



# Presidenza del Consiglio dei Ministri

Dipartimento di Protezione Civile

Struttura di Missione - D.P.C.M. 15 Giugno 2007 O.P.C.M. 19 Marzo 2008



**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

**Assessorato dei Lavori Pubblici**

UFFICIO DEL COMMISSARIO DELEGATO  
**Dott. Guido BERTOLASO**

STRUTTURA DI MISSIONE  
**Dott. Ing. Raniero FABRIZI**

## REVISIONI

N°	data	redatto	contr.	approv.	Motivo della revisione
0	Marzo 2009	Cardinali	Marchettini	Policicchio	Emissione
1					
2					
3					

**RACCORDO STRADALE FUNZIONALE**  
**TRA LA ROTATORIA D'ACCESSO ALL'AEROPORTO**  
**"OLBIA COSTA SMERALDA" E LA S.S. 199**

LOTTO 9°- 1° e 2° STRALCIO  
DELLA S.S. 199 "SASSARI-OLBIA"

## STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

PROG. N°

DIS. N°

DATA **Marzo 2008**

SCALA ---

TITOLO :

**Vol. 9 Quadro Riferimento Ambientale**  
**Rumore e vibrazioni**  
**Relazione tecnica**

ALLEGATO  
N°

IL PROGETTISTA

A.T.I.:



**C. LOTTI & ASSOCIATI**  
SOCIETA' DI INGEGNERIA S.p.A. - ROMA

**STUDIO ASSOCIATO**

Ing. F. COCCO / Ing. P.A. TROMBINO

**RACCORDO STRADALE FUNZIONALE TRA LA ROTATORIA  
D'ACCESSO ALL'AEROPORTO "OLBIA COSTA SMERALDA" E  
LA S.S. 199  
LOTTO 9 1° E 2° STRALCIO DELLA S.S. 199 "SASSARI-OLBIA"**

**STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE  
AI SENSI DEL D. LGS. 152/06 COSÌ COME MODIFICATO IN BASE AL D.LGS 4/2008**

**VOL. 9**

**QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE**

**RUMORE E VIBRAZIONI**

N° PROGETTO: <b>B279.A.001</b>			N° ALLEGATO:		
0	03/2009	EMISSIONE	CARDINALI	MARCHETTINI	POLICICCHIO
1					
2					
3					
4					
<i>revisione</i>	<i>data</i>	<i>descrizione</i>	<i>redatto</i>	<i>controllato</i>	<i>approvato</i>

## INDICE

INDICE .....	1
<b>1. RUMORE E VIBRAZIONI .....</b>	<b>2</b>
1.1 PREMessa.....	2
1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
1.2.1 Rumore .....	3
1.2.1.1 D.P.C.M. 1 marzo 1991.....	3
1.2.1.2 La Legge Quadro –Legge n. 447 del 26.10.1995.....	5
1.2.1.3 D.P.C.M. 14 novembre 1997.....	6
1.2.1.4 D.P.R. 30 marzo 2004 n. 142 .....	7
1.2.1.5 Deliberazione della Giunta Regione Sardegna 8 Luglio 2005 n. 30/9.....	12
1.2.2 Vibrazioni .....	13
1.2.2.1 Disturbo alle persone.....	13
1.2.2.2 Effetti delle vibrazioni sugli edifici .....	18
1.3 SITUAZIONE ATTUALE .....	20
1.3.1 Classificazione acustica .....	21
1.3.2 Ricettori .....	21
1.4 GLI INTERVENTI DI PROTEZIONE ACUSTICA.....	21
1.4.1 Pavimentazioni stradali fonoassorbenti .....	22
1.4.2 Barriere antirumore .....	24
1.4.3 Gli interventi di mitigazione previsti .....	26
1.5 ANALISI SULL'IMPATTO DA VIBRAZIONI .....	27

## **1. RUMORE E VIBRAZIONI**

### **1.1 PREMESSA**

La seguente relazione ha lo scopo di individuare a livello di progetto preliminare, con maggiore approfondimento rispetto i contenuti riportati nello Studio di prefattibilità ambientale, tutte quelle criticità che vengono indotte nel territorio durante e a seguito la realizzazione della nuova infrastruttura relativamente ai fattori ambientali rumore e vibrazioni.

La caratterizzazione dei fattori ambientali, l'individuazione delle aree sul territorio a maggiore sensibilità e la successiva valutazione degli impatti sia nella fase di cantiere sia nella fase di esercizio, sono stati perseguiti attraverso il seguente percorso di lavoro:

1. selezione ed elencazione della normativa di riferimento connessa alle problematiche legate all'inquinamento da rumore e da vibrazioni in ambiente esterno;
2. individuazione delle situazioni di maggiore sensibilità e criticità mediante apposita realizzazione di carte contenenti sia elementi di progetto che elementi territoriali (centri abitati, ricettori sensibili, aree protette, viabilità stradale e ferroviaria esistente, etc.) e l'esecuzione di specifici sopralluoghi per la caratterizzazione dei ricettori sul campo;

3. dimensionamento acustico degli interventi di mitigazione (barriere antirumore) necessarie a risolvere le situazioni di criticità emerse lungo il tracciato di progetto ed elencazione degli ulteriori sistemi di compensazione/abbattimento degli impatti previsti in tutte le altre situazioni o a livello generale.

## 1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 1.2.1 Rumore

#### 1.2.1.1 D.P.C.M. 1 marzo 1991

Il 1/3/1991 è stato emanato il D.P.C.M. dal titolo “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”. Il Decreto opera una suddivisione del territorio in 6 classi, da definirsi a cura di ciascun comune, considerando la destinazione urbanistica e le condizioni geomorfologiche del territorio al fine di definire dei limiti di tollerabilità per ciascuna delle classi anzidette. L’indice atto a caratterizzare la rumorosità è il Livello continuo equivalente ponderato secondo la curva A (sinteticamente LAeq), rilevato utilizzando un microfono, dotato di cuffia antivento, posizionato ad una altezza pari a 1.50 metri di altezza dal terreno, orientato verso la sorgente specifica e ad una distanza tale da non risentire dell’influenza di qualsiasi superficie riflettente.

Nell’allegato “B” del Decreto vengono riportati i limiti massimi di rumorosità ammessa in funzione della destinazione d’uso del territorio; essi sono:

classe	Destinazione d’uso del territorio	LAeq rif. diurno	LAeq. rif. notturno
I	Aree particolarmente protette	50 dB(A)	40 dB(A)
II	Aree prevalentemente residenziali	55 dB(A)	45 dB(A)
III	Aree di tipo misto	60 dB(A)	50 dB(A)
IV	Aree di intensa attività umana	65 dB(A)	55 dB(A)
V	Aree prevalentemente industriali	70 dB(A)	60 dB(A)
VI	Aree esclusivamente industriali	70 dB(A)	70 dB(A)

Come si desume dalla tabella nel periodo notturno (dalle 22.00 alle 6.00) i limiti di rumorosità delle classi I-V vengono ridotti di 10 dB(A).

Per quanto concerne la presenza di componenti impulsive o tonali, la metodologia non differisce da quella proposta dalla norma UNI 1996 che in definitiva attua una penalizzazione di 3 dB(A) sia per il rumore impulsivo che per le componenti tonali.

L’applicabilità dei limiti suddetti è subordinata alla zonizzazione del territorio, che compete ai singoli Comuni. In attesa che essi provvedano a tale incombenza, valgono comunque i limiti provvisori basati sulla zonizzazione urbanistica.

In particolare essi sono:

Zonizzazione	L <sub>Aeq</sub> rif. diurno	L <sub>Aeq</sub> rif. notturno
Tutto il territorio nazionale	70 dB(A)	60 dB(A)
Zona A D.M. 1444/68	65 dB(A)	55 dB(A)
Zona B D.M. 1444/68	60 dB(A)	50 dB(A)
Zona esclusivamente industriale	70 dB(A)	70 dB(A)

Le aree residenziali di completamento sono usualmente classificate in zona B, mentre i centri storici sono in zona A.

Per la classificazione delle zone A e B si fa riferimento al D.M. 2 aprile 1968, art. 2:

**Zona A** - Le parti del territorio interessate da agglomerati urbani che rivestono carattere storico, artistico e di particolare pregio ambientale o da porzioni di essi comprese le aree circostanti che possono considerarsi parte integrante, per tali caratteristiche, degli agglomerati stessi.

**Zona B** - Le parti del territorio totalmente o parzialmente edificate diverse dalle zone A; si considerano parzialmente edificate le zone in cui la superficie coperta dagli edifici esistenti non sia inferiore al 12,5% (un ottavo) della superficie fondiaria della zona e nelle quali la densità territoriale sia superiore a  $1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ .

Va infine precisato che, per la misurazione del rumore ambientale, il Decreto distingue chiaramente fra sorgenti sonore fisse e sorgenti mobili. Per queste ultime il livello equivalente va misurato (o calcolato) relativamente all'intera durata del periodo di riferimento considerato (diurno e notturno), mentre per le sorgenti fisse la misura va limitata all'effettiva durata del fenomeno rumoroso. Questo fatto è estremamente importante nel caso del rumore prodotto dal passaggio di autoveicoli, treni, tram o anche degli aerei, costituito da sporadici eventi molto rumorosi: se la misura andasse effettuata nel breve intervallo in cui il mezzo sta passando, si verificherebbero livelli sonori estremamente alti (anche dell'ordine di 70-80 dB(A)), mentre in questo modo tale rumorosità viene "distribuita" sull'intera durata del periodo diurno o notturno.

Oltre ai limiti assoluti, di cui si è ampiamente riferito sopra, il D.P.C.M. 1 marzo 1991 prevede anche limiti di tipo differenziale: nessuna sorgente sonora specifica può portare ad un innalzamento della rumorosità superiore a 5 dB diurni e 3 dB notturni, misurati negli ambienti abitativi, a finestre aperte. Normalmente si assume che, sebbene a rigore tale verifica andrebbe effettuata all'interno delle abitazioni, il rispetto del limite differenziale verificato all'esterno degli edifici sia garanzia sufficiente anche per il rispetto di tale limite all'interno.

In base alle definizioni riportate nell'allegato A al D.P.C.M. si evince che il criterio differenziale può essere applicato solo a specifiche sorgenti disturbanti, e non alla "rumorosità d'insieme" in un certo sito.

### 1.2.1.2 La Legge Quadro –Legge n. 447 del 26.10.1995

La Legge quadro sull'inquinamento acustico, definisce tutta la materia dell'inquinamento da rumore nell'ambiente esterno; per la sua caratteristica di Legge quadro rimanda a numerosi decreti di attuazione che definiscono nello specifico le modalità di effettuazione delle misure e i limiti da rispettare.

Rispetto al D.P.C.M. del 1991 vengono disciplinate sia le sorgenti sonore fisse che quelle mobili. All'articolo 2 della Legge in oggetto vengono descritte analiticamente le sorgenti definite fisse (nel dettaglio impianti ed installazioni industriali, infrastrutture, parcheggi, depositi di mezzi di trasporto, e le aree adibite ad attività sportive e ricreative), mentre per quelle mobili si deve attuare una valutazione per esclusione rispetto alla definizione di sorgente fissa.

Con l'emanazione della Legge 447/95 viene ampliato e in parte modificato, l'aspetto normativo dell'inquinamento acustico ambientale; oltre a prendere in considerazione l'aspetto delle sorgenti mobili, viene modificata in parte, la modalità del riconoscimento delle componenti tonali e impulsive, la valutazione in ambienti confinati (introducendo i rilievi a finestre aperte e chiuse) nonché l'introduzione del concetto di difesa passiva dal rumore mediante la definizione dei requisiti acustici dei materiali impiegati in edilizia.

La Legge definisce:

- limiti di emissione, intesi come i valori massimi che possono essere emessi da una qualsiasi sorgente sonora, sia fissa che mobile, misurati in prossimità della sorgente stessa;
- limiti di immissione, intesi come i valori massimi che possono essere immessi nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, dal complesso delle sorgenti sonore considerate, misurati in prossimità dei ricettori. Essi si distinguono in valori limite assoluti (riferiti al rumore risultante "dall'insieme di tutte le sorgenti" sonore attive nell'ambiente) e differenziali (riguardano la differenza tra il rumore ambientale, ovvero il livello di pressione sonora prodotta da tutte le sorgenti acustiche esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo, ed il rumore residuo, rappresentato dal livello di pressione sonora che si rileva dopo l'esclusione delle specifiche sorgenti sonore considerate).

Significativa è l'introduzione del Tecnico competente, figura professionale idonea ad effettuare le misurazioni, verificare l'ottemperanza ai valori definiti dalle vigenti norme, redigere piani di risanamento, nonché a svolgere le attività di controllo.

La Legge quadro inoltre, ha esteso la portata degli studi di impatto acustico oltre l'ambito previsto dalla normativa sulla valutazione d'impatto ambientale, introducendo il concetto che, oltre ai fini della richiesta di concessione edilizia, il progetto deve essere accompagnato da uno studio acustico che persegue in definitiva due obiettivi:

- prevedere l'impatto che il progetto determinerà sul territorio circostante sia per l'impianto di attrezzature rumorose, sia per il traffico veicolare indotto;
- verificare che il clima acustico esistente nella determinata area sia compatibile alla realizzazione di una costruzione ad elevata sensibilità al rumore (quali ospedali, scuole etc.).

Nel dettaglio i soggetti titolari dei progetti o delle opere predispongono una documentazione di impatto acustico relativa alla realizzazione, alla modifica o al potenziamento, tra le altre, delle seguenti opere:

- strade di tipo A (autostrade),
- B (strade extraurbane principali),
- C (strade extraurbane secondarie),
- D (strade urbane di scorrimento),
- E (strade urbane di quartiere)
- F (strade locali),

secondo la classificazione di cui al decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 e successive modificazioni.

La documentazione per gli studi di impatto acustico dovrà essere conforme a quanto stabilito dalle singole regioni sulla base dei criteri stabiliti dalla Regione.

La piena applicazione della nuova disciplina è subordinata al verificarsi di specifici adempimenti, che ne rinviano in concreto l'efficacia, ovvero:

- a) all'emanazione di appositi D.P.C.M. che fissino i limiti di accettabilità delle emissioni sonore per le varie sorgenti considerate;
- b) all'emanazione delle leggi regionali che stabiliscano i criteri ai quali i comuni dovranno conformarsi per la classificazione acustica del proprio territorio;
- c) alla zonizzazione del territorio comunale;
- d) alla predisposizione dei piani comunali di risanamento.

Fino all'avvenuta adozione di tali provvedimenti, continuano ad essere applicate le disposizioni contenute nel D.P.C.M. 1° marzo 1991, nelle parti residue dopo la sentenza di illegittimità costituzionale n. 517/1991 e non in contrasto con i principi della legge quadro.

#### 1.2.1.3 D.P.C.M. 14 novembre 1997

Il Decreto in attuazione alla Legge quadro 447/95, determina i valori limite di emissione, i valori limite di immissione, i valori di attenzione e di qualità.

I limiti di emissione sono anch'essi definiti in funzione della classe di destinazione d'uso del territorio, e sono in pratica sempre inferiori di 5 dB rispetto ai relativi limiti di immissione.

Il Decreto tuttavia non precisa nel dettaglio a quale distanza dalla sorgente sonora deve essere verificato il limite di emissione (normative di altri Paesi della Comunità Europea definiscono più precisamente il livello di emissione).

I limiti di immissione sono gli stessi già indicati dal DPCM 1 marzo 1991, così come la definizione delle classi di destinazione d'uso del territorio. Inoltre, in attesa che i comuni provvedano all'attribuzione di tali classi, si adottano i limiti provvisori previsti dal DPCM 1 marzo 1991.

Per le infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime e le sorgenti di cui all'articolo 11 comma 1 della Legge 447/95, non si applicano all'interno delle fasce di pertinenza, individuate dai relativi decreti attuativi, i valori limite assoluti di immissione. All'esterno di tali fasce le infrastrutture in oggetto concorrono indubbiamente al raggiungimento dei suddetti valori.

La non applicabilità dei valori entro le fasce di pertinenza ha ragion di essere solo per le infrastrutture stesse, tutte le altre sorgenti presenti devono rispettare i limiti definiti dalla Legge.

Vengono ribaditi i valori limite differenziali di immissione di 5 dB diurni e 3 dB notturni, validi all'interno delle abitazioni; tali valori tuttavia non si applicano nelle aree classificate nella classe VI all'allegato A del decreto in oggetto.

Inoltre l'applicazione del criterio differenziale non riguarda alcune sorgenti, tra cui, le infrastrutture di trasporto (stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime).

Nel dettaglio i valori limite assoluti di immissione risultano:

Classi di destinazioni d'uso del territorio		Limiti massimi e tempi di riferimento	
		diurno (6-22)	notturno (22-6)
I	aree particolarmente protette	50	40
II	aree prevalentemente residenziali	55	45
III	aree di tipo misto	60	50
IV	aree di intensa attività umana	65	55
V	aree prevalentemente industriali	70	60
VI	aree esclusivamente industriali	70	70

#### 1.2.1.4 D.P.R. 30 marzo 2004 n. 142

Il Decreto stabilisce le norme per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento derivante da rumore originato dal traffico veicolare.

Il provvedimento completa il quadro di regolamentazione del rumore derivante dai mezzi di trasporto (gli altri decreti hanno regolamentato l'inquinamento acustico originato da aeromobili, traffico ferroviario e dalle attività motoristiche).

L'inquinamento dovuto al traffico stradale è una delle cause predominanti dell'inquinamento acustico con conseguenze che portano disturbi del sonno, danni uditivi o fisiologici (prevalentemente cardiovascolari) e difficoltà di comunicazione.

In maniera analoga al D.P.R. 459 che regola il traffico ferroviario vengono definite diverse fasce di pertinenza entro le quali non si attuano i valori limite definiti del D.P.C.M. 14 novembre 1997 ma si attua una differenziazione in base alla tipologia della strada.

Il decreto in oggetto nel definire il campo di applicazione fa riferimento alla classificazione delle strade descritta nel decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, "Nuovo codice della strada" e, attua una distinzione tra strade esistenti e di nuova realizzazione.

Le strade vengono definite in riguardo alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, nei seguenti tipi:

A Autostrade

strada extraurbana o urbana a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico invalicabile, ciascuna con almeno due corsie di marcia, eventuale banchina pavimentata a sinistra e corsia di emergenza o banchina pavimentata a destra, priva di intersezioni a raso e di accessi privati, dotata di recinzione e di sistemi di assistenza all'utente lungo l'intero tracciato, riservata alla circolazione di talune categorie di veicoli a motore e contraddistinta da appositi segnali di inizio e fine. Deve essere attrezzata con apposite aree di servizio ed aree di parcheggio, entrambe con accessi dotati di corsie di decelerazione e di accelerazione

B Strade extraurbane principali

strada a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico invalicabile, ciascuna con almeno due corsie di marcia e banchina pavimentata a destra, priva di intersezioni a raso, con accessi alle proprietà laterali coordinati, contraddistinta dagli appositi segnali di inizio e fine, riservata alla circolazione di talune categorie di veicoli a motore; per eventuali altre categorie di utenti devono essere previsti opportuni spazi. Deve essere attrezzata con apposite aree di servizio, che comprendano spazi per la sosta, con accessi dotati di corsie di decelerazione e di accelerazione.

C Strade extraurbane secondarie

strada ad unica carreggiata con almeno una corsia per senso di marcia e banchine.

D Strade urbane di scorrimento

strada a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico, ciascuna con almeno due corsie di marcia, ed un'eventuale corsia riservata ai mezzi pubblici, banchina pavimentata a destra e marciapiedi, con le eventuali intersezioni a raso semaforizzate; per la sosta sono previste apposite aree o fasce laterali esterne alla carreggiata, entrambe con immissioni ed uscite concentrate.

E Strade urbane di quartiere

strada ad unica carreggiata con almeno due corsie, banchine pavimentate e marciapiedi; per la sosta sono previste aree attrezzate con apposita corsia di manovra, esterna alla carreggiata.

F Strade locali

strada urbana o extraurbana non facente parte degli altri tipi di strade.

F bis Strade locali

strada locale, urbana, extraurbana o vicinale, destinata prevalentemente alla percorrenza pedonale e ciclabile e caratterizzata da una sicurezza intrinseca a tutela dell'utenza debole della strada

I valori limite di immissione stabiliti dal presente decreto sono verificati, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione, in conformità a quanto disposto dal decreto del Ministro dell'ambiente in data 16 marzo 1998, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 76 del 1° aprile 1998, e devono essere riferiti al solo rumore prodotto dalle infrastrutture stradali.

Per le infrastrutture di nuova realizzazione il proponente l'opera individua i corridoi progettuali che possano garantire la migliore tutela dei ricettori presenti all'interno della fascia di studio di ampiezza pari a quella di pertinenza, estesa ad una dimensione doppia in caso di presenza di scuole, ospedali, case di cura e case di riposo mentre per quanto riguarda le infrastrutture esistenti i valori limite di immissione definiti nel decreto dovranno essere conseguiti mediante attività pluriennale di risanamento come da decreto del Ministro dell'ambiente in data 29 novembre 2000. L'attività di risanamento dovrà considerare come interventi prioritari quelli riguardanti ricettori sensibili quali scuole ospedali e case di riposo.

I limiti per le varie tipologie di strade di nuova realizzazione sono i seguenti:

Tipo	Sottotipo	Ampiezza fascia di pertinenza	Scuole <sup>1</sup> , ospedali, case di cura e riposo		Altri ricettori	
			diurno	notturno	diurno	notturno
A-Autostrada		250	50	40	65	55
B-Extraurbana principale		250	50	40	65	55

<sup>1</sup> Per le scuole vale solo il limite diurno

C-Extraurbana secondaria	C <sub>a</sub>	250	50	40	65	55
	C <sub>b</sub>	150	50	40	65	55
D-Urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E-Urbana di quartiere		30			*	
F-Locale		30				

Note:

C<sub>a</sub> strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980;  
C<sub>b</sub> tutte le strade extraurbane secondarie;

I limiti per le varie tipologie di strade esistenti sono i seguenti:

Tipo	Sottotipo	Ampiezza fascia di pertinenza	Scuole <sup>2</sup> , ospedali, case di cura e riposo		Altri ricettori	
			diurno	notturno	diurno	notturno
A-Autostrada		A 100	50	40	70	60
		B 150			65	55
B-Extraurbana principale		A 100	50	40	70	60
		B 150			65	55
C-Extraurbana secondaria	C <sub>a</sub>	A 100	50	40	70	60
		B 150			65	55
	C <sub>b</sub>	A 100	50	40	70	60
		B 50			65	55
D-Urbana di scorrimento	D <sub>a</sub>	100	50	40	70	60
	D <sub>b</sub>	100			65	55
E-Urbana di quartiere		30			*	
F-Locale		30				

Note:

C<sub>a</sub> strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980;  
C<sub>b</sub> tutte le strade extraurbane secondarie;  
D<sub>a</sub> strade a carreggiate separate e interquartiere;  
D<sub>b</sub> tutte le strade urbane a scorrimento

\* definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995.

La discriminazione circa la decisione di considerare l'infrastruttura in oggetto come esistente o di nuova realizzazione va fatta facendo riferimento all'articolo 2 del DPR n° 142 che definisce il campo di applicazione attuando la seguente differenziazione:

*Art. 2. Campo di applicazione*

*Le disposizioni di cui al presente decreto si applicano:*

<sup>2</sup> Per le scuole vale solo il limite diurno

a) alle infrastrutture esistenti, al loro ampliamento in sede e alle nuove infrastrutture in affiancamento a quelle esistenti, alle loro varianti;

b) alle infrastrutture di nuova realizzazione.

Per chiarire le definizioni di cui sopra, e quindi inserire l'infrastruttura nella classificazione a), o b) si rimanda alle definizioni di interesse:

b) **infrastruttura stradale esistente**: quella effettivamente in esercizio o in corso di realizzazione o per la quale e' stato approvato il progetto definitivo alla data di entrata in vigore del presente decreto;

c) **infrastruttura stradale di nuova realizzazione**: quella in fase di progettazione alla data di entrata in vigore del presente decreto e comunque non ricadente nella lettera b);

d) **ampliamento in sede di infrastruttura stradale in esercizio**: la costruzione di una o più corsie in affiancamento a quelle esistenti, ove destinate al traffico veicolare;

e) **affiancamento di infrastrutture stradali di nuova realizzazione a infrastrutture stradali esistenti**: realizzazione di infrastrutture parallele a infrastrutture esistenti o confluenti, tra le quali non esistono aree intercluse non di pertinenza delle infrastrutture stradali stesse;

h) **variante**: costruzione di un nuovo tratto stradale in sostituzione di uno esistente, fuori sede, con uno sviluppo complessivo inferiore a 5 km per autostrade e strade extraurbane principali, 2 km per strade extraurbane secondarie ed 1 km per le tratte autostradali di attraversamento urbano, le tangenziali e le strade urbane di scorrimento;

L'infrastruttura in oggetto, secondo le disposizioni dell'ANAS dovrà essere considerata come "Strada esistente o assimilabile –ampliamenti in sede affiancamenti e varianti".

In base alle disposizioni di cui sopra pertanto, per l'infrastruttura in progetto (classificata come extraurbana principale), dovranno essere considerate due fasce di pertinenza consecutive con larghezza ciascuna pari a metri 100 per la prima a partire dal confine stradale e pari a metri 150 per la successiva.

Il rispetto dei limiti sia all'interno delle fasce di pertinenza che all'esterno, sono verificati in facciata degli edifici ad 1 metro dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione nonché dei ricettori. Qualora i limiti anzidetti non possano essere tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzii l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti all'interno dei fabbricati:

35 dB(A) Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;

40 dB(A) Leq notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo;

45 dB(A) Leq diurno per le scuole.

Il Decreto all'Art. 1 –Definizione alla lettera l) definisce ricettori:

l) **ricettore**: qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza, o ad attività lavorativa o ricreativa; aree naturalistiche vincolate,

*parchi pubblici ed aree esterne destinate ad attività ricreative ed allo svolgimento della vita sociale della collettività; aree territoriali edificabili già individuate dai piani regolatori generali e loro varianti generali, vigenti al momento della presentazione dei progetti di massima relativi alla costruzione delle infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 2, lettera B, ovvero vigenti alla data di entrata in vigore del presente decreto per le infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 2, lettera A;*

Come si evince dal testo sopra il Decreto definisce ricettori anche le aree naturalistiche vincolate anche non ammettendo presenza di ricettori quali abitazioni; il progetto della nuova strada oggetto della seguente relazione attraversa tra l'altro una vasta area definita quale S.I.C. (Sito di Interesse Comunitario), che presenta a tutti gli effetti dei precisi e dettagliati vincoli.

#### 1.2.1.5 Deliberazione della Giunta Regione Sardegna 8 Luglio 2005 n. 30/9

La Deliberazione 30/9 abroga la precedente 34/71 pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione Autonoma della Sardegna in data 3.12.2002, che ha colmato il notevole ritardo accumulato rispetto ai tempi definiti dalla Legge 447/95.

Parte integrante della Deliberazione è il Documento Tecnico che definisce e regola:

- i criteri per la classificazione acustica del territorio;
- la metodologia operativa;
- la zonizzazione in prossimità di aeroporti;
- l'individuazione delle aree destinate a spettacolo a carattere temporaneo, ovvero mobile, nonché le procedure autorizzative;
- l'ottimizzazione e verifica del progetto di zonizzazione;
- la procedura e i tempi di approvazione del Piano di classificazione acustica;
- il risanamento del territorio comunale;
- i criteri e le procedure per la redazione della documentazione di impatto e clima acustico.

I criteri definiti dal documento tecnico su citato sono stati considerati quale riferimento per l'indicazione della classe acustica cui appartiene l'area di studio. Di seguito viene specificata la procedura di approvazione del Piano di classificazione acustica valida per i comuni interessati.

L'adozione da parte dei comuni si articola in diverse fasi:

- predisposizione della prima bozza definitiva di zonizzazione;
- approvazione e adozione con provvedimento amministrativo del Comune;
- pubblicazione sull'Albo pretorio;
- trasmissione della bozza all'ARPAS e ai Comuni limitrofi per eventuali osservazioni;
- trasmissione alla Provincia della bozza definitiva di zonizzazione con la richiesta di

parere;

- approvazione del Piano di classificazione acustica con provvedimento amministrativo del Comune.

Per i Comuni con popolazione inferiore ai 30.000 abitanti non risulta necessario convocare un Comitato Tecnico per la richiesta di eventuali pareri ed osservazioni.

La trasmissione della prima bozza di zonizzazione all'ARPAS e alle amministrazioni comunali limitrofe dovrà avvenire entro quindici giorni dalla data di adozione della stessa al fine di prendere atto di eventuali osservazioni che dovranno essere formulate entro il termine perentorio di quarantacinque giorni dal ricevimento della documentazione.

L'Amministrazione provinciale entro 90 giorni dal ricevimento della richiesta di nulla osta, dovrà formulare all'Amministrazione comunale richiedente le proprie valutazioni sotto forma di parere da inviarsi contestualmente alla Regione. In questa fase, dovrà essere valutata in modo particolare la coerenza ai vigenti strumenti urbanistici di pianificazione sovraordinati al livello comunale e, che siano rispettate in fase di progettazione le linee guida regionali e non vi siano eventuali incongruenze che possano emergere dal confronto con le zonizzazioni effettuate dai comuni limitrofi.

Eventuali modifiche apportate dall'Amministrazione comunale, a seguito delle indicazioni date dalla Provincia in sede di rilascio di parere, dovranno essere formalmente comunicate all'Assessorato Regionale della Difesa dell'Ambiente.

L'Amministrazione comunale trascorsi 30 giorni dall'acquisizione del parere favorevole da parte della Provincia, senza che i competenti Uffici della Regione si siano formalmente pronunciati in merito (silenzio-assenso), attraverso Deliberazione del Consiglio comunale approva e adotta il piano di classificazione acustica del proprio territorio.

## **1.2.2 Vibrazioni**

### **1.2.2.1 Disturbo alle persone**

Per gli aspetti normativi, si ricorda che a tutt'oggi non esiste in Italia una legge quadro sulle vibrazioni che stabilisca dei valori limite per il disturbo, per cui ci si deve riferire unicamente alle norme tecniche (è normato solamente il fenomeno vibratorio sul luogo di lavoro).

I metodi di misura per la valutazione delle vibrazioni trasmesse al corpo intero negli edifici sono definite dalle norme ISO 2631/2 del 2003.

La UNI 9614 del 1990 si basa sulla norma generale ISO 2630/1 del 1974 più volte revisionata e definitivamente modificata nel 1997.

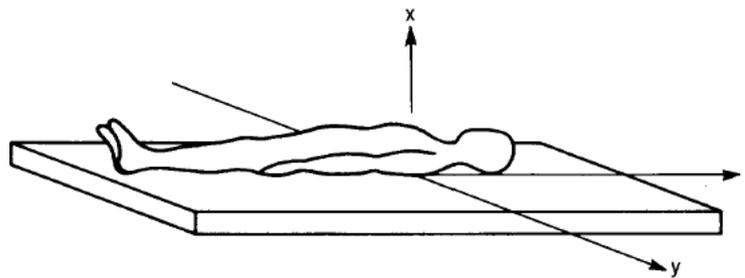
Per tale ragione l'Ente Nazionale Italiano di Unificazione ha provveduto ad elaborare il progetto di norma nell'anno 2000 e definitivamente ha affiancato alla UNI 9614 la UNI 11048 nell'anno 2003.

Nelle norme citate vengono definiti i metodi di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne agli edifici stessi, al fine di valutare il disturbo arrecato ai soggetti esposti.

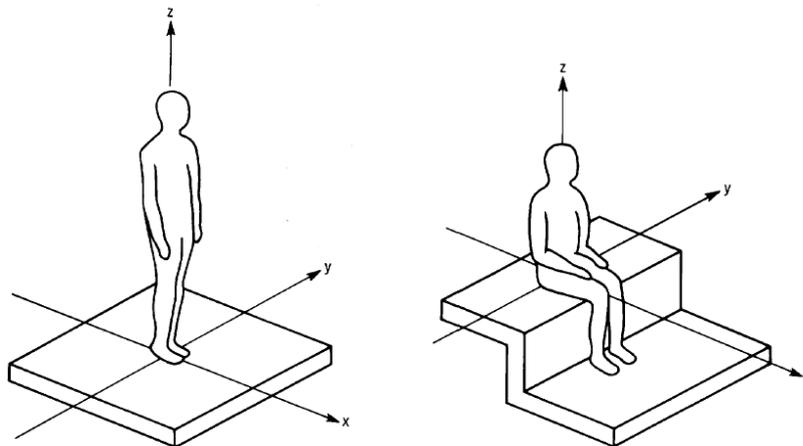
Per l'effettuazione della valutazione va adottato un sistema di coordinate riferito all'edificio e non al corpo umano. I rilievi delle vibrazioni verticali, orizzontali e trasversali vanno eseguiti preferibilmente simultaneamente.

A questo proposito, la sensibilità umana è variabile con la frequenza, e dipende dall'asse cartesiano considerato rispetto al riferimento relativo al corpo umano.

Le curve di sensibilità umana sono codificate dalle norme, rispetto ai sistemi di riferimento per persone sdraiate, sedute o in piedi, riportate nelle seguenti figure:

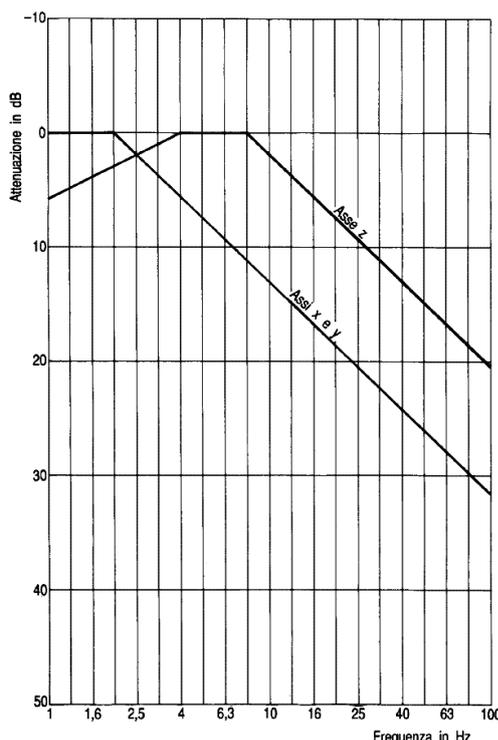


*Sistema cartesiano di riferimento per persona coricata*



*Sistema cartesiano di riferimento per persona in piedi o seduta*

La successiva figura mostra l'andamento spettrale delle curve di ponderazione da applicare al segnale di accelerazione rilevato, onde rendere equivalente la percezione umana alle varie frequenze.



Curva di ponderazione assi X, Y (linea 1) e asse Z (linea 2).

Nel caso oggetto di studio, tuttavia, il possibile ricettore si troverà esposto indifferentemente su uno dei tre assi, a seconda della sua giacitura, che non è, ovviamente, predeterminata e risulta variabile nel corso delle 24 ore.

In tali casi, la norma UNI 11048 prevede l'impiego di una curva di ponderazione per asse generico (o meglio, per asse non definibile),  $W_m$  la cui definizione matematica è contenuta nell'allegato A della ISO 2631/2 2003.

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:

$$L_{acc}=20 \lg [ a/a_0 ] \qquad L_{vel}=20 \lg [ v/v_0 ]$$

Nelle quali compaiono i valori di riferimento (ISO 1683)  $a_0 = 0.001 \text{ mm/s}^2$  e  $v_0 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ mm/s}$ .

Nella tabella seguente sono specificati i valori di ponderazione delle componenti per bande di 1/3 di ottava: i fattori vanno moltiplicati per le componenti dell'accelerazione espresse in  $\text{mm/s}^2$ , i guadagni vanno sommati ai livelli delle componenti dell'accelerazione espressi in dB.

Frequenza	$W_m$		Frequenza	$W_m$	
	fattore	guadagno		Hz	fattore
1	0.8329	-1.59	10	0.4941	-6.12

1.25	0.9071	-0.85	12.5	0.4114	-7.71
1.6	0.9342	-0.59	16	0.3375	-9.44
2	0.9319	-0.61	20	0.2738	-11.25
2.5	0.9101	-0.82	25	0.2203	-13.14
3.15	0.8721	-1.19	31.5	0.176	-15.09
4	0.8184	-1.74	40	0.1396	-17.10
5	0.7496	-2.50	50	0.1093	-19.23
6.3	0.6692	-3.49	63	0.08336	-21.58
8	0.5819	-4.70	80	0.06036	-24.38

Tabella riepilogativa della ponderazione del filtro  $W_m$

Sia la norma UNI 9614 che la UNI 11048 prevedono di valutare il livello complessivo di accelerazione ponderata nell'intervallo da 1 ad 80 Hz; se il segnale disturbante è caratterizzato da una emissione concentrata entro una singola banda di 1/3 di ottava, è sufficiente correggere il valore misurato applicando la correzione riportata in tabella (ad esempio essa vale -19.23 dB a 50 Hz). Se viceversa lo spettro è continuo ed esteso a più bande, occorre anzitutto calcolare il livello di accelerazione corretto a ciascuna frequenza, di seguito le componenti ponderate ( $a_{w,i}$ ) vanno sommate tra loro in termini quadratici al fine di ottenere l'accelerazione ponderata in frequenza ( $a_w$ ), secondo la relazione:

$$a_w = [\sum_i (a_{w,i})^2]^{0.5}$$

Se le componenti per bande di 1/3 di ottava sono espresse in dB, ai livelli delle singole componenti ( $L_i$ ) vanno sommati i guadagni riportati nella tabella sopra. Il livello dell'accelerazione ponderata in frequenza ( $L_w$ ) è dato da:

$$L_w = 10 \log \sum_i 10^{0.1 L_{w,i}}$$

dove  $L_{w,i}$  sono i livelli equivalenti delle componenti per bande di 1/3 di ottava ponderati in frequenza.

Le vibrazioni, in alternativa, possono essere rilevate direttamente. In questo caso va utilizzato uno strumento dotato del filtro di ponderazione combinato  $W_m$ , impiegando la costante di tempo slow.

Può essere utile memorizzare tale valore nel tempo (time history) con elevata frequenza di campionamento, per meglio analizzare il fenomeno e comprendere la sua propagazione.

Si ottiene in tal modo l'accelerazione ponderata in frequenza ( $L_{aw}$ ) oppure il livello dell'accelerazione ponderata in frequenza ( $L_w$ ).

Tali grandezze vanno rilevate impiegando la costante di tempo slow. Va considerato inoltre, il valore massimo raggiunto nel corso della misura. Tale metodo, definito dalla norma ISO 2631-1 del 1997, è denominato "running r.m.s."

Per la valutazione delle vibrazioni si considera il valore più elevato dei tre valori rilevati sui tre assi, ossia il valore massimo determinato sull'asse dominante (in genere quello verticale). La UNI 11048 definisce per l'appunto l'asse Z quale asse principale.

La UNI 11048 non definisce limiti di riferimento per l'accettabilità del disturbo all'interno delle abitazioni, per cui bisogna riferirsi ai valori, corrispondenti ad un valore del livello di accelerazione complessiva, ponderata secondo asse generico, contenuti nell'appendice A della UNI 9614 (che tuttavia non costituisce parte integrante della norma).

La norma definisce limiti di accettabilità diversi per fabbriche, uffici, aree critiche ed edifici residenziali.

La norma attua una differenziazione per i valori limite delle accelerazioni rilevati rispetto all'asse Z e rispetto agli assi X,Y; questi ultimi più restrittivi rispetto ai primi.

In particolare, i valori e i livelli limite delle accelerazioni ponderate in frequenza secondo assi generici sono: 83 dB per gli uffici e 89 dB per le fabbriche.

Per le abitazioni risulta essere pari a 74 dB per il periodo notturno. La norma stabilisce inoltre che, per edifici residenziali, nel periodo diurno sono ammissibili livelli di vibrazioni superiori (77 dB anziché 74). Per le aree critiche è previsto un solo limite del valore pari a 71 dB.

Nel caso di valutazione eseguite prendendo in considerazione la postura generica, e quindi ponderazione secondo il filtro  $W_m$ , si dovranno tenere in considerazione i valori limite per gli assi X e Y.

Nella tabella seguente sono definiti nel dettaglio i valori limite in oggetto.

	$a \text{ m/s}^2$	$L \text{ dB}$
Aree critiche	$3.6 \cdot 10^{-3}$	71
Abitazioni (notte)	$5.0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni (giorno)	$7.2 \cdot 10^{-3}$	77
Uffici	$14.4 \cdot 10^{-3}$	83
Fabbriche	$28.8 \cdot 10^{-3}$	89

*Valori e livelli delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per postura generica UNI 9614*

Tale limite è da intendersi riferito al livello di accelerazione (ponderata per asse generico) rilevata sul pavimento degli edifici, quindi in presenza dei fenomeni di attenuazione/amplificazione propri dell'edificio stesso; i livelli di accelerazione al suolo tali da non indurre il superamento del valore limite all'interno degli edifici dovranno essere più bassi di alcuni dB.

### 1.2.2.2 Effetti delle vibrazioni sugli edifici

Per gli aspetti normativi, si ricorda che a tutt'oggi non esiste in Italia una legge quadro sulle vibrazioni che stabilisca dei valori limite, per cui ci si deve riferire unicamente alla normativa tecnica.

Per quanto riguarda le indicazioni relative alla salvaguardia degli edifici, i primi criteri proposti intorno agli anni 1960, imponevano le stesse limitazioni valide per il corpo umano in relazione al disturbo alle persone.

Successivamente a seguito di studi più approfonditi per merito di Zeller, si è definito il danno sulle strutture al variare del parametro *intensità di vibrazione*  $\chi$ , parametro proporzionale alla potenza trasmessa all'unità di massa durante un quarto di periodo, funzione dell'ampiezza  $A$ , della frequenza  $f$  e dell'accelerazione  $a$  secondo le relazioni:

$$\chi = a^2/f = 16\pi^4 a^2 f^3$$

Nella tabella seguente si riporta la classificazione degli effetti sugli edifici in funzione della classe di vibrazione ad opera dello stesso Zeller

$\chi \text{ cm}^2/\text{s}^3$	Classe di vibrazione	Effetto sull'edificio
1÷10	Leggere	Nessun pericolo
10÷100	Medie	Nessun pericolo
100÷1000	Efficaci	Danni leggeri, fessure
1000÷10000	Forti	Lesioni ai muri principali
10000÷100000	Molto forti	Possibile crollo

La normativa tedesca sulle vibrazioni nelle costruzioni -effetti sui manufatti- (DIN 4150) invece, fissa la variabilità dei danni al variare della velocità limite di vibrazione  $V_{lim}$ , calcolata riguardo le velocità rispetto alle tre differenti direzioni ortogonali:

$$V_{lim} = (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)^{1/2}$$

Considerando una classificazione di massima, la norma considera quattro differenti categorie di effetto:

Velocità limite (mm/s)	Danno
< 2,5	Nessuno
2,5 ÷ 6	Molto improbabile
6 ÷ 10	Improbabile
> 10	Possibile

Inoltre la stessa prende in considerazione per un maggior dettaglio, il valore limite della velocità di vibrazione al variare della frequenza, della tipologia degli edifici e del punto di analisi effettuata (fondazione, pavimento, piano alto).

La tabella seguente riporta la classificazione:

tipi di strutture	Velocità di vibrazione in mm/s			
	Misura alla fondazione			Misura al pavimento dell'ultimo piano Frequenze diverse
	Campo di frequenza (Hz)			
<10	10 ÷ 50	50 ÷ 100		
Edifici utilizzati per scopi commerciali, edifici industriali e simili	20	20 ÷ 40	40 ÷ 50	40
Edifici residenziali e simili	5	5 ÷ 15	15 ÷ 20	15
Strutture particolarmente sensibili alle vibrazioni, non rientranti nelle categorie precedenti e di grande valore intrinseco	3	3 ÷ 8	8 ÷ 10	8

La normativa italiana con la UNI 9916 del 1991 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici” ha in effetti regolamentato il problema delle vibrazioni prendendo come riferimento la norma ISO 4866.

Negli ultimi anni il problema ha assunto sempre maggior importanza sia in considerazione anche della differente tecnologia costruttiva dei fabbricati moderni sia in relazione alle nuove e differenti fonti generatrici di vibrazione (attività di cantiere, mine, traffico di diverso tipo), ha portato lo stesso Ente normativo a revisionare la UNI 9916 ampliando e dettagliando meglio le singole questioni. La norma di riferimento assunta come modello è sempre la ISO 4866 –seconda edizione.

Questa oltre a definire le caratteristiche generali del fenomeno e la metodologia per la loro misura, nell'appendice riporta alcune norme di altri Enti normativi al fine di definire dei valori di riferimento.

Per una maggiore comprensione si riportano di seguito le definizioni riportate nella UNI 9513:

- **Edificio:** costruzione qualsiasi classificabile secondo le tre categorie seguenti:
  - costruzioni industriali e costruzioni strutturalmente simili;
  - costruzioni residenziali e costruzioni strutturalmente simili;
  - costruzioni che, per la loro sensibilità particolare alle vibrazioni, non rientrano nella classificazione delle prime due categorie o sono di grande valore intrinseco (per esempio edifici monumentali soggetti a tutela).
  
- **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).

La norma considera che le caratteristiche dei fenomeni vibratorii che possono interessare un edificio variano in modo sostanziale in funzione della natura della sorgente di eccitazione e delle caratteristiche dinamiche dell'edificio stesso. Per una corretta esecuzione delle misurazioni, premessa necessaria per giungere a descrivere completamente il fenomeno e valutare quindi la possibilità che esso produca danni, è necessario tenere conto dei seguenti fattori:

- meccanismo di eccitazione e trasmissione;
- durata del fenomeno;
- natura deterministica o aleatoria del fenomeno;
- distribuzione spettrale dell'energia.

Nel caso più generale, la risposta di un edificio o dei suoi elementi strutturali sottoposti ad eccitazione dinamica e, quindi il danno potenziale che questa può produrre, dipendono oltre che dal contenuto spettrale dell'eccitazione stessa, dalle caratteristiche dinamiche dell'edificio.

Sarebbe dunque necessario ottenere una documentazione completa sull'edificio, prima di dare una valutazione del rischio di danno connesso con il fenomeno vibratorio in esame.

In particolare l'attenzione dovrebbe essere concentrata sui seguenti aspetti:

- caratteristiche costruttive dell'edificio;
- stato di conservazione;
- caratteristiche delle fondazioni ed interazione con il terreno.

Tuttavia, in relazione agli obiettivi dell'indagine, lo studio della risposta degli edifici può essere affrontato in maniera più o meno approfondita e il livello di dettaglio della conoscenza degli aspetti sopra elencati può essere, quindi, più o meno accurato.

Pur non influenzando in maniera sostanziale sulla risposta alle vibrazioni, lo stato di conservazione dell'edificio, può essere di notevole influenza sull'entità del danno che queste possono provocare.

### 1.3 SITUAZIONE ATTUALE

### 1.3.1 Classificazione acustica

L'infrastruttura in progetto attraversa il territorio comunale di Olbia nella Provincia di Olbia-Tempio.

Al momento della stesura della seguente relazione il Comune di Olbia non ha concluso l'iter di approvazione del Piano di Classificazione acustica del territorio.

Nel prosieguo della trattazione, in mancanza di riferimenti del Piano di Classificazione acustica, si procederà prevedendo barriere acustiche in fregio al proposto intervento in guisa da permettere una congrua efficacia in base alla pratica corrente per queste infrastrutture

### 1.3.2 Ricettori

I ricettori prossimi all'infrastruttura sono stati evidenziati a partire dalle informazioni contenute nello Studio di prefattibilità ambientale ed in base ad un'apposita ricognizione svolta nell'ambito del presente S.I.A. i cui risultati sono riportati nella planimetria dei ricettori allegata allo studio.

Dalla planimetria si evince che:

- È presente un ricettore sensibile (scuola) nei pressi dello svincolo per l'area aeroportuale;
- Sono presenti zone miste di ricettori residenziali-abitativi e commerciali in alcune aree nei pressi del tracciato;
- I ricettori abitativi del quartiere di Olbia collocati in corrispondenza di Via Imperia, Via Ancona e Via Venafiorita non necessitano di schermatura in quanto già "protetti" dal rilievo collinare ubicato immediatamente ad ovest del tracciato di progetto.

## 1.4 GLI INTERVENTI DI PROTEZIONE ACUSTICA

Allo scopo di contenere i livelli sonori che vengono generati dall'infrastruttura stradale di progetto possono essere previsti degli interventi di minimizzazione di tipo attivo (atti a limitare l'emissione sonora derivante dal transito dei veicoli) e di tipo passivo (atti a contenere la diffusione del rumore prodotto dal transito dei veicoli).

La mitigazione dell'inquinamento acustico può infatti essere ottenuta con una serie di azioni integrate e sinergiche, allo scopo di ottenere i necessari abbattimenti dei livelli sonori.

Nell'ambito della progettazione stradale oggetto del presente studio sono stati previsti interventi di mitigazione sia di tipo attivo che di tipo passivo.

Vengono di seguito descritti i meccanismi di funzionamento e gli ambiti applicativi dei principali interventi di protezione acustica di tipo attivo e passivo che vengono generalmente adottati nei confronti delle infrastrutture stradali.

Per quanto riguarda la prima tipologia di mitigazioni, sono state previste già a livello progettuale delle speciali pavimentazioni fonoassorbenti e drenanti, in grado di ridurre direttamente alla sorgente l'emissione di rumore; tali asfalti contribuiscono sia a contenere il rumore di rotolamento, che il rumore proveniente da altre sorgenti (motore, sistema di scarico, aspirazione, et.), determinando complessivamente una riduzione di rumorosità di circa 3-4 dB(A).

Come interventi di mitigazione di tipo passivo si è invece fatto ricorso a barriere acustiche, previste lungo il tracciato di progetto o ad interventi diretti sul ricettore nel caso l'efficacia di abbattimento acustico delle barriere fosse non sufficiente o l'intervento troppo costoso.

#### **1.4.1 Pavimentazioni stradali fonoassorbenti**

Il rumore generato dal traffico stradale è principalmente quello indotto dal rotolamento del pneumatico sulla superficie stradale.

Gli altri rumori precedentemente indicati, vale a dire quelli dovuti al rumore degli organi meccanici, allo scarico dei gas combusti, et. sono meno importanti, soprattutto nelle condizioni di traffico extraurbano, come nel caso dell'infrastruttura stradale di progetto, e per le autovetture, e, comunque, quando la velocità della corrente veicolare supera i 50 Km/h; a 90-100 Km/h poi, la rumorosità indotta dal rotolamento è superiore di almeno 6-10 dB(A) a quella delle altre sorgenti.

Il rumore da rotolamento dipende dalla natura e dalla forma delle superfici a contatto: per la pavimentazione contano la micro e la macro tessitura degli elementi superficiali, mentre per il veicolo hanno principalmente importanza le dimensioni della superficie d'impronta del pneumatico e la sua scolpitura.

Per quanto riguarda il rivestimento della pavimentazione stradale, viene di seguito indicato il grado di rumorosità generato per ciascuna delle diverse caratteristiche superficiali delle strade:

- basso, per rivestimento poroso, liscio ed abrasivo fine;
- medio, per rivestimento spigoloso lucido;
- alto, per rivestimento abrasivo spigoloso e bocciardato;
- altissimo, per rivestimenti striati.

Le strutture porose, dette anche a tessitura negativa, permettono di smaltire i veli d'acqua al loro interno in caso di pioggia, e quindi assicurano l'aderenza necessaria, generando però rumore ridotto, in quanto la loro superficie tende ad essere liscia; la loro struttura di tipo alveolare, inoltre, assorbe parzialmente anche gli altri rumori dei veicolo.

La presenza di vuoti, poi, riduce notevolmente lo spruzzo dell'acqua di pioggia da parte delle ruote, che su altri tipi di pavimentazione riduce la visibilità in modo pericoloso.

Per tutte queste caratteristiche, quindi, le pavimentazioni di questo tipo vengono denominate pavimentazioni in conglomerato bituminoso drenante e fonoassorbente (C.D.F.).

Lo sviluppo di pavimentazioni drenanti-fonoassorbenti è stato frenato, per anni, dall'intrinseca debolezza che una struttura così porosa ha nei confronti delle sollecitazioni meccaniche del traffico causa, pertanto, di caratteristiche di durata a fatica estremamente ridotte; attualmente, grazie all'adozione di nuovi bitumi ad alta resistenza, legata alle modifiche di struttura interna dovute ad elastomeri o plastomeri termoresistenti, i problemi di durabilità sono stati risolti.

L'effetto globale della pavimentazione drenante non è riconducibile ad una riduzione del solo rumore da rotolamento; infatti, l'attenuazione di rumore che si ottiene è indipendente dalla velocità dei veicoli in prova, mentre è dimostrato che il contributo del rumore da rotolamento è fortemente influenzato dalla velocità degli automezzi.

Pertanto, un'azione che riduca il solo rotolamento, non può portare ad attenuazioni globali di 4-5 dB(A), come in effetti si ha, anche a bassa velocità, cioè in condizioni in cui le sorgenti predominanti sono il motore ed il sistema di scarico.

Questa ipotesi è maggiormente confermata da quanto si può dedurre confrontando i risultati delle misure effettuate con veicoli campione a 60 Km/h, dapprima in presa diretta con motore acceso e, successivamente, a folle e con motore spento: mediando tutti i risultati si ottiene che il rotolamento rappresenta circa il 68% del rumore globale per le vetture, ed il 22% per gli autocarri; su questi veicoli, così diversi dal punto di vista della composizione dell'emissione acustica, l'attenuazione della pavimentazione drenante è in pratica identica, risultando per entrambi di circa 3,5 dB(A): questo risultato è spiegabile solamente ipotizzando un ulteriore effetto fonoassorbente della pavimentazione drenante, oltre a quello della riduzione del rumore da rotolamento.

L'effetto globale della pavimentazione drenante non è riconducibile ad una riduzione di rumorosità per solo fonoassorbimento lungo la via di propagazione sorgente/ricettore: infatti, il massimo guadagno che si può ottenere passando da una pavimentazione tradizionale ad una superficie fonoassorbente è di 1,3 dB(A), quindi un valore molto inferiore alle attenuazioni misurate sperimentalmente.

L'effetto globale della pavimentazione drenante è riconducibile ad una attenuazione per fonoassorbimento, effettuata in primo luogo sul rumore generato da tutte le sorgenti, e riflesso più volte fra scocca e superficie stradale, ed in secondo luogo sulla via di propagazione sorgente/ricettore.

Un ulteriore effetto si ottiene con la mitigazione dell'amplificazione del rumore per successivi rimbalzi tra superficie stradale e parete del battistrada; la presenza di una superficie fonoassorbente attenua l'amplificazione.

In queste condizioni, si ottengono teoricamente riduzioni da 3,5 a 4,5 dB(A), in funzione del numero di riflessioni reciproche fra scocca-cabina e superficie stradale.

Il comportamento fonico delle pavimentazioni in CDF consente le seguenti considerazioni:

- possono essere impiegate con successo anche in ambito urbano, in quanto il loro effetto non è vincolato alla velocità dei veicoli; in teoria, l'attenuazione potrebbe essere ancora maggiore nel caso di automezzi fermi ai semafori o con traffico lento o a singhiozzo;
- la pavimentazione C.D.F. modifica in modo sostanziale lo spettro di rumorosità media, attenuando sensibilmente le frequenze da 500 a 10.000 Hz.

I manti di usura fonoassorbenti costituiscono il primo gradino di intervento per il contenimento del rumore, in quanto:

- il rapporto benefici/costi (nell'ambito della resa sonora garantita: 3-4 dB) è sensibilmente migliore del rapporto benefici/costi caratteristico delle barriere acustiche;
- detta pavimentazione offre consistenti ulteriori vantaggi nei confronti della sicurezza di marcia dei veicoli;
- detti manti non determinano impatti aggiuntivi sul paesaggio.

Per la succitate ragioni la strategia di contenimento delle emissioni sonore ha privilegiato innanzitutto l'impiego dei manti drenanti per poi passare alla previsione di barriere acustiche solo nei casi in cui l'effetto dei manti drenanti non fosse ritenuto sufficiente al rispetto dei limiti di legge.

#### **1.4.2 Barriere antirumore**

Una barriera antirumore rappresenta un ostacolo sufficientemente opaco al suono e con un'altezza tale da intercettare la retta congiungente la posizione della sorgente sonora con quella del ricettore.

In tali condizioni risulta impedito il percorso diretto del rumore, che può tuttavia raggiungere il ricettore per effetto della diffrazione delle onde sonore che si verifica ai bordi della barriera.

L'effetto di attenuazione delle barriere acustiche viene infatti studiato essenzialmente sulla base della teoria della diffrazione delle onde sonore.

Nello spazio restrostante allo schermo si modificano le condizioni di propagazione del rumore, creandosi zone di ombra acustica differenziate in relazione alle varie frequenze del suono incidente.

L'onda sonora che incontra un ostacolo solido, oltre a generare tali fenomeni di diffrazione, viene in parte riflessa dall'ostacolo, ed in parte penetra nell'ostacolo stesso, dove si trasforma in vibrazioni meccaniche che possono eventualmente irradiare nuove onde acustiche.

Il rumore percepito per diffrazione è in genere predominante rispetto agli altri contributi: fisicamente tale fenomeno è dovuto alla continuità del mezzo di propagazione, vale a dire l'aria, che viene solo parzialmente interrotta dall'interposizione di un schermo.

L'effetto finale è rappresentato dalla creazione di una sorgente secondaria di rumore, posizionata sulla sommità della barriera.

Questo schema di comportamento è valido solamente per barriere sottili, la cui minore dimensione, vale a dire l'altezza, sia almeno pari al doppio della lunghezza caratteristica del rumore su di essa incidente.

Uno schermo acustico risulta efficace quanto maggiore è la zona di ombra acustica, e quanto meno tale zona viene perturbata dalle onde sonore riflesse o irradiate direttamente dallo schermo.

Per il calcolo dell'attenuazione sonora prodotta da uno schermo acustico, sono stati elaborati dei diagrammi, abachi o modelli, in cui è possibile determinare l'attenuazione della barriera in funzione della tipologia dell'infrastruttura (viadotto, rilevato e trincea), dell'altezza della barriera dell'ambiente di propagazione, della distanza e dell'altezza del ricevitore.

Dal punto di vista acustico, le barriere antirumore si dividono essenzialmente in barriere fonoisolanti e fonoassorbenti.

Le barriere fonoisolanti sono caratterizzate dalla circostanza di riflettere l'onda sonora incidente.

Si definisce potere fonoisolante la differenza tra il suono diretto ed il suono riflesso; tale proprietà è anche definita come perdita per inserzione (Insertion loss).

I materiali che vengono utilizzati per realizzare tali tipi di barriera sono, ad esempio, il legno, il calcestruzzo o i materiali trasparenti, quali policarbonato o polimetilmetacrilato (PMMA).

Le barriere fonoassorbenti riflettono solamente una parte dell'onda sonora incidente, mentre smorzano la restante parte di energia.

Si definisce quindi potere fonoassorbente la capacità di un materiale di dissipare l'energia incidente; tale proprietà è misurabile nel rapporto tra l'energia acustica riflessa e quella incidente.

Esempi di questa tipologia di barriere antirumore sono dati dai pannelli costituiti da una scatola metallica, in acciaio o in alluminio, oppure in legno, all'interno della quale viene inserito del materiale fonoassorbente, prevalentemente costituito da complessi porosi (fibrosi o schiume sintetiche) che sfruttano i fenomeni di attrito e di risonanza.

Per la realizzazione di dispositivi di protezione sonora, bisogna prestare attenzione (da un punto di vista tecnica acustica) a quanto segue:

- la diminuzione del livello sonoro cresce con l'altezza del mezzo di protezione, in ogni caso la barriera deve superare la linea congiungente la sorgente sonora ed il ricevitore ( $h_{eff} > 0$ );
- lo schermo acustico deve essere senza fessure, poiché anche i più piccoli fori permettono il passaggio di fastidiose punte di livello sonoro, soprattutto nel campo delle alte frequenze, generalmente ben schermate;
- l'altezza schermante dovrebbe rimanere costante su grandi lunghezze del mezzo protettivo, poiché ad ogni cambiamento dell'altezza è associata sempre un'oscillazione del livello sonoro;
- lo schermo acustico deve essere sufficientemente lungo;
- tutti i materiali impiegati nella costruzione devono resistere alle intemperie ed assicurare, senza problemi, una lunga vita (20-30 anni). Devono essere assolutamente ininfiammabili, resistenti ad umidità gas di scarico, sali antighiaccio, detergenti ed oli per motore. Le parti metalliche devono essere adeguatamente protette contro la corrosione.

### **1.4.3 Gli interventi di mitigazione previsti**

Nella tabella riepilogativa riportata alla fine di questo paragrafo, sono indicati gli interventi di protezione acustica (barriere antirumore) previsti.

Tali interventi sono relativi alla sola collocazione di barriere antirumore, tenendo però presente che già in fase di progettazione è stato previsto, lungo tutto il nuovo tracciato, un asfalto poroso che possiede anche delle proprietà fonoassorbenti e quindi di mitigazione nei confronti dell'immissione sonora prodotta dal transito dei veicoli.

Le barriere previste di tipo fonoassorbente sono realizzate in legno con un'altezza variabile tra i 3 e i 4 metri e dello spessore minimo di 12 cm, composte di due pannelli in legno, uno nella parte anteriore e uno nella parte posteriore dello spessore rispettivamente di 2 e 2,5 cm. Il materiale fonoassorbente presente all'interno della struttura sarà composto da due strati distinti, uno separato dal pannello anteriore e l'altro, sulla parte anteriore, sarà contenuto all'interno di un tessuto protettivo.

Le barriere di tipo fonoisolante potranno privilegiare i materiali trasparenti per minimizzare l'intrusione visuale.

Per una dettagliata illustrazione sulla tipologia delle barriere previste si rimanda inoltre all'apposito elaborato grafico nel Quadro di riferimento progettuale (Sezioni tipo interventi di mitigazione ambientale).

Per l'esatta ubicazione delle barriere acustiche si veda anche la Planimetria degli interventi di mitigazione nel Vol 3 - Quadro di riferimento progettuale.

Complessivamente su tutto il nuovo tracciato si sono previste n. 4 barriere per una lunghezza complessiva di 3.000 metri circa (vedi anche la planimetria degli interventi di mitigazione):

- Barriera n 1 (L = 1.800 m; H= 3 m; tipologia = fonoassorbente) posta lungo il lato sud del collegamento a protezione del ricettore sensibile e di alcuni insediamenti residenziali;
- Barriera n 2 (L = 130 m; H= 3 m; tipologia = fonoassorbente) posta lungo il perimetro esterno dello svincolo a protezione degli insediamenti residenziali di Via Venafiorita;
- Barriera n 3 (L = 830 m; H= 4 m; tipologia = fonoriflettente) posta lungo il lato nord del collegamento a protezione di alcuni insediamenti residenziali;
- Barriera n 4 (L = 230 m; H= 3 m; tipologia = fonoriflettente) posta lungo il lato nord del collegamento a protezione di un ricettore residenziale.

## 1.5 ANALISI SULL'IMPATTO DA VIBRAZIONI

I parametri che definiscono il livello di potenziale criticità della trasmissione delle vibrazioni indotte dall'esercizio dell'infrastruttura stradale di progetto possono essere di seguito sommariamente riassunti:

- caratteristiche geolitologiche dei terreni;
- tipologia dei ricettori;
- distanza dei ricettori dall'infrastruttura stradale di progetto;
- tipologia costruttiva della variante stradale.

Per il Lotto 9 non rilevano significative variazioni rispetto al quadro già esaminato per i restanti tronchi del tracciato.

Sulla base di considerazioni di tipo qualitativo degli elementi sopra riportati, è possibile rilevare come la realizzazione dell'infrastruttura stradale di progetto non induce alterazioni significative in corrispondenza degli edifici situati nell'ambito territoriale di indagine, in quanto:

- non si rileva la presenza di ricettori sensibili, quali ospedali e/o industrie di precisione, nelle vicinanze del tracciato di progetto;
- non vengono rilevate situazioni di criticità in relazione alla tipologia di terreni attraversati;
- la maggior parte degli edifici si trova a distanze dall'infrastruttura stradale, tali da consentire la dissipazione nel terreno dei livelli di accelerazione indotti dal traffico autoveicolare (la maggior parte delle vibrazioni si esaurisce nell'ambito di poche decine di metri in terreni ad elevata dissipazione).

Le stesse considerazioni fatte per la fase di esercizio valgono anche per la fase di realizzazione dell'opera dove non si prevedono lavorazioni di particolare criticità nei

confronti del fattore ambientale vibrazioni ne tantomeno risultano essere presenti ricettori sensibili/vulnerabili alle vibrazioni nelle zone (poste entro 50 m dal limite dei cantieri principali) immediatamente adiacenti alle aree di lavorazione.