	8,8	32,4	49,5	62,9	38,6	24,5
14	-48,0	-50,4	-49,0	-49,8	-50,1	-49,2	-45,0	-38,8	-35,2	-27,8	3,3	-27,8	-35,0	-21,3	6,4	30,0	47,0	60,5	36,2	22,0
15	-50,2	-52,6	-51,2	-52,0	-52,3	-51,4	-47,2	-41,0	-37,4	-30,0	1,1	-30,0	-37,2	-23,5	4,2	27,8	44,8	58,3	34,0	19,8
16	-52,2	-54,6	-53,2	-54,0	-54,3	-53,4	-49,2	-43,0	-39,4	-32,0	-0,9	-32,0	-39,2	-25,5	2,2	25,8	42,8	56,3	32,0	17,8
17	-54,0	-56,4	-55,0	-55,8	-56,2	-55,2	-51,1	-44,9	-41,2	-33,9	-2,8	-33,8	-41,0	-27,4	0,3	23,9	41,0	54,5	30,1	16,0
18	-55,7	-58,1	-56,7	-57,5	-57,9	-56,9	-52,8	-46,6	-42,9	-35,6	-4,5	-35,5	-42,7	-29,1	-1,4	22,2	39,3	52,8	28,4	14,3
19	-57,3	-59,7	-58,3	-59,1	-59,5	-58,5	-54,3	-48,2	-44,5	-37,2	-6,1	-37,1	-44,3	-30,7	-3,0	20,6	37,7	51,2	26,8	12,7
20	-58,8	-61,2	-59,8	-60,6	-60,9	-60,0	-55,8	-49,6	-46,0	-38,6	-7,5	-38,6	-45,8	-32,1	-4,5	19,1	36,2	49,7	25,4	11,2
21	-60,2	-62,6	-61,2	-62,0	-62,3	-61,4	-57,2	-51,0	-47,4	-40,0	-8,9	-40,0	-47,2	-33,5	-5,9	17,7	34,8	48,3	24,0	9,8
22	-61,5	-63,9	-62,5	-63,3	-63,7	-62,7	-58,5	-52,3	-48,7	-41,4	-10,2	-41,3	-48,5	-34,9	-7,2	16,4	33,5	47,0	22,7	8,5
23	-62,7	-65,2	-63,7	-64,6	-64,9	-64,0	-59,8	-53,6	-49,9	-42,6	-11,5	-42,6	-49,7	-36,1	-8,4	15,2	32,3	45,8	21,4	7,3
24	-63,9	-66,4	-64,9	-65,7	-66,1	-65,1	-61,0	-54,8	-51,1	-43,8	-12,7	-43,7	-50,9	-37,3	-9,6	14,0	31,1	44,6	20,2	6,1
25	-69,0	-71,5	-70,1	-70,9	-71,2	-70,3	-66,1	-59,9	-56,3	-48,9	-17,8	-48,9	-56,1	-42,4	-14,7	8,9	26,0	39,4	15,1	1,0

Frequenza	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Distanza																				
30	-73,2	-75,7	-74,2	-75,1	-75,4	-74,5	-70,3	-64,1	-60,4	-53,1	-22,0	-53,1	-60,2	-46,6	-18,9	4,7	21,8	35,3	10,9	-3,2
35	-76,8	-79,2	-77,8	-78,6	-79,0	-78,0	-73,8	-67,6	-64,0	-56,7	-25,5	-56,6	-63,8	-50,2	-22,5	1,1	18,2	31,7	7,4	-6,8
40	-79,8	-82,3	-80,9	-81,7	-82,0	-81,1	-76,9	-70,7	-67,1	-59,7	-28,6	-59,7	-66,9	-53,2	-25,5	-1,9	15,2	28,6	4,3	-9,9
45	-82,6	-85,0	-83,6	-84,4	-84,7	-83,8	-79,6	-73,4	-69,8	-62,4	-31,3	-62,4	-69,6	-55,9	-28,2	-4,6	12,4	25,9	1,6	-12,6
50	-85,0	-87,4	-86,0	-86,8	-87,2	-86,2	-82,0	-75,8	-72,2	-64,9	-33,7	-64,8	-72,0	-58,4	-30,7	-7,1	10,0	23,5	-0,8	-15,0
55	-87,2	-89,6	-88,2	-89,0	-89,3	-88,4	-84,2	-78,0	-74,4	-67,0	-35,9	-67,0	-74,2	-60,5	-32,9	-9,3	7,8	21,3	-3,0	-17,2
60	-89,2	-91,6	-90,2	-91,0	-91,3	-90,4	-86,2	-80,0	-76,4	-69,0	-37,9	-69,0	-76,2	-62,5	-34,9	-11,3	5,8	19,3	-5,0	-19,2
65	-91,0	-93,5	-92,0	-92,8	-93,2	-92,2	-88,1	-81,9	-78,2	-70,9	-39,8	-70,9	-78,0	-64,4	-36,7	-13,1	4,0	17,5	-6,9	-21,0
70	-92,7	-95,2	-93,7	-94,5	-94,9	-93,9	-89,8	-83,6	-79,9	-72,6	-41,5	-72,6	-79,7	-66,1	-38,4	-14,8	2,3	15,8	-8,6	-22,7
75	-94,3	-96,8	-95,3	-96,1	-96,5	-95,5	-91,4	-85,2	-81,5	-74,2	-43,1	-74,1	-81,3	-67,7	-40,0	-16,4	0,7	14,2	-10,2	-24,3
80	-95,8	-98,2	-96,8	-97,6	-98,0	-97,0	-92,8	-86,7	-83,0	-75,7	-44,6	-75,6	-82,8	-69,2	-41,5	-17,9	-0,8	12,7	-11,7	-25,8
85	-97,2	-99,6	-98,2	-99,0	-99,4	-98,4	-94,2	-88,1	-84,4	-77,1	-46,0	-77,0	-84,2	-70,6	-42,9	-19,3	-2,2	11,3	-13,1	-27,2
90	-98,5	-100,9	-99,5	-100,3	-100,7	-99,7	-95,6	-89,4	-85,7	-78,4	-47,3	-78,3	-85,5	-71,9	-44,2	-20,6	-3,5	10,0	-14,4	-28,5
95	-99,7	-102,2	-100,8	-101,6	-101,9	-101,0	-96,8	-90,6	-87,0	-79,6	-48,5	-79,6	-86,8	-73,1	-45,4	-21,8	-4,7	8,7	-15,6	-29,7
100	-100,9	-103,4	-101,9	-102,7	-103,1	-102,1	-98,0	-91,8	-88,1	-80,8	-49,7	-80,8	-87,9	-74,3	-46,6	-23,0	-5,9	7,6	-16,8	-30,9
105	-102,0	-104,5	-103,1	-103,9	-104,2	-103,3	-99,1	-92,9	-89,3	-81,9	-50,8	-81,9	-89,1	-75,4	-47,7	-24,1	-7,0	6,4	-17,9	-32,1
110	-103,1	-105,6	-104,1	-104,9	-105,3	-104,3	-100,2	-94,0	-90,3	-83,0	-51,9	-83,0	-90,1	-76,5	-48,8	-25,2	-8,1	5,4	-19,0	-33,1
115	-104,1	-106,6	-105,2	-106,0	-106,3	-105,4	-101,2	-95,0	-91,4	-84,0	-52,9	-84,0	-91,2	-77,5	-49,8	-26,2	-9,1	4,3	-20,0	-34,1
120	-105,1	-107,6	-106,1	-106,9	-107,3	-106,3	-102,2	-96,0	-92,3	-85,0	-53,9	-85,0	-92,1	-78,5	-50,8	-27,2	-10,1	3,4	-21,0	-35,1
125	-106,1	-108,5	-107,1	-107,9	-108,2	-107,3	-103,1	-96,9	-93,3	-85,9	-54,8	-85,9	-93,1	-79,4	-51,7	-28,1	-11,1	2,4	-21,9	-36,1
130	-107,0	-109,4	-108,0	-108,8	-109,1	-108,2	-104,0	-97,8	-94,2	-86,8	-55,7	-86,8	-94,0	-80,3	-52,6	-29,0	-12,0	1,5	-22,8	-37,0
135	-107,8	-110,3	-108,8	-109,7	-110,0	-109,1	-104,9	-98,7	-95,0	-87,7	-56,6	-87,7	-94,8	-81,2	-53,5	-29,9	-12,8	0,7	-23,7	-37,8
140	-108,7	-111,1	-109,7	-110,5	-110,8	-109,9	-105,7	-99,5	-95,9	-88,5	-57,4	-88,5	-95,7	-82,0	-54,3	-30,7	-13,7	-0,2	-24,5	-38,7
145	-109,5	-111,9	-110,5	-111,3	-111,6	-110,7	-106,5	-100,3	-96,7	-89,3	-58,2	-89,3	-96,5	-82,8	-55,2	-31,6	-14,5	-1,0	-25,3	-39,5
150	-110,2	-112,7	-111,3	-112,1	-112,4	-111,5	-107,3	-101,1	-97,5	-90,1	-59,0	-90,1	-97,3	-83,6	-55,9	-32,3	-15,2	-1,8	-26,1	-40,3

Frequenza	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Distanza																				
155	-111,0	-113,4	-112,0	-112,8	-113,2	-112,2	-108,1	-101,9	-98,2	-90,9	-59,8	-90,8	-98,0	-84,4	-56,7	-33,1	-16,0	-2,5	-26,9	-41,0
160	-111,7	-114,2	-112,7	-113,6	-113,9	-113,0	-108,8	-102,6	-98,9	-91,6	-60,5	-91,6	-98,7	-85,1	-57,4	-33,8	-16,7	-3,2	-27,6	-41,7
165	-112,4	-114,9	-113,5	-114,3	-114,6	-113,7	-109,5	-103,3	-99,7	-92,3	-61,2	-92,3	-99,5	-85,8	-58,1	-34,5	-17,4	-4,0	-28,3	-42,4
170	-113,1	-115,6	-114,1	-115,0	-115,3	-114,4	-110,2	-104,0	-100,3	-93,0	-61,9	-93,0	-100,1	-86,5	-58,8	-35,2	-18,1	-4,6	-29,0	-43,1
175	-113,8	-116,2	-114,8	-115,6	-116,0	-115,0	-110,9	-104,7	-101,0	-93,7	-62,6	-93,6	-100,8	-87,2	-59,5	-35,9	-18,8	-5,3	-29,7	-43,8
180	-114,4	-116,9	-115,5	-116,3	-116,6	-115,7	-111,5	-105,3	-101,7	-94,3	-63,2	-94,3	-101,5	-87,8	-60,1	-36,5	-19,4	-6,0	-30,3	-44,4
185	-115,1	-117,5	-116,1	-116,9	-117,2	-116,3	-112,1	-105,9	-102,3	-94,9	-63,8	-94,9	-102,1	-88,4	-60,8	-37,2	-20,1	-6,6	-30,9	-45,1
190	-115,7	-118,1	-116,7	-117,5	-117,9	-116,9	-112,7	-106,6	-102,9	-95,6	-64,5	-95,5	-102,7	-89,1	-61,4	-37,8	-20,7	-7,2	-31,6	-45,7
195	-116,3	-118,7	-117,3	-118,1	-118,5	-117,5	-113,3	-107,1	-103,5	-96,2	-65,0	-96,1	-103,3	-89,7	-62,0	-38,4	-21,3	-7,8	-32,1	-46,3
200	-116,9	-119,3	-117,9	-118,7	-119,0	-118,1	-113,9	-107,7	-104,1	-96,7	-65,6	-96,7	-103,9	-90,2	-62,6	-39,0	-21,9	-8,4	-32,7	-46,9

8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Al fine della redazione del presente studio, per le assunzioni e comprovare le ipotesi tecniche sono state prese in considerazioni, oltre la normativa tecnica, la seguente bibliografia corrente:

- *Lamberto Tronchin, Angelo Farina, Valerio Tarabusi – "Studio di impatto acustico e vibrazionale nella realizzazione di infrastrutture viarie e ferroviarie" - 31° Convegno Nazionale AIA, Venezia, 5-7 Maggio 2004.*
- *Angelo Farina – "Valutazione dei livelli di vibrazioni in edifici residenziali - Normativa, tecniche di misura e di calcolo" - <http://pcfarina.eng.unipr.it/Public/Papers/216-EUBIOS06.pdf>Rivista Neo-EUBIOS, n. 16. Maggio 2006 - ISSN 1825-5515.*
- *Hal Amick and Michael Gendreau (2000) – "Construction Vibrations and Their Impact on Vibration-Sensitive Facilities"- Colin Gordon & Associates, San Mateo, California 94402*
- *Aki, K., and Richards, P.G. (1980). "Quantitative Seismology: Theory and Methods.", W.H. Freeman and Company, San Francisco, 932 pp.*
- *Ishihara, K. (1996). "Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics.", Oxford Science Publications, Oxford, UK, pp. 350.*
- *Hal Amick, Colin Gordon & Associates (1999), "A Frequency-Dependent Soil Propagation Model" - Presented at SPIE Conference on Current Developments in Vibration Control for Optomechanical Systems - Denver, Colorado, July 20, 1999 San Mateo, California USA.*
- *Dong-Soo Kim, Jin-Sun Lee1 (1999), "Propagation and attenuation characteristics of various ground vibrations" - Department of Civil Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Taejon – pp 305-701*
- *L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publ.*
- *Ohta, Y. and N. Goto. (1978), Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes. Earthq. Eng. Struct. Dyn., 6:167-187.*