


 <b>Autostrada Pedemontana Lombarda</b>	  <b>PEDELOMBARDA NUOVA</b>	<b>TRATTE B2 E C DELL'AUTOSTRADA PEDEMONTANA LOMBARDA E RELATIVE OPERE CONNESSE TRCO06, TRMI10, TRMI17</b>
<b>PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE - COMPONENTE RUMORE: RELAZIONE TRIMESTRALE - 1° TRIMESTRE 2025</b>		<b>Codice documento</b> <i>Rev</i> <b>CAMGE000MT00157RS001</b> <b>00</b>

**Pedelombarda Nuova S.c.p.a**

**Piano di monitoraggio ambientale – Corso  
d’Opera**

**Relazione specialistica  
Componente Vibrazioni**

**Relazione Trimestrale: 1 Trimestre 2025**

	<b>UNITA' ORGANIZZATIVA</b>	<b>FIRMA</b>
<b>Redazione</b>	RSGA	
<b>Verifica</b>	RQAS	
<b>Approvazione</b>	DTr DTr	

<b>Pubblicazione</b>	Responsabile QAS
----------------------	------------------

Il presente documento è di proprietà della Società Pedelombarda Nuova S.c.p.a., è emesso in forma riservata e non potrà essere riprodotto od usato in parte oppure interamente senza l'autorizzazione scritta della Società Pedelombarda Nuova S.c.p.a..





**PEDELOMBARDA  
NUOVA**

TRATTE B2 E C DELL'AUTOSTRADA  
PEDEMONTANA LOMBARDA E RELATIVE  
OPERE CONNESSE TRCO06, TRMI10, TRMI17

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE - COMPONENTE RUMORE: RELAZIONE  
TRIMESTRALE - 1° TRIMESTRE 2025

Codice documento Rev  
CAMGE000MT00157RS001 00

**PEDELOMBARDA  
NUOVA**

Rev.	REDATTO		UNITA' DI INTERFACCIA			
	RSGA	DATA		DCO		
00	 (A. Luridiana)	30/05/2025		 (A. Grippo)		
01						
02						
03						



In corso di validazione

 <p>Autostrada Pedemontana Lombarda</p>	 <p><b>webuild</b> PIZZAROTTI</p> <p><b>PEDELOMBARDA NUOVA</b></p>	<p>TRATTE B2 E C DELL'AUTOSTRADA PEDEMONTANA LOMBARDA E RELATIVE OPERE CONNESSE TRCO06, TRMI10, TRMI17</p>
<p>PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE - COMPONENTE RUMORE: RELAZIONE TRIMESTRALE - 1° TRIMESTRE 2025</p>		<p>Codice documento      Rev CAMGE000MT00157RS001      00</p>

## SOMMARIO

<b>1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. VALUTAZIONE DEL DISTURBO.....</b>	<b>7</b>
<b>3. STRUMENTAZIONE .....</b>	<b>7</b>
<b>4. ATTIVITÀ DI CANTIERE .....</b>	<b>8</b>
<b>5. SCHEDE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO.....</b>	<b>9</b>
<b>6. CERTIFICATI DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER .....</b>	<b>7</b>
<b>L'ANALISI VIBRAZIONALE .....</b>	<b>7</b>

In corso di validazione

 <p>Autostrada Pedemontana Lombarda</p>	 <p><b>webuild</b> PIZZAROTTI</p> <p><b>PEDELOMBARDA NUOVA</b></p>	<p>TRATTE B2 E C DELL'AUTOSTRADA PEDEMONTANA LOMBARDA E RELATIVE OPERE CONNESSE TRCO06, TRMI10, TRMI17</p>
<p>PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE - COMPONENTE RUMORE: RELAZIONE TRIMESTRALE - 1° TRIMESTRE 2025</p>		<p>Codice documento CAMGE000MT00157RS001</p> <p>Rev 00</p>

## 1 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il problema delle vibrazioni negli ambienti di vita, attualmente, non è disciplinato da alcuna normativa nazionale. Pertanto, qualora si intenda procedere ad una valutazione strumentale di tale fenomeno fisico è bene affidarsi alle corrispettive norme tecniche. Più precisamente la valutazione delle vibrazioni può essere condotta utilizzando gli standard appositamente elaborati sia in sede internazionale (ISO) sia in sede nazionale (UNI):

Normativa Comunitaria

NORMA INTERNAZIONALE ISO 2631/1 (edizione 1997) Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 1: Specifiche generali

NORMA INTERNAZIONALE ISO 2631/2 (edizione 2003) Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 2: Vibrazioni continue ed impulsive negli edifici (da 1 a 80 Hz).

NORMA INTERNAZIONALE ISO 4866 (edizione 1990) Vibrazioni meccaniche ed impulsi - Vibrazioni degli edifici - Guida per la misura delle vibrazioni e valutazione dei loro effetti sugli edifici.

DIN 4150-3 1999 Le vibrazioni nelle costruzioni Parte 3: Effetti sui manufatti

Normativa Nazionale

NORMA UNI 11048 (2003) Vibrazioni meccaniche ed urti - metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo

NORMA UNI 9916 (1991) Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.

NORMA UNI 9670 (prima edizione 1990) Risposta degli individui alle vibrazioni - Apparecchiatura di misura.

NORMA UNI 9614 (1990) Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.

NORMA UNI 9513 (1989) Vibrazioni e Urti. Vocabolario

Le norme UNI 9614, UNI 9916 e DIN 4150-3 risultano di particolare interesse per il presente lavoro in quanto, oltre ad indicare le grandezze monitorate, riportano i valori limite mediante i quali è stato possibile valutare i valori rilevati.

Con riferimento alle norme sopra riportate si riportano, per completezza, le principali nozioni che sono state impiegate nello studio della componente "Vibrazioni". La norma UNI 9614 definisce il metodo di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne agli edifici stessi. Inoltre, la norma prevede criteri di valutazione differenziati a seconda della tipologia delle vibrazioni (di livello costante, di livello non costante e impulsive). I locali o gli edifici in cui sono immesse le vibrazioni sono classificati a seconda della loro destinazione d'uso in: aree critiche, abitazioni, uffici, fabbriche.

La UNI 9614 indica come grandezza preferenziale per la misura delle vibrazioni ai ricettori il valore r.m.s. (root-mean-square) dell'accelerazione ponderata in frequenza definito come:

dove  $a_w(t)$  è il valore "istantaneo" dell'accelerazione subita da un punto materiale (pesata in frequenza mediante i filtri di ponderazione) durante il moto vibratorio e  $T$  è il tempo di integrazione.

Il livello di accelerazione viene espresso in dB come:

 <p>Autostrada Pedemontana Lombarda</p>	 <p>webuild PIZZAROTTI</p> <p>PEDELOMBARDA NUOVA</p>	<p>TRATTE B2 E C DELL'AUTOSTRADA PEDEMONTANA LOMBARDA E RELATIVE OPERE CONNESSE TRCO06, TRMI10, TRMI17</p>
<p>PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE - COMPONENTE RUMORE: RELAZIONE TRIMESTRALE - 1° TRIMESTRE 2025</p>		<p>Codice documento Rev CAMGE000MT00157RS001 00</p>

dove  $L_w$  è il livello espresso in dB,  $a_w$  è l'accelerazione espressa in  $m/s^2$  e  $a_0 = 10^{-6} m/s^2$  è il valore dell'accelerazione di riferimento. Le vibrazioni sono rilevate lungo i tre assi di propagazione. Tali assi sono riferiti alla persona del soggetto esposto: l'asse x passa per la schiena ed il petto, l'asse y per le due spalle, l'asse z per la testa e i piedi (per la testa e i glutei se il soggetto è seduto).

Come prescritto dalla norma UNI 9614 le accelerazioni da valutare sono quelle comprese nel range di frequenza tra 1 e 80 Hz e il dato da considerare è il valore quadratico medio delle accelerazioni presenti durante l'intervallo di tempo esaminato. Considerando, inoltre, che la percezione da parte dei soggetti esposti varia a seconda della frequenza e dell'asse di propagazione, i valori rilevati sono ponderati in frequenza al fine di attenuare le componenti esterne agli intervalli di sensibilità, ottenendo così il livello equivalente ponderato dell'accelerazione  $L_{w,eq}$ . La norma individua una soglia di percezione delle vibrazioni (che varia a seconda della frequenza considerata e dell'asse di riferimento) ed una soglia di percezione cumulativa da confrontarsi con i valori di accelerazione ponderata in frequenza secondo opportuni filtri di

pesatura. Tale soglia, come dimostrano le tabelle che seguono, si pone a  $5 \cdot 10^{-3} m/s^2$  (74 dB) per l'asse z e a  $3,6 \cdot 10^{-3} m/s^2$  (71 dB) per gli assi x e y.

Nel caso di vibrazioni di livello non costante il parametro da rilevare, in un intervallo di tempo rappresentativo, è l'accelerazione equivalente  $a_{w,eq}$  o il livello equivalente dell'accelerazione  $L_{w,eq}$  così definiti:

dove  $a(t)$  è il valore "istantaneo" dell'accelerazione ponderata in frequenza, T è la durata del rilievo e  $a_0$  è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a  $10^{-6} m/s^2$ .

Per la valutazione del disturbo, i valori dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza o i corrispondenti livelli possono essere confrontati con i limiti riportati nelle due tabelle precedenti. Fenomeni vibratorii caratterizzati dal superamento di predetti limiti, possono essere considerati oggettivamente disturbanti per l'individuo esposto. La norma UNI 9916 non fornisce limiti ben definiti ma fornisce una guida relativa ai metodi di misura, di trattamento dei dati, 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. La norma considera per semplicità 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 eccitazioni causate dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza delle vibrazioni può essere più ampio ma, tuttavia, le eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio.

La norma UNI 9916 conduce alla classificazione delle strutture in 14 categorie.



Le strutture comprese nella classificazione riguardano:

tutti gli edifici residenziali e gli edifici utilizzati per le attività professionali (case, uffici, ospedali, case di cura, ecc.);

gli edifici pubblici (municipi, chiese, ecc.);

edifici vecchi ed antichi con un valore architettonico, archeologico e storico;

le strutture industriali più leggere spesso concepite secondo le modalità costruttive in uso per gli edifici abitativi.

 <p>Autostrada Pedemontana Lombarda</p>	 <p><b>webuild</b> PIZZAROTTI</p> <p><b>PEDELOMBARDA NUOVA</b></p>	<p>TRATTE B2 E C DELL'AUTOSTRADA PEDEMONTANA LOMBARDA E RELATIVE OPERE CONNESSE TRCO06, TRMI10, TRMI17</p>
<p>PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE - COMPONENTE RUMORE: RELAZIONE TRIMESTRALE - 1° TRIMESTRE 2025</p>		<p>Codice documento <span style="float: right;">Rev</span> CAMGE000MT00157RS001 <span style="float: right;">00</span></p>

La classificazione degli edifici è basata sulla loro resistenza strutturale alle vibrazioni oltre che sulla tolleranza degli effetti vibratori sugli edifici in ragione del loro valore architettonico, archeologico e storico. I fattori dai quali dipende la reazione di una struttura agli effetti delle vibrazioni sono:

la categoria della struttura;

le fondazioni;

la natura del terreno.

La categoria di struttura è classificata in una scala da 1 a 8 (a numero crescente di categoria corrisponde una minore resistenza alle vibrazioni) in base ad una ripartizione in due gruppi di edifici:

GRUPPO 1: edifici vecchi e antichi o strutture costruite con criteri tradizionali;




GRUPPO 2: edifici e strutture moderne.

L'associazione della categoria viene fatta risalire alle caratteristiche tipologiche e costruttive della costruzione e al numero di piani. Le fondazioni sono classificate in tre classi.

Classe A comprende fondazioni su pali legati in calcestruzzo armato e acciaio, platee rigide in calcestruzzo armato, pali di legno legati tra loro e muri di sostegno a gravità.

Classe B comprende pali non legati in calcestruzzo armato, fondazioni continue, pali e platee in legno.

Classe C infine comprende i muri di sostegno leggeri, le fondazioni massicce in pietra e la condizione di assenza di fondazioni, con muri appoggiati direttamente sul terreno.

 <p>Autostrada Pedemontana Lombarda</p>	 <p>PEDELOMBARDA NUOVA</p> 	<p>TRATTE B2 E C DELL'AUTOSTRADA PEDEMONTANA LOMBARDA E RELATIVE OPERE CONNESSE TRCO06, TRMI10, TRMI17</p>
<p>PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE - COMPONENTE RUMORE: RELAZIONE TRIMESTRALE - 1° TRIMESTRE 2025</p>		<p>Codice documento Rev CAMGE000MT00157RS001 00</p>

## 2 -VALUTAZIONE DEL DISTURBO

Le misure saranno funzionali al rilievo dell'accelerazione nelle tre direzioni fondamentali e saranno caratterizzate in termini di analisi settoriale ed occorrenza temporale, secondo i dettami e i criteri delle seguenti norme:

Norma 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"

Norma 11048:2003 "Vibrazioni meccaniche ed urti – Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo"

Norma 9916:2004 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici"

Le prime due norme si rivolgono specificamente alla definizione dei criteri di valutazione del disturbo alle persone, mentre la terza norma indica criteri per la misura e la valutazione delle vibrazioni con riferimento ai possibili danni strutturali.

Al fine della valutazione del livello di disturbo, saranno impiegati i valori limite da normativa riportati nella tabella sottostante:

Destinazione d'uso	Accelerazione asse X, Y, Z
	$m/s^2$
Abitazione Notte (22.00 – 7.00)	$3,6 \cdot 10^{-3}$
Abitazione Giorno (7.00 – 22.00)	$7,2 \cdot 10^{-3}$
Luoghi lavorativi	$14,4 \cdot 10^{-3}$
Ospedali, case di cura, ecc	$2 \cdot 10^{-3}$
Asili e case di riposo	$3,6 \cdot 10^{-3}$
Scuole	$5,4 \cdot 10^{-3}$

## 3- STRUMENTAZIONE

I rilievi sono stati eseguiti per mezzo di 3 analizzatori di frequenza in tempo reale ORION, capace di acquisire contemporaneamente il segnale da 4 canali. Tale analizzatore è costituito da 3 accelerometri sismici a tecnologia piezoelettrica, che utilizzano la tecnologia ICP, e da un velocimetro triassiale.

Grazie alla tecnologia ICP, gli accelerometri, che contengono un circuito integrato di condizionamento del segnale, convertono l'alta impedenza di carica generata dal sensore in una bassa impedenza prontamente

 <p>Autostrada Pedemontana Lombarda</p>	 <p><b>webuild</b> PIZZAROTTI</p> <p><b>PEDELOMBARDA NUOVA</b></p>	<p>TRATTE B2 E C DELL'AUTOSTRADA PEDEMONTANA LOMBARDA E RELATIVE OPERE CONNESSE TRCO06, TRMI10, TRMI17</p>
<p>PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE - COMPONENTE RUMORE: RELAZIONE TRIMESTRALE - 1° TRIMESTRE 2025</p>		<p>Codice documento CAMGE000MT00157RS001</p> <p>Rev 00</p>

trasmessa verso lo strumento di analisi del segnale. I 3 accelerometri sono poi, collegati ad una massa cubica in acciaio. Il dispositivo così composto viene posizionato sul pavimento per mezzo di piedini gommati che ne assicurano l'aderenza e la messa in bolla, in modo da formare la terna di riferimento spaziale X, Y, Z.

#### 4- ATTIVITÀ DI CANTIERE

Le attività di cantiere riscontrate nel periodo in esame, così come riportate nei programmi lavori, e potenzialmente impattanti sulla componente in esame in funzione dei rilievi eseguiti sono le seguenti:

VIB MA 01

Galleria Macherio 1 - Lavori di cantierizzazione e movierato

VIB MA 02

Deposito terre DTC03 - Lavori di sistemazione materiale proveniente dagli scavi.

VIB MA 03

Svincolo di Macherio - Ultimazione dei lavori di bonifica bellica.

VIB BI 01

Campo base CO2.2- taglio alberi

VIB BI 02

Galleria GA09 - Scavo a quota corree e posa recinzioni

VIB AR 01

Galleria Arcore 2 - Taglio alberi e posa recinzioni