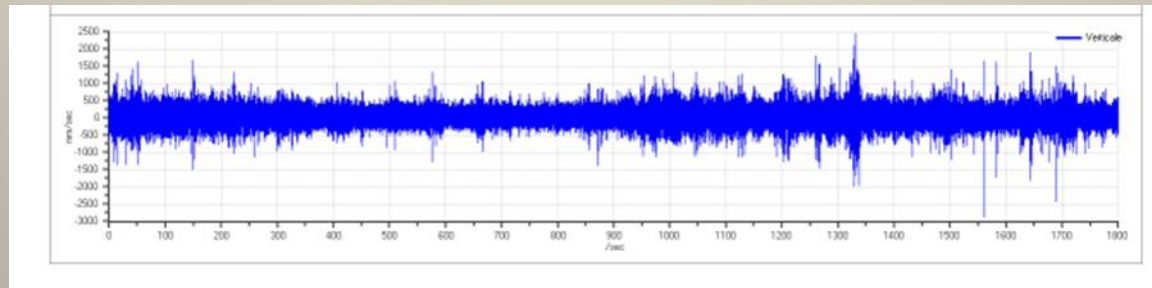




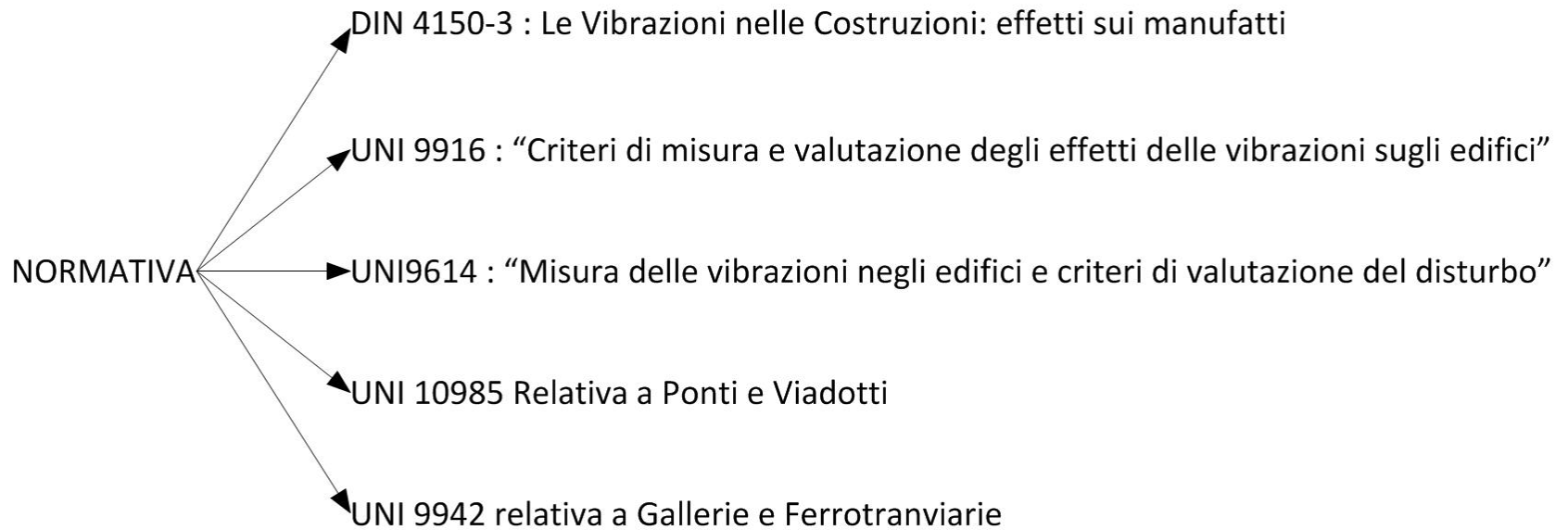
LE VIBRAZIONI NEI CANTIERI: DALLA PROGETTAZIONE AL MONITORAGGIO

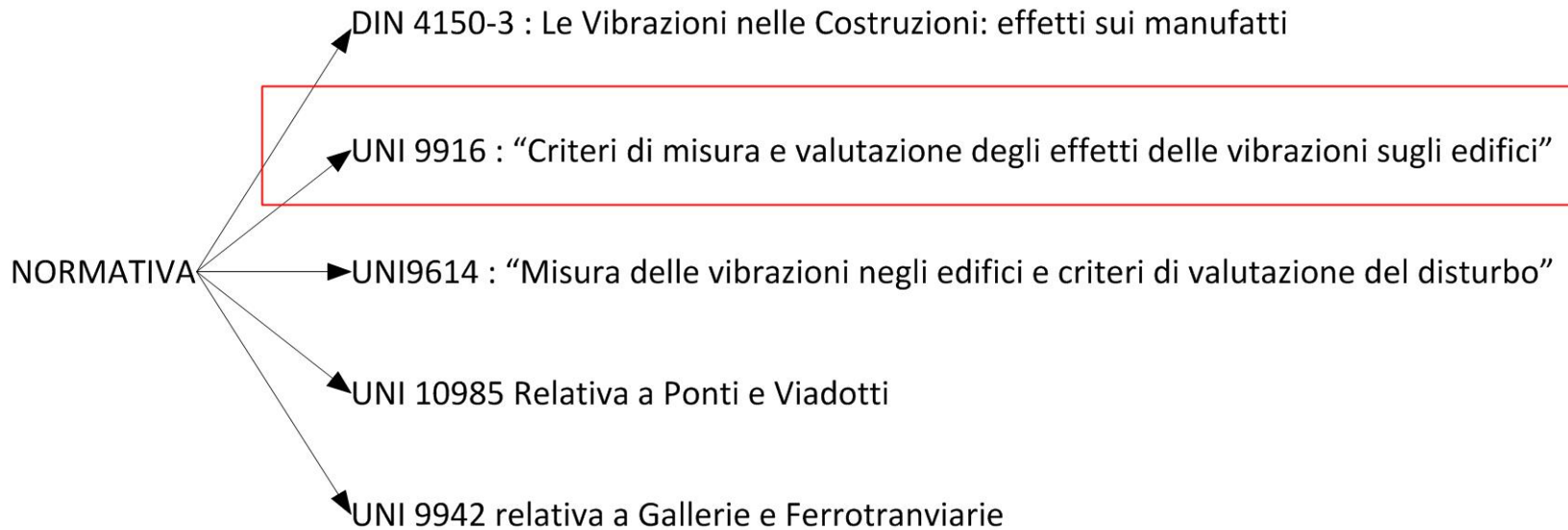


CENNI SULLA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Dott. Geol. Davide Seravalli

Milano, 14 aprile 2015





Norma tecnica

UNI 9916:2004

Data

01/04/2004

Norme di riferimento

DIN 4150

BS 7385

Australia 2187.2-1993
British Standard 7385
BS 6472:1992 CURVE 128
BS 6472:1992 CURVE 16
BS 6472:1992 CURVE 20
BS 6472:1992 CURVE 32
BS 6472:1992 CURVE 60
BS 6472:1992 CURVE 8
BS 6472:1992 CURVE 90
CMRI proposed Indian Standards
Czech and Slovak Standard
DGMS India (A)
DGMS India (B)
DIN4150
RECOMMANDATION GFEE
RECOMMANDATION GFEE*
GFEE + Ministere Environnement
Function de Ponderation
Generic graph: main title goes here
Indian Bureau of Standards
Brazilian Standard NBR 9653/2005
NEW ZEALAND STANDARD 4403:1976
NZS/ISO 2631-2:1989 Combined Curves
QLD APP Standard
CRITERIO PREVENCIÓN (UNE 22.381)
Metric Response Spectrum
Hamoniska Svängningar
Swiss Mining Standard SN 640 312a

Swiss Piling Standard SN 640 312a
Swiss Traffic Standard SN 640 312a
USBM R18507 And OSMRE

Danno strutturale



Danno architettonico o di soglia (danno estetico)



danno architettonico (o di soglia): Effetto residuo delle vibrazioni che determina alterazione estetica o funzionale dell'edificio senza comprometterne la stabilità strutturale o la sicurezza degli occupanti. Il danno architettonico si presenta in molti casi con la formazione o l'accrescimento di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o sulle superfici intonacate o nei giunti di malta delle costruzioni in mattoni.

danno maggiore: Effetto che si presenta con formazione di fessure più marcate, distacco e caduta di gesso o pezzi di intonaco fino al danneggiamento di elementi strutturali (per esempio fessure nei pilastri e nelle travature, apertura di giunti).

UNI 9916:2004

SCOPO: guida per la scelta delle metodologie appropriate per la misura,
il trattamento dei dati e la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edificio

CAMPO DI APPLICAZIONE: si applica ad edifici abitativi, industriali e monumentali

UNI 9916:2004

CLASSIFICAZIONE DEL FENOMENO

Sulla base dei meccanismi d'azione

- Trasferimento energia tramite il terreno
- Trasferimento energia per via aerea
- Applicazione diretta di una forza o pressione a componenti dell'edificio

Tipo di sorgenti

- Esterne (traffico veicolare, attività di cantiere, esplosione di mine...)
- Interne (macchine rotanti, presse, movimento persone...)

Durata del fenomeno

- Vibrazione continua
- Vibrazione transitoria

Vibrazione continua

Durata dell'eccitazione maggiore a $5t_0$

Dove t_0 è la costante di tempo dell'edificio

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \zeta_0 \cdot f_0}$$

f_0 è la frequenza fondamentale dell'edificio;
 ζ_0 è il coefficiente di smorzamento associato.

Vibrazione transitoria

Durata dell'eccitazione inferiore a $5t_0$

Esaminare la durata del fenomeno anche alla luce del comportamento a fatica dei materiali (es. maglio)

UNI 9916:2004

Caratteristiche degli edifici rilevanti ai fini della valutazione della risposta

- Caratteristiche costruttive dell'edificio
- Stato di conservazione (stato di fatto)
- Caratteristiche delle fondazioni ed interazione con il terreno (informazioni geologiche)

UNI 9916:2004

Misura delle vibrazioni

Grandezza da misurare: accelerazione, velocità, spostamento

- Accelerazione – facilmente misurabile con accelerometri
- Velocità – grandezza normalmente utilizzata per definire i valori di riferimento per valutare il danno (energia cinetica), facilmente misurabile ma non alle basse frequenze
- Spostamento – difficilmente misurabile

UNI 9916:2004

Misura delle vibrazioni

Scelta della modalità di registrazione

- Permettere una raccolta di dati nella forma e quantità sufficienti per una valutazione di tutte le proprietà significative del segnale
 - Carattere aleatorio del segnale
 - Non stazionarietà (traffico)
 - Intermittenza ed irregolarità (registrazione automatica)

UNI 9916:2004

Misura delle vibrazioni

Numero di sensori

- Acquisizione contemporanea in più punti
- Il numero dipende anche dalle caratteristiche dell'edificio interessato

UNI 9916:2004

Misurazione dell'eccitazione

Misure alla base dell'edificio per valutare il superamento della soglia

- In corrispondenza della fondazione
- Se l'edificio è senza fondazione misurare in corrispondenza di un muro di sostegno esterno a non più di 50 cm dal suolo
- Effettuare misurazioni sul lato più prossimo alla sorgente
- Effettuare misurazioni su tre direzioni tra loro ortogonali (V,L,T)
- Effettuare misure disponendo la direzione longitudinale e trasversale del sensore parallelamente ai lati dell'edificio
- Per definire la funzione di trasferimento misure contemporanee nei pressi della sorgente e dell'edificio

UNI 9916:2004

Misurazione della risposta dell'edificio

- Per valutare l'ampiezza delle vibrazioni posizionare i sensori nei punti strutturali in cui si ritiene sia massimo il fenomeno vibratorio (solai)
- Valutazione risposta strutturale mediante misure al piano terra e ultimo piano, in corrispondenza dei punti strutturali che conferiscono rigidità all'edificio
- Per edifici aventi lunghezza superiore a 10 metri un punto di misura ogni 10 metri

UNI 9916:2004

Fissaggio dei trasduttori

- Fissaggio quanto più leggero e rigido possibile
- Utilizzo di viti, resine o forza magnetica

UNI 9916:2004

Trattamento dei dati

- Velocità di picco puntuale (p.p.v - peak particle velocity) – richiede la misurazione simultanea delle tre componenti tra loro ortogonali
- Velocità di picco di una componente puntuale (p.c.p.v - peak component particle velocity) – è il valore massimo di una singola componente (V,L,T)
- Analisi spettrale per la determinazione della frequenza dominante

UNI 9916:2004

Valutazione dei dati

- Costruzione di un modello matematico – solitamente al di fuori delle possibilità dell'operatore (incertezza sulla geometria e conservazione dell'edificio, sulla resistenza e rigidità effettiva dei materiali, caratteristiche del terreno di fondazione, necessità di convalida con misure dirette)
- Approccio empirico – confronto dei valori registrati con dati ottenuti da osservazioni passate

UNI 9916:2004

Approccio empirico

- Non ci sono dati bibliografici sufficienti
- Prospetti di riferimento nella normativa internazionale che forniscono valori di riferimento per la p.p.v. e la p.c.p.v. in funzione del campo di frequenze misurate
- Applicare i valori di riferimento con cautela: la fessurazione di un edificio è comunque un fatto naturale legato a processi chimici, termici, assestamenti
- Applicare i valori di riferimento con un giudizio finale che tenga conto di:
 - un esame attento dell'edificio;
 - una analisi diversi fattori (età, storia, sforzi subiti);
 - un rilievo del quadro fessurativo dell'edificio;
 - di un rilievo di altre sorgenti di vibrazioni (traffico)

UNI 9916:2004

Valori di riferimento da normativa DIN 4150

p.c.p.v. per vibrazioni impulsive – di breve durata

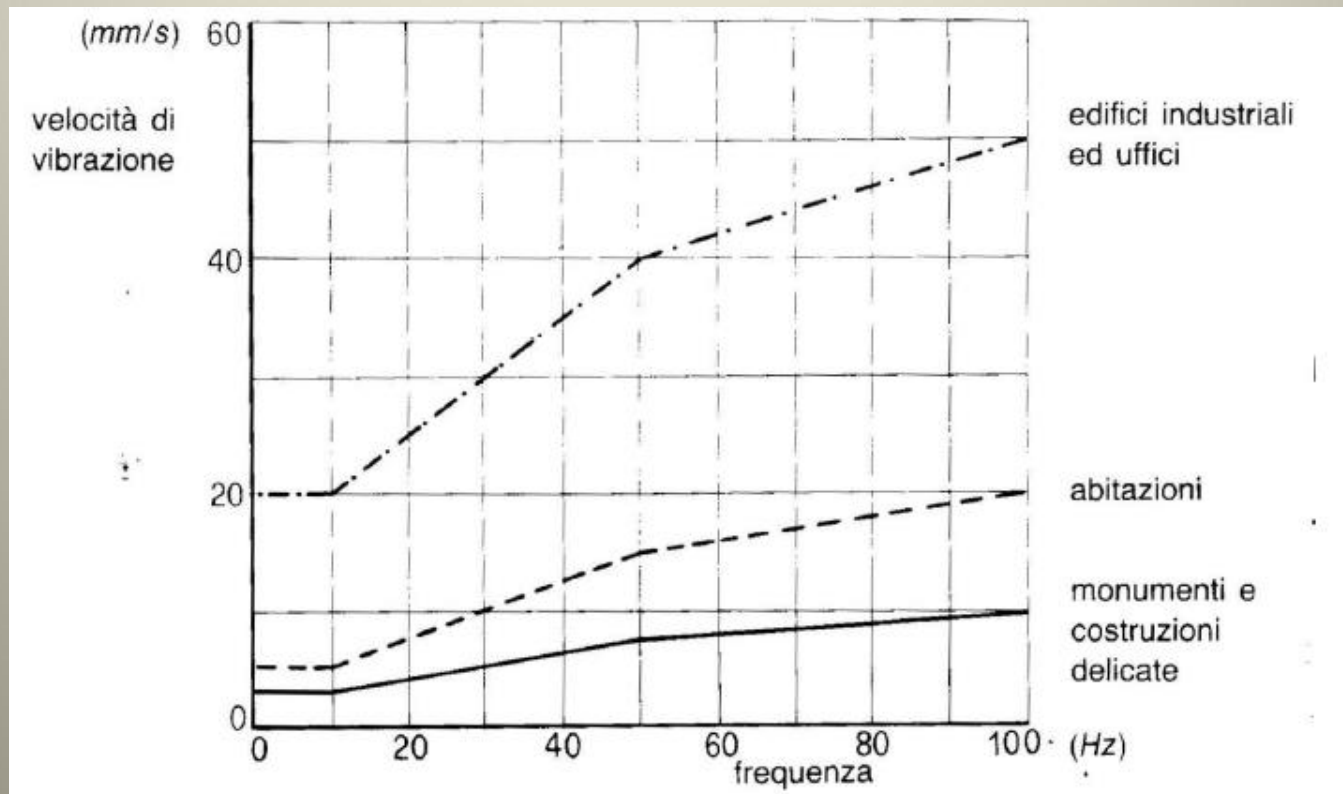
Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v in mm/s			
		Fondazioni			Piano alto
		Da 1 Hz fino a 10 Hz	Da 10 Hz fino a 50 Hz	Da 50 Hz fino a 100 Hz ^{*)}	Per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili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

^{*)} Per frequenze oltre 100 Hz possono essere usati i valori di riferimento per 100 Hz.

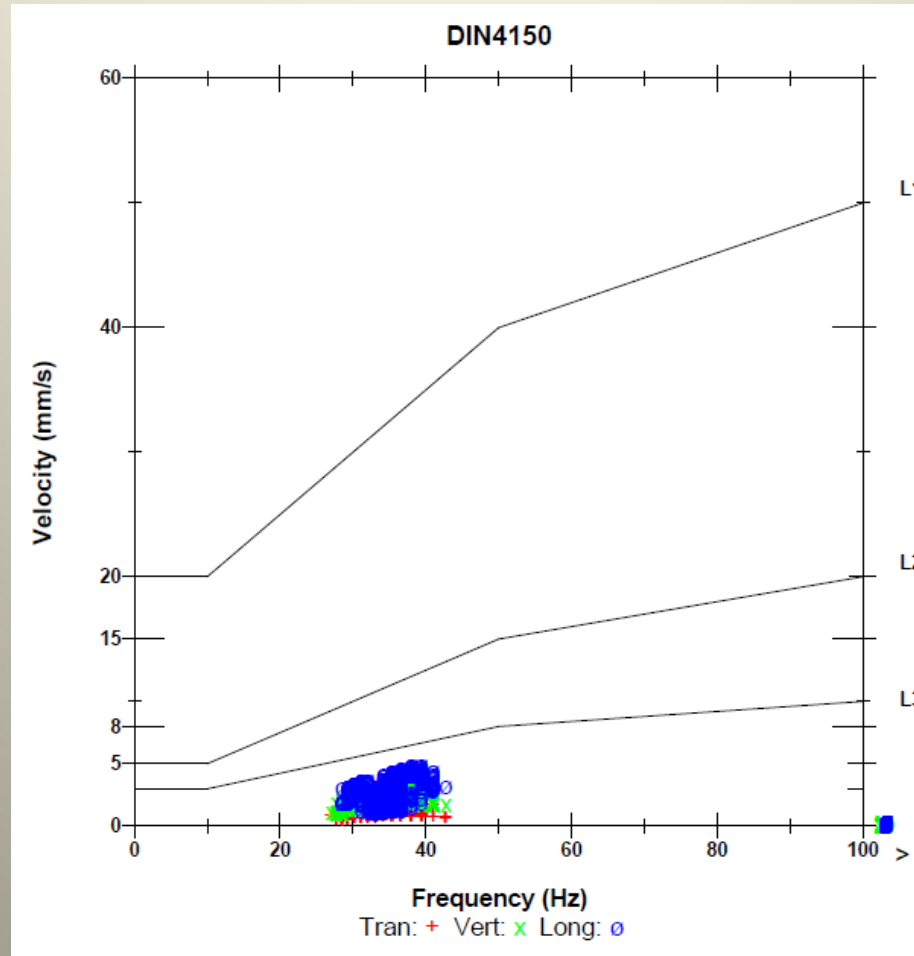
UNI 9916:2004

Valori di riferimento da normativa DIN 4150

p.c.p.v. per vibrazioni impulsive – di breve durata



UNI 9916:2004



UNI 9916:2004

Valori di riferimento da normativa DIN 4150

p.c.p.v. per vibrazioni continue

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

UNI 9916:2004

Valori di riferimento da normativa BS 7385

p.c.p.v. per vibrazioni trasmesse dal terreno (no vibrazioni interne)

Classe	Tipo di edificio	"Peak component particle velocity" nell'intervallo di frequenza dell'impulso predominante		
		Da 4 Hz a 15 Hz	Da 15 Hz a 40 Hz	Da 40 Hz a 250 Hz
1	Strutture a telaio o rinforzate. Edifici industriali e commerciali	50 mm/s		
2	Strutture non rinforzate. Edifici residenziali o piccoli edifici commerciali	Varia linearmente da 15 mm/s ($f=4$ Hz) fino a 20 mm/s ($f=15$ Hz)	Varia linearmente da 20 mm/s ($f=15$ Hz) fino a 50 mm/s ($f=40$ Hz)	50 mm/s
Nota 1		I valori indicati sono alla base dell'edificio.		
Nota 2		Per la classe 2, a frequenze minori di 4 Hz, non si deve superare uno spostamento massimo di 0,6 mm (da zero al picco).		

UNI 9916:2004

Valori di riferimento da normativa BS 7385

p.p.v. per vibrazioni transitorie

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.p.v. in mm/s		
		Fondazioni		
		Da 1 Hz fino a 10 Hz ^{*)}	Da 10 Hz fino a 50 Hz	Da 50 Hz fino a 100 Hz ^{*)}
A	Edifici residenziali costruiti a regola d'arte ed in buono stato di conservazione	5	10	20
B	Edifici costruiti per uso industriale e commerciale con struttura relativamente snella	10	20	40
C	Edifici massicci e rigidi costruiti per uso industriale e commerciale	15	30	60

^{*)} Indicazioni fornite per estrapolazione. I dati relativi all'installazione dei pali indicano che le frequenze di vibrazione prevalenti sono contenute nell'intervallo da 10 Hz a 50 Hz.

UNI 9916:2004

Valori di riferimento da normativa BS 7385
p.p.v. per vibrazioni transitorie

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.p.v. in mm/s		
		Fondazioni		
		Da 1 Hz fino a 10 Hz ^{*)}	Da 10 Hz fino a 50 Hz	Da 50 Hz fino a 100 Hz ^{*)}
A	Edifici residenziali costruiti a regola d'arte ed in buono stato di conservazione	5	10	20
B	Edifici costruiti per uso industriale e commerciale con struttura relativamente snella	10	20	40
C	Edifici massicci e rigidi costruiti per uso industriale e commerciale	15	30	60

^{*)} Indicazioni fornite per estrapolazione. I dati relativi all'installazione dei pali indicano che le frequenze di vibrazione prevalenti sono contenute nell'intervallo da 10 Hz a 50 Hz.

UNI 9916:2004

Valori di riferimento da normativa SN 640312a

p.p.v. per vibrazioni provocate nelle costruzioni: scoppio di mine, attività di macchine da cantiere e dal traffico stradale e su rotaia

Valori di riferimento della velocità di vibrazione (p.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni transitorie sulle costruzioni

Classe	Tipo di costruzione	Esposizione	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.p.v. in mm/s		
			Posizioni di misura ^{*)}		
			Da 8 Hz fino a 30 Hz ¹⁾	Da 30 Hz fino a 60 Hz	Da 60 Hz fino a 150 Hz
A	Costruzioni molto poco sensibili (per esempio ponti, gallerie, fondazioni di macchine)	Occasionale Frequente Permanente	Fino a tre volte i valori corrispondenti alla classe C	Fino a tre volte i valori corrispondenti alla classe C	Fino a tre volte i valori corrispondenti alla classe C
B	Costruzioni poco sensibili (per esempio edifici industriali in cemento armato o metallici) costruiti a regola d'arte e con manutenzione adeguata	Occasionale Frequente Permanente	Fino a due volte i valori corrispondenti alla classe C	Fino a due volte i valori corrispondenti alla classe C	Fino a due volte i valori corrispondenti alla classe C
C	Costruzioni normalmente sensibili (per esempio edifici d'abitazione in muratura di cemento, cemento armato o mattoni, edifici amministrativi, scuole, ospedali, chiese in pietra naturale o mattoni intonacati) costruiti a regola d'arte e con manutenzione adeguata	Occasionale Frequente Permanente	15 6 3	20 8 4	30 12 6
D	Costruzioni particolarmente sensibili (per esempio monumenti storici e soggetti a tutela) case con soffitti in gesso, edifici della classe C nuovi o ristrutturati di recente	Occasionale Frequente Permanente	Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà	Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà	Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà

^{*)} Le posizioni di misura devono essere scelte sugli elementi rigidi della struttura portante o dove sono attesi i maggiori effetti delle vibrazioni.

UNI 9916:2004

