



# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

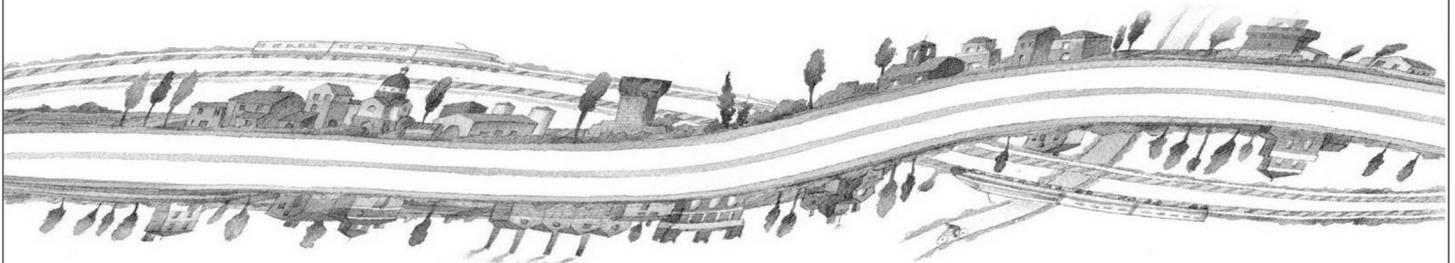
## PROGETTO DEFINITIVO

### AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA PARTE GENERALE

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

RELAZIONI SPECIALISTICHE

RELAZIONI SPECIALISTICHE  
COMPONENTE VIBRAZIONI



IL PROGETTISTA

Arch. Sergio Beccarelli  
Ord. Arch. Prov. PR n° 377

RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi  
Albo Ing. Reggio-Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pettuzzi

TECNICO COMPETENTE IN AUSTICA

ANGELO FARINA  
Pro. Ing. Angelo Farina  
Tecnico Competente in Acustica Ambientale  
DD Regione Emilia-Romagna  
n. 1394 del 9/11/1998



G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17.04.2012	EMISSIONE	CATTANI	BECCARELLI	SALSI					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE					
IDENTIFICAZIONE ELABORATO					DATA: MAGGIO 2012					
NUM. Progr.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA:
0233	PD	0	000	00000	0	MN	RH	03	A	-

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>	<b>3</b>
2.1. CRITERI DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI RELATIVAMENTE AGLI EFFETTI SUGLI EDIFICI .....	4
2.2. ATTIVITÀ PRODUTTIVE SENSIBILI GENERANTI ANOMALIE VIBRAZIONALI.....	6
<b>3. METODOLOGIE DI RILEVAMENTO E CAMPIONAMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>4. PARAMETRI DA MONITORARE.....</b>	<b>8</b>
<b>5. LOCALIZZAZIONE DEI MONITORAGGI E UBICAZIONE DEI PUNTI DI MISURA.</b>	<b>11</b>
<b>6. ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEI MONITORAGGI.....</b>	<b>13</b>
6.1. MONITORAGGIO ANTE OPERAM.....	13
6.2. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA.....	13
6.3. MONITORAGGIO POST OPERAM .....	14

## 1. PREMESSA

La presente relazione costituisce la sezione specialistica del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) dedicata a descrivere la componente **Vibrazioni**.

Un monitoraggio *ante operam* delle componenti rumore e vibrazioni è stato eseguito nel corso dell'estate 2011. Esso ha mostrato in generale valori bassi di queste due componenti, perfettamente conformi ai limiti di accettabilità. Tuttavia, proprio perché il tragitto delle nuove opere infrastrutturali si snodano in aree attualmente poco impattate da preesistenti sorgenti di rumore e vibrazioni, diventa necessario pianificare un opportuno monitoraggio ambientale che vigili sul potenziale incremento, soprattutto di rumorosità, che si potrebbe verificare durante la fase di cantiere e di esercizio dell'Autostrada Regionale Cispadana. Il presente documento riporta le modalità e le metodologie attraverso le quali viene sviluppato il PMA per le opere di progetto, con riferimento alle fasi *ante operam*, corso d'opera e *post operam*.

Il piano di monitoraggio è finalizzato alla verifica dei livelli vibrazionali valutando eventuali condizioni di criticità o variazioni tra la situazione ante opera e la condizione di esercizio, in punti definiti. La scelta dei punti di misura si baserà sugli studi condotti per la redazione del SIA, integrati da eventuali misure aggiuntive. La fase di monitoraggio in Corso d'Opera è finalizzata alla verifica dei livelli raggiunti, in particolare presso i cantieri e i fronti di avanzamento dei lavori, in corrispondenza delle zone dove sono presumibili alterazioni dei livelli attuali.

Nella fase di realizzazione dell'opera le principali fonti di vibrazioni sono da ricondursi a:

1. lavorazioni che provocano un intervento sul terreno come operazioni di scavo, scavo con esplosivi, di carotaggio, di trivellazione, lavori di compattazione;
2. movimentazione dei veicoli all'interno del cantiere;
3. impianti fissi come impianti di depurazione per additivi di calcestruzzo.

Le verifiche riguardano gli effetti su:

- o la popolazione, per la stima del possibile disturbo;
- o gli edifici, per la stima dei possibili danni alle strutture.

Il progetto di monitoraggio ambientale relativo alla componente vibrazioni è redatto in modo da rappresentare un elemento operativo capace di garantire l'adeguata conoscenza e il controllo del fenomeno vibrazionale, in relazione alle potenziali variazioni indotte dalla realizzazione dell'opera in progetto.

L'articolazione del monitoraggio viene programmato in modo da consentire un adeguato controllo dei parametri in relazione ai limiti normativi vigenti sul territorio.

L'obiettivo è quello di ottenere dal monitoraggio indicazioni immediatamente fruibili per la predisposizione dei necessari interventi correttivi.

## **2. RIFERIMENTI NORMATIVI**

Ad oggi non è disponibile una legge nazionale o regionale in materia di vibrazioni, pertanto si applicano le indicazioni derivanti da norme a livello comunitario:

- UNI 9614:1990, "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo", UNI, Milano, Marzo 1990
- UNI 9916:2004, "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", UNI, Milano, Aprile 2004
- UNI ENV 28041 "Risposta degli individui alla vibrazioni. Apparecchiatura di misura"
- UNI 11048 "Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo"
- ISO 2631, "Evaluation of human exposure to whole-body vibrations, Part 1: General Re-quirements", 1997
- ISO 2631, "Evaluation of human exposure to whole-body vibrations, Part 2: Continuous and shock induced vibrations in buildings (1 to 80 Hz)", 1989
- DIN 4150, "Vibrations in buildings, Part 3: effects on structures", 1999 (English Language Version)

Per quanto riguarda la misura delle vibrazioni negli edifici ed i criteri di valutazione del disturbo, in Italia si fa riferimento alla norma UNI 9614 del 1990 che è in parziale accordo con i contenuti di altre norme internazionali: ISO 2631/1 e ISO 2631/2. Per i possibili danni alle strutture la norma di riferimento è la UNI 9916 del 2004.

Poiché gli effetti prodotti dalle vibrazioni sono differenti a seconda delle frequenza delle accelerazioni, per la misura verranno impiegati dei filtri che ponderano le accelerazioni a seconda del loro effetto sul soggetto esposto. Analogamente a quanto avviene per la misura del rumore, dove viene applicata una curva di ponderazione nella banda di frequenza 20Hz-20kHz, anche nel campo vibrazionale viene applicata una ponderazione per tenere conto della diversa sensibilità del corpo umano alle differenti frequenze per esposizioni in direzione longitudinale alla colonna dorsale (asse z), in direzione trasversale (asse x-y), con postura non nota o variabile.

Le valutazioni (previsioni e/o misure dirette di controllo) saranno condotte facendo riferimento a livelli (RMS) di accelerazione ponderati con le curve spettrali prima indicate; anche per questo aspetto le altre norme europee fanno anche riferimento a livelli vibrazionali espressi in termini di velocità di vibrazione.

Il territorio va suddiviso in Aree classificate in funzione della destinazione d'uso in senso urbanistico; in appendice alla norma UNI 9614 sono individuate cinque aree, ognuna con limiti diversi: aree critiche, abitazioni (notte), abitazioni (giorno), uffici, fabbriche.

La tabella successiva riporta i limiti stabiliti dalla norma suddetta, con l'indicazione dei valori relativi all'accelerazione e alla velocità, definiti quale soglia vibrazionale al di sopra della quale possono verificarsi disturbi a carico degli abitanti della zona interessata. E' bene precisare che tali valori sono appena superiori alla soglia di percezione e di molto inferiori a quelli minimi di rischio per la salute.

CLASSE	DESTINAZIONI D'USO DEL TERRITORIO	LIVELLO (dBpa)			ACCELERAZIONE ( mm / s <sup>2</sup> )			VELOCITA' ( μm / s )		
		Asse Z	Assi XY	Asse Z	Long.	Trasv.	Var.	Long.	Trasv.	Var.
I	Aree critiche	74	71	71	5.0	3.6	3.6	100	280	100
II	Abitazioni (notte)	77	74	74	7.0	5.0	5.0	140	400	140
III	Abitazioni(giorno)	80	77	77	10.0	7.2	7.2	200	560	200
IV	Uffici	85	83	83	20.0	14.4	14.4	400	1100	400
V	Fabbriche	92	89	89	40.0	28.8	28.8	800	2200	800

TABELLA 2.1-1 - VALORI E LIVELLI LIMITE DELLE ACCELERAZIONI PONDERALI DEL DISTURBO VIBRAZIONALE

## 2.1. CRITERI DI MISURA E VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI RELATIVAMENTE AGLI EFFETTI SUGLI EDIFICI

La misura delle vibrazione negli edifici è un problema di rilevante importanza con una serie di fattori che devono essere obbligatoriamente affrontati. Tali fattori sono:

- il riconoscimento del problema: quando occorre valutare se l'entità delle vibrazioni può interessare l'integrità strutturale degli edifici;
- verifiche o controlli: quando si voglia rapportare il livello delle vibrazioni ai limiti imposti dalle normative specifiche;

- o diagnostica: quando si renda necessario verificare se la presenza o meno di danneggiamenti strutturali sia attribuibile al superamento di soglie di vibrazioni;
- o previsione: quando si voglia valutare l'attitudine dell'edificio a sopportare carichi dinamici accidentali.

Per questi motivi in Italia si fa riferimento alla norma UNI 9916 del novembre 1991 (Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici) che è in sostanziale accordo con i contenuti di altre norme internazionali: ISO 4866, DIN 4150/3, BS 6472.

La normativa definisce come parametro di riferimento per la valutazione degli effetti delle vibrazioni il massimo valore (o di picco) delle componenti delle velocità di vibrazione ( $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ ) valutate alla fondazione (basamento) o sul pavimento dell'ultimo piano (in quota).

La stessa norma UNI 9916 fornisce in appendice (Prospetto IV – Velocità ammissibili) alcuni valori di riferimento, riportati nella tabella successiva.

CATEGORIE	TIPI DI STRUTTURE	MISURA ALLA FONDAZIONE CAMPI DI FREQUENZA			MISURA AL PAVIMENTO DELL'ULTIMO PIANO
		< 10 Hz	10 ÷ 50 Hz	50 ÷ 100 Hz	FREQUENZE DIVERSE
1	Edifici utilizzati per scopi commerciali, industriali e simili	20	20 ÷ 40	40 ÷ 50	40
2	Edifici residenziali e simili	5	5 ÷ 15	15 ÷ 20	15
3	Strutture particolarmente sensibili alle vibrazioni, non rientranti nelle categorie precedenti e di grande valore intrinseco	3	3 ÷ 8	8 ÷ 10	8

TABELLA 2.1-1 VELOCITÀ AMMISSIBILI IN MM/S (SI INTENDE LA MASSIMA DELLE TRE COMPONENTI DELLA VELOCITÀ NEL PUNTO DI MISURA)

## 2.2. ATTIVITÀ PRODUTTIVE SENSIBILI GENERANTI ANOMALIE VIBRAZIONALI

---

Non esistono norme generali per definire valori limite ammissibili per attività produttive sensibili, è pertanto necessario fare riferimento in tali casi ai limiti forniti dall'utilizzatore o dal costruttore delle macchine o impianti utilizzati nelle specifiche situazioni con le specifiche ed i target vibrazionali previsti.

A questo proposito va considerato in generale che nella fase di installazione di macchine/impianti sensibili alle vibrazioni, vengono di norma presi in esame entità e contenuti spettrali del rumore ambientale presente correlando tra prima e dopo l'applicazione delle attrezzature per valutare la necessità di interventi di isolamento delle macchine/impianti al fine di garantirne l'impiego in condizioni ottimali.

In questa ottica vanno valutati i valori limite ammissibili che dovranno anche tenere conto del livello di disturbo diversi *Ante Operam* e della presenza o dell'assenza di sistemi di isolamento.

### 3. METODOLOGIE DI RILEVAMENTO E CAMPIONAMENTO

La caratterizzazione delle sorgenti di vibrazione presenti sul territorio prevede la misura dei livelli direttamente emessi, rilevati in prossimità della sorgente, sia per sorgenti fisse che mobili. Analisi supplementare dei dati già acquisiti:

- o effettuare una descrizione degli eventi rilevati (es. picco causato da presenza antropica, da passaggio di autoveicolo, ecc, ,, );
- o escludere i picchi relativi ad eventi interni alle abitazioni ed effettuare , per il tracciato rimanente, l'analisi già riportata nella relazione di indagine;
- o misure da ripetere, per una maggior definizione dell'indagine, con relativa analisi sui punti VIB01, VIB03, VIB09.

I rilievi ed i monitoraggi sono realizzati assumendo definiti valori di riferimento in relazione alle condizioni climatiche ed alla variabilità del ciclo giornaliero, settimanale, stagionale ed annuale delle sorgenti di emissione, intese come tipologia e come flusso. Ciò al fine di escludere condizioni esterne anomale che potrebbero alterare il significato delle misure in termini di confronto tra condizioni non comparabili. Relativamente agli aspetti climatici, è opportuno evitare misure in condizioni di temperatura esterna inferiore a 0°C. Deve anche essere considerata la variabilità dei livelli di falda in grado di influenzare i meccanismi di propagazione delle vibrazione nel suolo.

La misura dei disturbi vibrazionali nei ricettori e la eventuale necessità di misurare e caratterizzare le vibrazioni anche in prossimità delle sorgenti di disturbo, richiede l'impiego di diversi sensori di misura:

- o Terne simmetriche per la misura dei disturbi vibrazionali nei ricettori. Composte ciascuna da tre sensori di velocità di vibrazione disposti in direzione verticale (V), ed orizzontale (L longitudinale e T trasversale); questi sensori, caratterizzati da maggior sensibilità rispetto agli accelerometri, hanno risoluzione dell'ordine di 1  $\mu\text{m/s}$  e possono operare nel campo di frequenza da 1 Hz a 100 Hz. Per le misure negli edifici, l'installazione dei sensori viene di norma effettuata appoggiando semplicemente il sensore al pavimento, dopo verifica di un buon contatto tra pavimento e parte strutturale. Per le misure in esterno, l'installazione può richiedere di inserire il sensore in uno scavo, utilizzando sabbia come allettamento;
- o Accelerometri per misure in prossimità delle sorgenti di disturbo. I sensori hanno risoluzione dell'ordine di 1  $\text{mm/s}^2$  e possono operare nel campo di frequenza da 0 Hz a 500 Hz. Questi sensori sono utilizzati qualora l'impiego delle terne risulti inadeguato in prossimità delle sorgenti in relazione all'entità delle vibrazioni ivi presenti. L'installazione degli accelerometri prevede la collocazione direttamente sul suolo mediante interposizione di zavorra, oppure incollaggio/fissaggio sulle strutture.

## 4. PARAMETRI DA MONITORARE

Come indicatore ambientale per la componente vibrazioni viene scelta la velocità di vibrazione misurata in mm/s negli edifici. I parametri sono quindi le componenti della velocità delle vibrazioni vx, vy e vz, analizzate ed interpretate secondo le norme della UNI 9916:2004.

Dalla velocità misurata può essere determinato il valore di riferimento aw (accelerazione ponderata) secondo UNI 9614 ed il livello acustico secondario LA,max per la valutazione e il monitoraggio del benessere degli della popolazione residente nelle vicinanze del cantiere.

Per ogni campagna di misura o rilievo saranno elaborati documenti contenenti i seguenti parametri ed informazioni:

### **Piano delle misure contenente:**

- data di inizio e durata di esecuzione dell'indagine;
- ricettori oggetto dell'indagine;
- strumentazione di misura utilizzata;
- modalità di fissaggio dei trasduttori;
- direzione assi di sensibilità degli strumenti di misura rispetto alle coordinate di riferimento;
- tipo di acquisizione (manuale o automatica);
- frequenza di campionamento;
- durata singola acquisizione;
- numero acquisizioni per le differenti fasce orarie e differenti condizioni di disturbo esterno.

### **Rapporto tecnico delle misure contenente:**

- localizzazione, descrizione e valutazione delle sorgenti di disturbo;
  - descrizione delle caratteristiche ambientali influenti sui processi di propagazione delle vibrazioni;
  - descrizione e classificazione dei ricettori ai sensi della UNI 9916;
  - descrizione dei punti, delle modalità e delle condizioni di misura;
- descrizione delle modalità di acquisizione e di elaborazione dei dati per la valutazione delle grandezze di riferimento (indicatori).

**Presentazione dei risultati ottenuti riguardanti i seguenti parametri:**

- time history delle velocità di vibrazione registrate rilevate su intervalli di tempo adeguati alla natura del fenomeno vibratorio in esame;
- spettro delle velocità efficaci di vibrazione espresso a terzi di ottava nel campo di frequenza tra 1 e 80 Hz;
- spettri di amplificazione/attenuazione tra differenti punti di misura espressi a terzi di ottava nel campo di frequenza tra 1 e 80 Hz;
- valori di picco e valori efficaci globali lineari e ponderati ai sensi della norma UNI 9614 (si fa riferimento alla ponderazione per postura variabile o non nota);
- confronto dei risultati ottenuti con i valori relativi a rilievi precedenti, ad analisi previsionali, e ai limiti ammissibili definiti dalle normative.

Il rapporto tecnico sarà corredato da documentazione fotografica, da elaborati grafici esplicativi in scala idonea alla localizzazione delle sorgenti, dei ricettori e dei punti di misura, e da tabelle e diagrammi dei risultati.

L'elaborazione dei dati rilevati è svolta per mezzo di opportuni programmi informatici per l'analisi di segnali in campo dinamico ed è finalizzata a restituire gli elaborati necessari a documentare in modo esaustivo le rilevazioni effettuate riassumendo per mezzo di indicatori di sintesi i principali risultati conseguiti in campo vibrazionale. I programmi consentiranno il trattamento dei dati sia nel dominio del tempo che nel dominio delle frequenze operando confronti con dati pregressi sia di previsione che di monitoraggio.

L'attenzione è focalizzata su quegli indicatori stabiliti dalla normativa vigente e per i quali esistono limiti da rispettare.

Verranno identificati, oltre ai limiti di legge, tre valori differenziali per stazioni scelte e per risultati raccolti *Ante Operam* ed in Corso d'Opera; tali soglie differenziali saranno le seguenti:

- $\Delta 1$ : soglia di attenzione (per la quale si osserva un significativo incremento tra AO e CO);
- $\Delta 2$ : soglia di allarme (per la quale vengono superati i parametri scelti per danni su persone e strutture);
- $\Delta 3$ : soglia di pericolo (per la quale vengono superati i parametri scelti per pericoli a persone o strutture);

Si ritiene opportuno, inoltre, eseguire un rilievo dello stato e della struttura degli edifici e dei manufatti oggetto di indagine, prima dell'inizio dei lavori, al fine di documentare danni già esistenti prima della realizzazione delle opere in progetto. In questo caso i parametri da rilevare sono i seguenti:

- Consistenza e stato delle fondazioni;
- Consistenza e stato della struttura alzata;
- Consistenza e stato della struttura dei solai;
- Anno di costruzione e storia;
- Proprietà e persona da contattare;
- Presenza e consistenza di danni esistenti;
- Documentazione fotografica dettagliata.

## **5. LOCALIZZAZIONE DEI MONITORAGGI E UBICAZIONE DEI PUNTI DI MISURA**

Gli aspetti da considerare nella scelta dei punti di monitoraggio sono generalmente:

- la possibilità di accesso alle proprietà private;
- accessibilità nelle diverse fasi, notturna e diurna;
- le caratteristiche degli edifici;
- destinazioni d'uso dei ricettori, con particolare riferimento ad aree critiche per le attività umane (ospedali, laboratori di precisione, edifici storico-monumentali...);
- le caratteristiche delle sorgenti di disturbo vibrazionale;
- la distanza dalle sorgenti di disturbo.

Riguardo alle sorgenti di disturbo legate alle attività di cantiere, particolare attenzione verrà posta agli aspetti previsionali preliminari per le diverse tipologie di intervento (scavi, martellamento, palificazione, .....). Per ogni singola attività verrà eseguita alla specifica prima attivazione lungo il tracciato autostradale un rilievo/valutazione che sarà mantenuta valida, in prima approssimazione, per tutte le attività similari future lungo il tracciato.

Nel caso in cui non siano evidenti situazioni di criticità, dovute alla correlazione dei suddetti parametri, viene privilegiato il criterio della minore distanza dal cantiere, o dal fronte avanzamento lavori.

Per ottimizzare la raccolta di informazioni per la scelta dei punti di misura, i ricettori scelti per il monitoraggio delle vibrazioni saranno scelti di preferenza nell'ambito di quelli caratterizzati per la componente rumore.

Le postazioni di misura, che possono in generale essere scelte sia in interno che in esterno al ricettore, vengono referenziate in modo univoco per tutte le successive necessità di identificazione future.

Qualora non risultasse possibile accedere alle proprietà private relative a ricettori significativi da monitorare, i rilievi verranno eseguiti in sola postazione esterna per la caratterizzazione delle effettive sorgenti di disturbo vibrazionale (attività di cantiere o transito mezzi), mentre i livelli vibrazionali attesi nei punti di interesse dei ricettori (al piede del ricettore in fondazione, al primo solaio ed all'ultimo solaio) verranno valutati a partire dalle effettive registrazioni del disturbo vibrazionale attraverso procedura di calcolo previsionale accurata e validata.

In particolare la referenziazione univoca delle postazioni prevede:

- annotazione della via e del numero civico dell'edificio;

- annotazione delle generalità e del numero di telefono dei proprietari o comunque dei responsabili delle proprietà a cui occorre accedere;
- annotazione del/dei piani abitati in cui vengono posizionati i sensori;
- lay-out del locale/i in cui vengono effettuate le misure, riportante le principali dimensioni e la posizione di installazione dei trasduttori, con riferimento anche agli eventuali elementi strutturali che potrebbero condizionare la risposta locale del punto di misura alle azioni dinamiche agenti;
- fotografie generali del ricettore e del locale/i ove sono posizionati i trasduttori;
- eventuali fotografie di inquadramento del ricettore rispetto alle sorgenti di disturbo vibrazionale.

Per le postazioni in esterno sono indicate le distanze rispetto a punti fissi di immediato e sicuro riconoscimento.

I criteri di scelta delle postazioni di misura (terne sismometriche) prevedono:

- per edifici residenziali: postazioni localizzate in corrispondenza del basamento di fondazione, del primo piano abitato e/o dell'ultimo piano abitato, oltre a eventuali postazioni in esterno, collocate alla minima distanza dalla sorgente di vibrazione dominante o, qualora non esista una dominanza in senso stretto, dal lato del tracciato. I trasduttori in interno vengono posizionati in corrispondenza della mezzera del solaio. E' verificata l'assenza di interferenze con le attività residenziali. Tutti i trasduttori sono acquisiti contemporaneamente al fine di consentire un immediato e corretto confronto tra livelli di vibrazione in punti differenti;
- per edifici industriali: vale quanto detto con riferimento al caso degli edifici residenziali per le misure al basamento di fondazione ed ai diversi piani utilizzati. Nel caso di misure finalizzate a cogliere eventuali problemi di interferenza riguardo alle lavorazioni o alle macchine presenti in un'industria, i punti di misura vengono selezionati in base alle specifiche di funzionamento delle macchine scegliendo quelle maggiormente sensibili alle vibrazioni. I sensori vengono installati in corrispondenza del basamento e della struttura di fondazione della macchina, al fine di cogliere, specie nel caso di fondazioni isolate, il beneficio introdotto dalla fondazione speciale.

L'elenco dei punti scelti per l'attività di monitoraggio verrà definito in funzione della localizzazione dei punti oggetto delle lavorazioni più impattanti sulla matrice in esame e verrà concordato con gli organi di controllo.

Tali punti di monitoraggio potranno subire modifiche a seguito dei sopralluoghi mirati lungo il tracciato ed al modificarsi delle esigenze operative.

## 6. ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEI MONITORAGGI

---

### 6.1. MONITORAGGIO ANTE OPERAM

---

Prima dell'esecuzione del progetto, gli edifici potenzialmente esposti devono essere sottoposti ad un rilievo dello stato e della struttura dell'edificio, in particolare devono essere documentati danni già esistenti prima dell'inizio dei lavori.

In *Ante Operam* sono previste sessioni di misura da 24 ore, allo scopo di individuare eventuali vibrazioni esistenti, sia in periodo diurno sia notturno. L'acquisizione dei dati in continuo prevede l'esecuzione di registrazioni ad intervalli di tempo regolari con cadenza ogni 30 minuti, oltre alla contemporanea registrazione in automatico al superamento di determinati valori di soglia.

La campagna di misura in AO sarà svolta una sola volta.

Particolare attenzione deve essere posta alla descrizione dei luoghi ed al posizionamento dei sensori, deve essere accuratamente effettuato con le modalità descritte in precedenza, in modo da poter operare con le medesime modalità nelle fasi successive del monitoraggio.

### 6.2. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

---

La determinazione dei livelli di vibrazione in fase di cantiere e di esercizio verrà effettuata mediante una serie di rilievi o monitoraggi intesi come misure prolungate nel tempo con acquisizione automatica dei livelli vibrazionali ad intervalli di tempo regolari ed al superamento di determinati valori di soglia in un numero di punti di misura relativi ai ricettori individuati/selezionati internamente alle aree di monitoraggio selezionate.

E' bene precisare che il posizionamento dei punti, in questa fase di redazione del piano, è basato sulle conoscenze del territorio allo stato attuale e che, presumibilmente, i risultati delle analisi e delle misure condotte, già in AO, potranno portare a una ridefinizione della localizzazione o delle tempistiche di monitoraggio.

Per quanto riguarda la fase di cantiere, i punti indicati non saranno attivi contemporaneamente, ma secondo il divenire dei lavori e la collocazione dei cantieri e del fronte di avanzamento lavori. Per tipologie di attività verrà valutata alla loro prima attivazione lungo il tracciato le interferenze e gli apporti vibrazionali specifici che verranno mantenuti validi, in prima approssimazione, per tutte le attività simili che si svilupperanno successivamente in Corso d'Opera.

Con riferimento ai ricettori critici ed ai ricettori rappresentativi di classi omogenee da monitorare in fase di cantiere, si prevede l'effettuazione di rilievi in concomitanza con le lavorazioni di cantiere più critiche e potenzialmente in grado di creare condizioni di disturbo alla popolazione residente e/o alle strutture.

L'articolazione temporale e la frequenza dei rilievi è pertanto connessa al programma di dettaglio delle attività di cantiere.

In linea di massima si prevede l'esecuzione di almeno tre campagne di rilievi nel corso di ogni annualità da effettuare su un numero medio di tre ricettori ciascuna. I ricettori verranno di volta in volta definiti in funzione delle attività di cantiere tra quelli individuati come critici e/o rappresentativi.

La durata temporale prevista dell'acquisizione dati in continuo (intesa come esecuzione di registrazioni ad intervalli di tempo regolari con cadenza di 30 minuti (n. 2 rilievi per ogni ora) oltre alla contemporanea registrazione in automatico del superamento di determinati valori di soglia), è dell'ordine di una giornata lavorativa al fine di cogliere per le diverse lavorazioni gli effetti di eventuali differenti modalità procedurali di impiego delle macchine operatrici che potrebbero condizionare i risultati delle misure.

L'acquisizione dei dati in continuo potrà determinare l'eventuale presenza di vibrazioni di tipo impulsivo generate dall'attività di cantiere per la cui valutazione si potrà fare riferimento alla norma UNI 9614.

Le misure sul singolo ricettore saranno correlate a misure raccolte in prossimità della sorgente di disturbo attraverso il rilievo delle vibrazioni generate al suolo dall'azione della macchina operatrice.

### **6.3. MONITORAGGIO POST OPERAM**

---

La finalità del monitoraggio *Post Operam* sarà di verificare il manifestarsi di eventuali vibrazioni generate dai transiti di veicoli durante l'esercizio dell'infrastruttura.

Il monitoraggio *Post Operam* verrà quindi eseguito immediatamente dopo l'entrata in esercizio della nuova infrastruttura per almeno 2 campagne di frequenza annuale.

Sono previste sessioni di misura da 24 ore, allo scopo di individuare eventuali vibrazioni esistenti, sia in periodo diurno sia notturno. L'acquisizione dei dati in continuo prevede l'esecuzione di registrazioni ad intervalli di tempo regolari con cadenza ogni 30 minuti, oltre alla contemporanea registrazione in automatico al superamento di determinati valori di soglia. I rilievi saranno confrontati con le misure corrispondenti eseguite in AO.