

# CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA NEI COMUNI DI FELINO, SALA BAGANZA, COLLECCHIO E PARMA (PR-E-1047)

## PROGETTO DEFINITIVO

B	02/2018	Emissione a seguito dei rilievi del servizio di verifica (art. 26 D.Lgs. 50/2016)	AR	GN	DC
A	10/2016	Prima emissione	AR	GN	DC
INDICE	DATA	MODIFICHE	DISEGN.	CONTR.	APPROV.

## RUMORE E VIBRAZIONI DOCUMENTO PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO E DA VIBRAZIONI

### IL RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

MANDATARIA  
PROGETTAZIONE GENERALE ED IDRAULICA

**MAJONE&PARTNERS**  
ENGINEERING

Prof. Ing. Ugo Majone  
Dott. Ing. Denis Cerlini  
Dott. Ing. Marco Belicchi  
Dott. Ing. Nicola Pessarelli  
Dott. Ing. Michele Ferrari  
Dott. Ing. Gaetano Di Franca

MANDANTE  
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

**AMBITER** S.r.l.  
società di ingegneria ambientale

Dott. Geol. Giorgio Neri  
Dott. Amb. Gabriele Virgili  
Dott. Amb. Alessio Ravera  
Dott. Amb. Ecol. Adelia Sabatino  
Dott. Nat. Silvia Del Fiore  
Dott. Arch. Daniela Pisciotto  
Dott. Leg. Rossana Valentini

MANDANTE  
ASPETTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

**EG**  
ENGINEERING GEOLOGY

Prof. Geol. Giovanni Paolo Beretta  
Dott. Geol. Maurizio Nespoli  
Dott. Geol. Monica Avanzini  
Dott. Geol. Anna Cantoni  
Dott. Marta Maiocchi

MANDANTE  
ANALISI DELL'ASTA FLUVIALE

Studio Prof. Ing.  
**Alberto Bizzarri**

Prof. Ing. Alberto Bizzarri

MANDANTE  
ASPETTI STRUTTURALI

**Ing. Claudio Marcello S.r.l.**  
Dott. Ing. Carlo Claudio Marcello

MANDANTE  
ASPETTI GEOTECNICI

**colleselli & p.**  
INGEGNERIA GEOTECNICA  
Prof. Ing. Francesco Colleselli

PER IL R.T.P.:

Dott. Ing. Denis Cerlini

(documento firmato digitalmente)

IL R.U.P.:

Dott. Ing. Mirella Vergnani

(documento firmato digitalmente)

### CONSULENTI:

MODELLAZIONE FISICA E NUMERICA

DICATeA - Università degli studi di Parma  
(Prof. Ing. Paolo Mignosa)

ASPETTI ARCHEOLOGICI

AR/S Archeosistemi società Cooperativa  
(Archeologa Lorenza Bronzoni)

### CODICE ELABORATO:

**BAG214REVRE01B**

ID (1)

CAP. (2)

TIPO (3)

DOC. (4)

PROGR. (5-6) REV. (7)

SCALA

OTTOBRE  
2016

IL RESPONSABILE DELL'ATTIVITÀ SPECIALISTICA:

Dott. Geol. Giorgio Neri

(documento firmato digitalmente)

COMMITTENTE


**AIPO**  
 Agenzia Interregionale per il fiume Po

UBICAZIONE

Provincia di Parma

Comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma

OGGETTO

**CASSA DI ESPANSIONE DEL T. BAGANZA****PROGETTO DEFINITIVO**

Via Nicolodi, 5/a 43126 – Parma tel. 0521-942630 fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

**DIREZIONE TECNICA**

dott. geol. Giorgio Neri

**Tecnico competente  
in acustica**

dott. Marco Rogna

(iscritto all'elenco tecnici competenti in acustica  
ambientale della Provincia di Parma con determina  
n. 220 del 31/01/2001)
**Dott. Marco Rogna**  
 Tecnico competente  
 in acustica ambientale  
 Det. 220 del 31/01/2001
**CODIFICA**

BAG2\_14REV\_R\_RE\_01\_B

**ELABORATO****DESCRIZIONE****DIA****DOCUMENTO PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO  
E DA VIBRAZIONI**

B	02/2018	M. Rogna			G. Neri	Emissione a seguito dei rilievi del Servizio di Verifica (art. 26 D.Lgs. 50/2016)
A	10/2016	M. Rogna			G. Neri	Emissione
<b>REV.</b>	<b>DATA</b>	<b>REDAZIONE</b>			<b>APPROV.</b>	<b>DESCRIZIONE</b>

<b>FILE</b>	<b>RESP. ARCHIVIAZIONE</b>	<b>COMMESSA</b>
BAG2_14REV_R_RE_01_B.doc	MR	1587

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2. PIANO DI ZONIZZAZIONE ACUSTICA .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ANALISI DELLO STATO AMBIENTALE .....</b>	<b>6</b>
3.1. ANALISI DEI VALORI D'IMMISSIONE ACUSTICA .....	6
3.2. STAZIONE FONOMETRICA P1 .....	9
3.3. STAZIONE FONOMETRICA P2 .....	10
3.4. STAZIONE FONOMETRICA P3 .....	11
3.5. STAZIONE FONOMETRICA P4 .....	12
3.6. STAZIONE FONOMETRICA P5 .....	13
3.7. STAZIONE FONOMETRICA P6 .....	14
3.8. LA TARATURA DEL MODELLO .....	15
<b>4. ANALISI DEI RICETTORI .....</b>	<b>16</b>
<b>5. DESCRIZIONE DELL'ATTIVITA' LAVORATIVA .....</b>	<b>22</b>
<b>6. VALUTAZIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO .....</b>	<b>42</b>
6.1. IMPATTO ACUSTICO GENERATO DAL TRASPORTO DEI MATERIALI INERTI SULLA VIABILITÀ PUBBLICA E DI CANTIERE .....	42
6.2. IMPATTO ACUSTICO GENERATO DAL CANTIERE DELLA CASSA D'ESPANSIONE DEL T. BAGANZA .....	45
6.2.1. Risultati ottenuti durante la fase 1 .....	46
6.2.2. Risultati ottenuti durante la fase 2 .....	47
6.2.3. Risultati ottenuti durante la fase 3 .....	49
6.2.4. Risultati ottenuti durante la fase 4 .....	50
6.2.5. Risultati ottenuti durante la fase 5 .....	52
6.2.6. Risultati ottenuti durante la fase 6 .....	54
6.2.7. Risultati ottenuti durante la fase 7 .....	55
6.2.8. Risultati ottenuti durante la fase 8 .....	57
6.2.9. Risultati ottenuti durante la fase 9 .....	58
6.2.10. Risultati ottenuti durante la fase 10 .....	59
6.2.11. Risultati ottenuti durante la fase 11 .....	60
6.3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	61
<b>7. COMPONENTE VIBRAZIONI .....</b>	<b>63</b>
7.1. RIFERIMENTI NORMATIVI .....	63
7.2. METODOLOGIA .....	67
7.2.1. Propagazione delle vibrazioni nel terreno .....	68
7.2.2. Attenuazioni ed amplificazioni nella struttura degli edifici .....	73
7.3. SORGENTE DI VIBRAZIONI .....	77
7.4. PROPRIETÀ MECCANICHE DEL TERRENO .....	80
7.5. VALUTAZIONE DELLA PROPAGAZIONE DELLE VIBRAZIONI .....	80
7.5.1. Propagazione delle vibrazioni indotte da un autocarro .....	80
7.5.2. Propagazione delle vibrazioni indotte da un rullo vibrante .....	83
7.5.3. Propagazione delle vibrazioni indotte da una pala cingolata .....	84
7.5.4. Propagazione delle vibrazioni indotte da una pala gommata .....	86
7.6. CONCLUSIONI SULLA COMPONENTE VIBRAZIONI .....	88
<b>8. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>90</b>



**ALLEGATO A – Riferimenti legislativi**

A1 - Definizioni

A2 - D.P.C.M. 01/03/1991

A3 - Legge n. 447 del 26 Ottobre 1995

A4 - D.P.C.M. 14 novembre 1997

A5 - D.P.C.M. 3 dicembre 1997

A6 - D.P.R. 18 novembre 1998, n. 459

A7 - D.M.Amb. 16 marzo 1998

A8 - D.P.R. n. 142 del 30 marzo 2004

A9 - Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194

A10 - Decreto Ministero dell'Ambiente 29 novembre 2000

A11 - D.G. della Regione Emilia Romagna n. 2002/45 del 21/1/2002

A12 - Direttiva Regionale 673/2004

**ALLEGATO B – METODI DI ANALISI DELLO STATO AMBIENTALE**

B1 - Modello ISO 9613 per il disturbo causato dalle sorgenti fisse

B2 - Modello SEL per il disturbo causato da sorgenti lineari - strade

B3 - Descrizione della tecnica di misura fonometrica

B4 - Catena strumentale

**Elenco Figure**

1.1 - Inquadramento geografico – scala 1:10.000

2.1 - Mosaico dei piani di classificazione acustica dei Comuni di Parma, Sala Baganza, Collecchio e Felino – scala 1:10.000

2.1 - Ricettori esposti e misure fonometriche – scala 1:4.000

3.1 - Ricettori esposti e ubicazione delle misure fonometriche – scala 1:10.000

3.2 - Leq History Time in continuo alla postazione P1

3.3 - Leq History Time in continuo alla postazione P2

3.4 - Leq History Time in continuo alla postazione P3

3.5 - Leq History Time in continuo alla postazione P4

3.6 - Leq History Time in continuo alla postazione P5

3.7 - Leq History Time in continuo alla postazione P6

4.1 - Ricettori esposti del nodo viabilistico relativo al percorso n. 2

4.2 - Mappa acustica perioro diurno – scala 1:10.000

4.3 – Evoluzione storica e tendenze di medio termine

4.4 – Emissioni di rumore in funzione della velocità, veicoli leggeri e pesanti

7.1 – Sistema cartesiano di riferimento per persona coricata

7.2 – Sistema cartesiano di riferimento per persona in piedi o seduta

7.3 – Curva di ponderazione assi X, Y e asse X

7.4 – Curva di ponderazione asse generico

7.5 – Vari tipi di onde di volume e di superficie

7.6 – Velocità relativa delle onde P ed R rispetto alle onde S

7.7 – Attenuazione in funzione della frequenza e della distanza per onde superficiali

7.8 – Attenuazione in funzione della frequenza e della distanza per onde di volume

7.9 – Attenuazione dovuta a diversi tipi di fondazione

7.10 – Amplificazione prodotta dai solai

- 7.11 – Attenuazione da un piano al successivo
- 7.12 - Spettro di emissione della sorgente di un autocarro
- 7.13 - Spettro di emissione della sorgente di un compattatore a rullo vibrante
- 7.14 - Spettro di emissione della sorgente di una pala cingolata
- 7.15 - Spettro di emissione della sorgente di una pala gommata
- 7.16 – Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza
- 7.17 – Livello di accelerazione massimo in funzione della distanza dal cantiere
- 7.18 – Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza
- 7.19 – Livello di accelerazione massimo in funzione della distanza dal cantiere
- 7.20 – Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza
- 7.21 – Livello di accelerazione massimo in funzione della distanza dal cantiere
- 7.22 – Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza
- 7.23 – Livello di accelerazione massimo in funzione della distanza dal cantiere

## **1. PREMESSA**

Con Det. n° 749 del 13.07.2016, L'AIPO - Agenzia interregionale per il fiume Po, ha reso efficace l'aggiudicazione della progettazione definitiva relativa ai *Lavori di realizzazione della Cassa di espansione del torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma (PR-E-1047)* allo scrivente R.T.P. Majone & Partners S.r.l. – Ambiter S.r.l. – Studio Prof. Ing. Alberto Bizzarri – Studio Colleselli & Partners – EG Engineering Geology di G.P. Beretta e Associati – Ing. Claudio Marcello S.r.l. (di seguito RTP).

Il progetto preliminare (marzo 2015), trasmesso dall'AIPO a Regione e Autorità di Bacino del fiume Po, è stato validato ed inserito da questi ultimi, nel luglio 2015, tra le istanze di finanziamento per interventi di mitigazione del rischio idrogeologico proposte dalla Regione Emilia-Romagna, mediante la validazione delle schede istruttorie inserite nella piattaforma telematica ReNDIS-web, dando atto che l'intervento è coerente con gli atti di pianificazione territoriale e tra gli interventi prioritariamente individuati attraverso gli strumenti di analisi del rischio.

Con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 15 settembre 2015 è stato approvato il Piano stralcio per le aree metropolitane e le aree urbane con alto livello di popolazione esposta al rischio di alluvioni, nel quale l'intervento in questione è stato inserito in tabella D<sup>1</sup> allegata all'atto, con la previsione di un finanziamento di 55.000.000,00 Euro, come da previsione del progetto preliminare.

Al fine di individuare, nei tempi ristretti assegnati per la progettazione, soluzioni condivise che perseguissero obiettivi a scala sovracomunale (di bacino) nel rispetto delle esigenze locali, è stato avviato un percorso progettuale in grado di definire le migliori opzioni d'intervento attraverso una progettazione integrata e multidisciplinare, che analizzasse ex ante in modo coordinato le esigenze tecniche, le esigenze territoriali e le esigenze ambientali e che consentisse un confronto costruttivo con le Amministrazioni coinvolte e con i portatori di interesse e più in generale con la cittadinanza attiva.

Tale percorso di partecipazione con i diversi stakeholder, avviato da AIPO nell'autunno 2015 e conclusosi nel novembre dello stesso anno, ha così permesso d'individuare gli elementi migliorativi da utilizzare nello sviluppo della progettazione definitiva della Cassa d'espansione sul Torrente Baganza. In particolare, è emersa da diversi soggetti la necessità di sviluppare la progettazione della cassa di laminazione con una visione complessiva di bacino Parma-Baganza che permettesse, oltre alla realizzazione dell'invaso, l'individuazione delle azioni complementari da attuare lungo le aste di Parma e Baganza al fine della riduzione e mitigazione del rischio residuale.

Nel progetto definitivo è pertanto contenuta, oltre al progetto dell'opera in senso stretto, anche una prima complessiva risposta alle suddette richieste, mediante un'analisi idraulica e geomorfologica a

---

<sup>1</sup> Nella tabella D sono indicati gli interventi di mitigazione del rischio alluvionale che presentano un livello di progettazione preliminare e per i quali è necessario raggiungere tempestivamente un livello di progettazione definitivo od esecutivo al fine di consentire l'utilizzo immediato delle risorse che si renderanno disponibili.

livello d'asta fluviale nel tratto di Torrente Baganza compreso tra Calestano e la confluenza con il T. Parma, ed una diagnosi sulle arginature esistenti, eseguita per tratti omogenei, nel tratto d'alveo del T. Parma a valle della città sino alla confluenza con il Fiume Po.

Il progetto definitivo è stato predisposto in conformità con l'art. 23 c.7 del D.Lgs 50/2016 nonché, in applicazione dell'art. 216, c.4 dello stesso, con gli artt.24÷32 del D.P.R. 207/2010 e s.m.i., ed individua compiutamente i lavori da realizzare nel rispetto dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti dalla stazione appaltante nell'ambito del progetto preliminare e delle successive fasi di partecipazione sopra accennate e nel rispetto, laddove possibile e/o pertinente, delle *"Linee guida per le attività di programmazione e progettazione degli interventi per il contrasto del rischio idrogeologico (versione 2.0 del settembre 2016 - #italiasicura)"*.

Il presente documento valuta l'impatto acustico e da vibrazioni generato dalla realizzazione dell'opera; in particolare la valutazione è mirata alla verifica dell'idoneità delle scelte progettuali in termini costruttivi e logistici, anche in relazione alle emissioni sonore preesistenti derivanti dalle sorgenti presenti in ambito urbano, come le locali infrastrutture viarie e le aree industriali. Laddove fosse necessario mitigare gli impatti sugli edifici abitativi (esistenti e futuri), a causa della presenza di livelli sonori superiori alle soglie di non superamento dettate dalla normativa vigente, si procederà al dimensionamento d'opportune soluzioni tecnologiche indirizzate all'abbattimento del rumore.

Occorre comunque sottolineare che in questa fase di progettazione alcune informazioni necessarie per le analisi previsionali sono state definite solo in via preliminare. In particolare il numero e la tipologia dei mezzi d'opera coinvolti ed il cronoprogramma dei lavori, che costituiscono gli elementi principali per la valutazione degli impatti, non sono ancora stati definiti nel dettaglio. Questo comporta un'inevitabile incertezza nelle valutazioni del presente documento, che assume pertanto un ruolo di valutazione preliminare.

Al presente documento d'impatto acustico dovrà quindi fare seguito un successivo approfondimento da redigere in sede di progettazione esecutiva, per la quale dovranno essere documentati:

- il cronoprogramma dei lavori;
- le schede tecniche dei mezzi coinvolti nelle lavorazioni con le relative caratteristiche di rumorosità.







## **2. PIANO DI ZONIZZAZIONE ACUSTICA**

Il progetto definitivo della cassa del T. Baganza coinvolge 4 comuni: Parma, Sal Baganza, Felino e Collecchio.

Tutti i comuni citati sono provvisti di Piano di Classificazione acustica comunale, redatto ai sensi della Legge n. 447 del 26/10/1995, che classificano le zone in esame come segue (v. Fig. 2.1):

- classe II - aree prevalentemente residenziali con limite diurno di 55 dBA e limite notturno di 45 dBA: si estendono nelle aree di pertinenza fluviale del T. Baganza nel solo territorio di Parma;
- classe III - aree di tipo misto con limite diurno di 60 dBA e limite notturno di 50 dBA: comprendono le aree rurali che si estendono nei vari comuni;
- classe IV - aree d'intensa attività umana con limite diurno di 65 dBA e limite notturno di 55 dBA: comprendono le fasce adiacenti alla viabilità primaria (S.P. Montanara e S.P. 15 di Calestano); in comune di Parma la classe IV non contorna la S.P. Montanara;
- classe V - aree prevalentemente industriali con limite diurno di 70 dBA e limite notturno di 60 dBA: comprendono le aree industriali che contornano il centro abitato di Sala Baganza e Felino.

La legislazione in materia d'acustica ha, infatti, l'obiettivo di minimizzare i rischi per la salute dell'uomo, garantendo così la vivibilità degli ambienti abitativi, lavorativi e di svago e una buona qualità della vita per tutti i cittadini.



COMUNE DI COLLECCHIO

COLORAZIONE CLASSI E VALORI LIMITE Leq in dB(A)					
COLORE	CLASSE	ASSOLUTI DI IMMISSIONE		EMISSIONE	
		DIURNO 6:00-22:00	NOTTURNO 22:00-6:00	DIURNO 6:00-22:00	NOTTURNO 22:00-6:00
	CLASSE I	50	40	45	35
	CLASSE II	55	45	50	40
	CLASSE III	60	50	55	45
	CLASSE IV	65	55	60	50
	CLASSE V	70	60	65	55
	CLASSE VI	70	70	65	65

Zona di pertinenza  
Ferrovia (Zona A) Ferrovia  
(Zona B)

Comune di Parma			
Legenda zonizzazione acustica:			
Zona D.P.C.M. 01/02/1991		Limiti diurni (06:00-22:00)	Limiti notturni (22:00-06:00)
	Zona 1 - Aree particolarmente protette	50 dBA	40 dBA
	Zona 2 - Aree destinate ad uso residenziale	55 dBA	45 dBA
	Zona 3 - Aree di tipo misto	60 dBA	50 dBA
	Zona 4 - Aree di intensa attività umana	65 dBA	55 dBA
	Zona 5 - Aree prevalentemente industriali	70 dBA	60 dBA
	Zona 6 - Aree esclusivamente industriali	70 dBA	70 dBA

COMUNE DI SALA BAGANZA	
Stato di fatto	
	Aree di classe I
	Aree di classe II
	Aree di classe III
	Aree di classe VI
	Aree di classe V
	Aree di classe VI
Aree di progetto	
	Aree di classe II
	Aree di classe III
	Aree di classe VI
	Aree di classe V
	Fascia A
	Fascia B
	Fascia strade di progetto

Comune di Felino			
LEGENDA DELLE CLASSI ACUSTICHE			
STATO DI FATTO		STATO DI PROGETTO	
	Classe I		Classe I
	Classe II		Classe II
	Classe III		Classe III
	Classe IV		Classe IV
	Classe V		Classe V
	Classe VI		Classe VI
		FASCE DI PERTINENZA STRADALE (DPR 142/04)	
			(100 mt.)
			(150 mt.)
			(250 mt.)

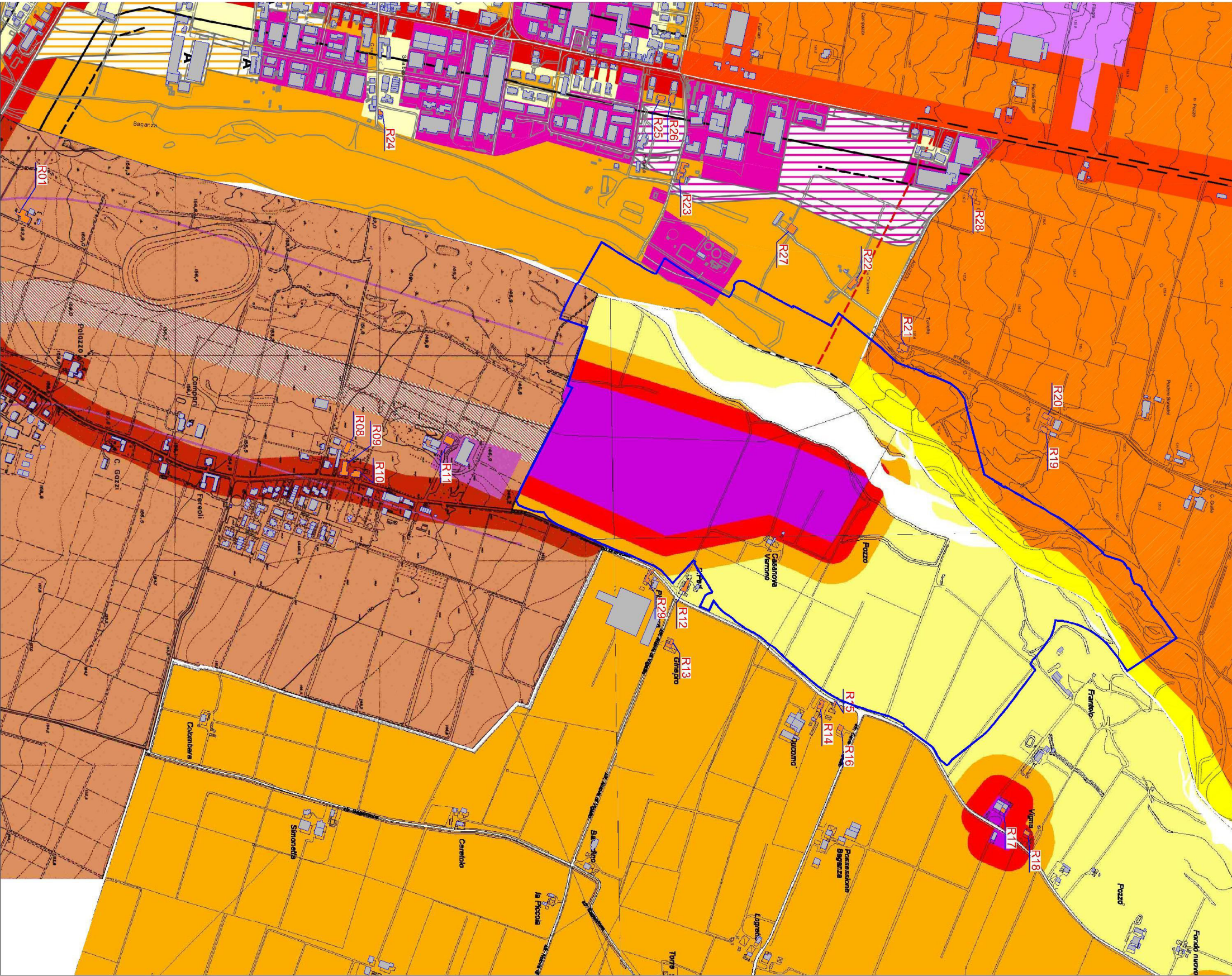


Figura 2.1 - Mosaico dei piani di classificazione acustica dei Comuni di Parma, Sala Baganza, Collecchio e Felino – scala 1:10.000



### **3. ANALISI DELLO STATO AMBIENTALE**

L'area in esame ricade in un ambito geografico a prevalente destinazione rurale, ma attraversato in senso meridiano e parallelo da 3 importanti direttrici viarie con un intenso traffico viario: la S.P. Pedemontana, la S.P. di Calestano e la S.P. Montanara.

#### **3.1. Analisi dei valori d'immissione acustica**

Si riportano di seguito le misure fonometriche effettuate nell'area di intervento nel marzo del 2015, assunte come rappresentative della rumorosità ambientale esistente. A tale proposito si specifica che nel lasso temporale intercorso tra il 2015 e il 2016 non sono state riscontrate nuove fonti di rumore nell'area (strade, aree produttive, altre attività antropiche) che possano aver determinato una modifica del clima acustico misurato.

Inoltre si precisa che la campagna di misure fonometriche è stata volontariamente anticipata al fine di determinare il clima acustico prima che avessero inizio le attività di escavazione previste all'interno del Polo Estrattivo G9 che, in caso contrario, avrebbero falsato le misure del fondo ante operam, determinandone un anomalo innalzamento

L'attività di monitoraggio è stata finalizzata al riconoscimento delle emissioni di rumore delle sorgenti di trasporto attualmente presenti sul territorio. In una logica di ottimizzazione delle risorse, le aree e i punti di monitoraggio sono stati identificati in modo tale che i risultati delle misure potessero essere utilizzati come base per la definizione delle immissioni acustiche presso i ricettori esposti (come riferimento ante-operam). La caratterizzazione della rumorosità ambientale esistente, in relazione della grande variabilità spazio-temporale delle emissioni acustiche dovute al traffico veicolare, è stata quindi eseguita ricorrendo, sia a rilievi sperimentali (misura del rumore a campione), sia alla modellazione matematica. L'abbinamento di rilievi sperimentali e modelli matematici consente di estendere la caratterizzazione acustica a tutta l'area d'interesse e a diverse situazioni ambientali e di traffico a partire da un numero limitato di dati.

La calibrazione e la verifica, nella situazione esistente, del modello matematico, che sarà utilizzato per le valutazioni previsionali di impatto, fornisce inoltre una garanzia sull'attendibilità dei risultati e sulle incertezze ad essi associate. Tale approccio si configura estremamente valido nelle zone interessate dalle infrastrutture viarie e ferroviarie, dove è possibile quantificare con un certa esattezza le componenti del rumore. La valutazione dell'attuale inquinamento acustico, presente nell'area in esame, è stata compiuta attraverso una campagna di rilievo fonometrico, secondo la seguente metodologia:

1. scelta delle postazioni di misura fonometriche ubicate in luoghi rappresentativi per le più importanti arterie stradali distribuite nell'area d'indagine, responsabili delle principali emissioni sonore, al fine della ricostruzione dello scenario ante-operam delle isofoniche nel periodo diurno;



2. ai fini di una caratterizzazione completa del clima acustico sono state effettuate 4 misure di tipo S (misure "a spot" o a campione), della durata di circa un'ora con postazione fissa assistita da operatore;
3. le misure condotte sono finalizzate alla definizione delle emissioni acustiche prodotte dalle arterie viarie; le postazione di misura sono sempre collocate a distanze limitate dal ciglio dell'infrastruttura in modo che la principale fonte di rumore sia appunto l'arteria oggetto di monitoraggio;
4. i livelli di pressione sonora registrati da dette misure sono utilizzate come valore per la taratura del modello analitico di calcolo.



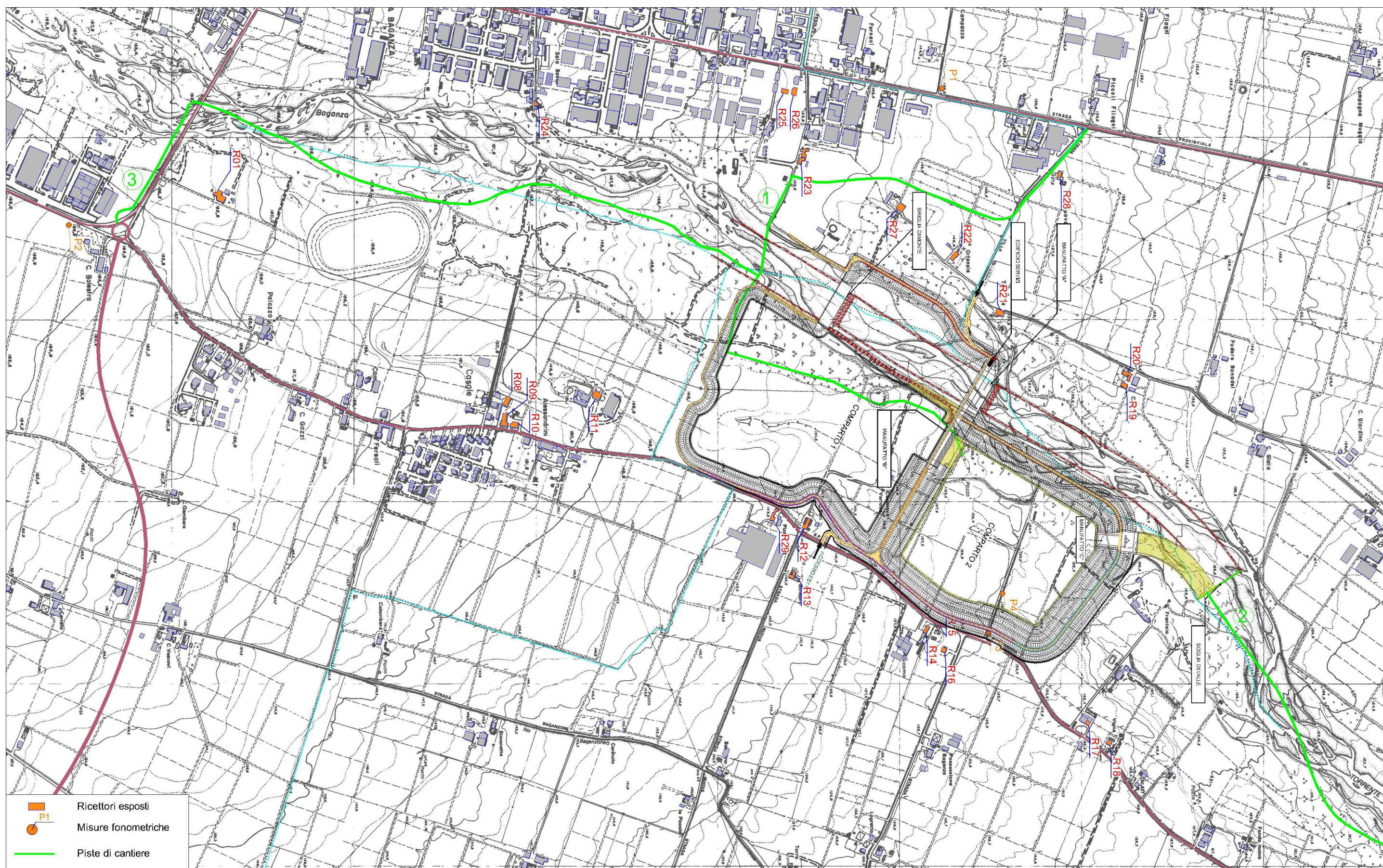


Figura 3.1 - Ricettori esposti e ubicazione delle misure fonometriche – scala 1:10.000



### 3.2. Stazione fonometrica P1

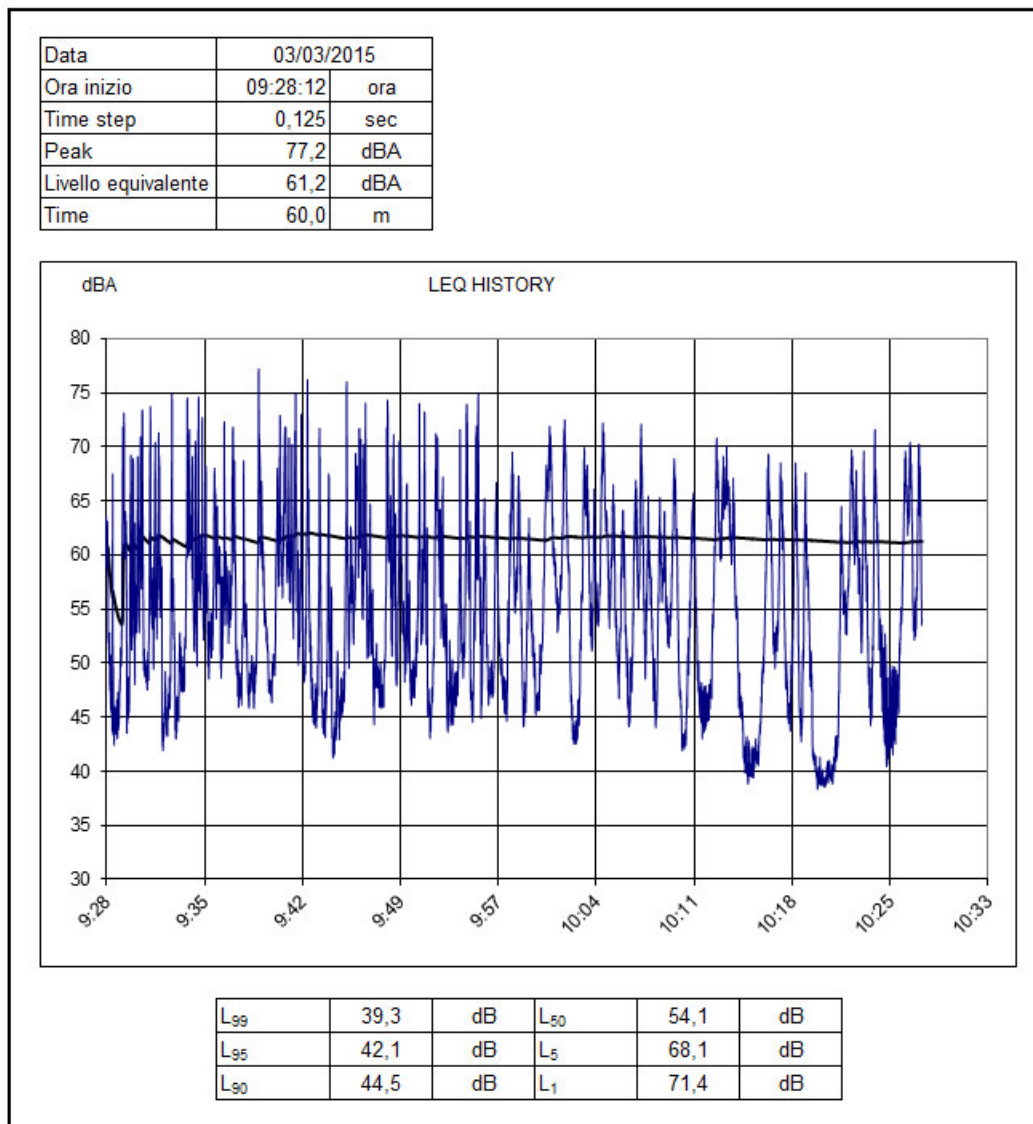


Figura 3.2 - Leq History Time in continuo alla postazione P1

La postazione P1 si colloca alla distanza di 24 metri dalla S.P. 15 di Calestano a nord di Sala Baganza. Il livello equivalente misurato è pari a 61,2 dBA, mentre il livello al cinquantesimo percentile è pari a 54,1 dBA.

### 3.3. Stazione fonometrica P2

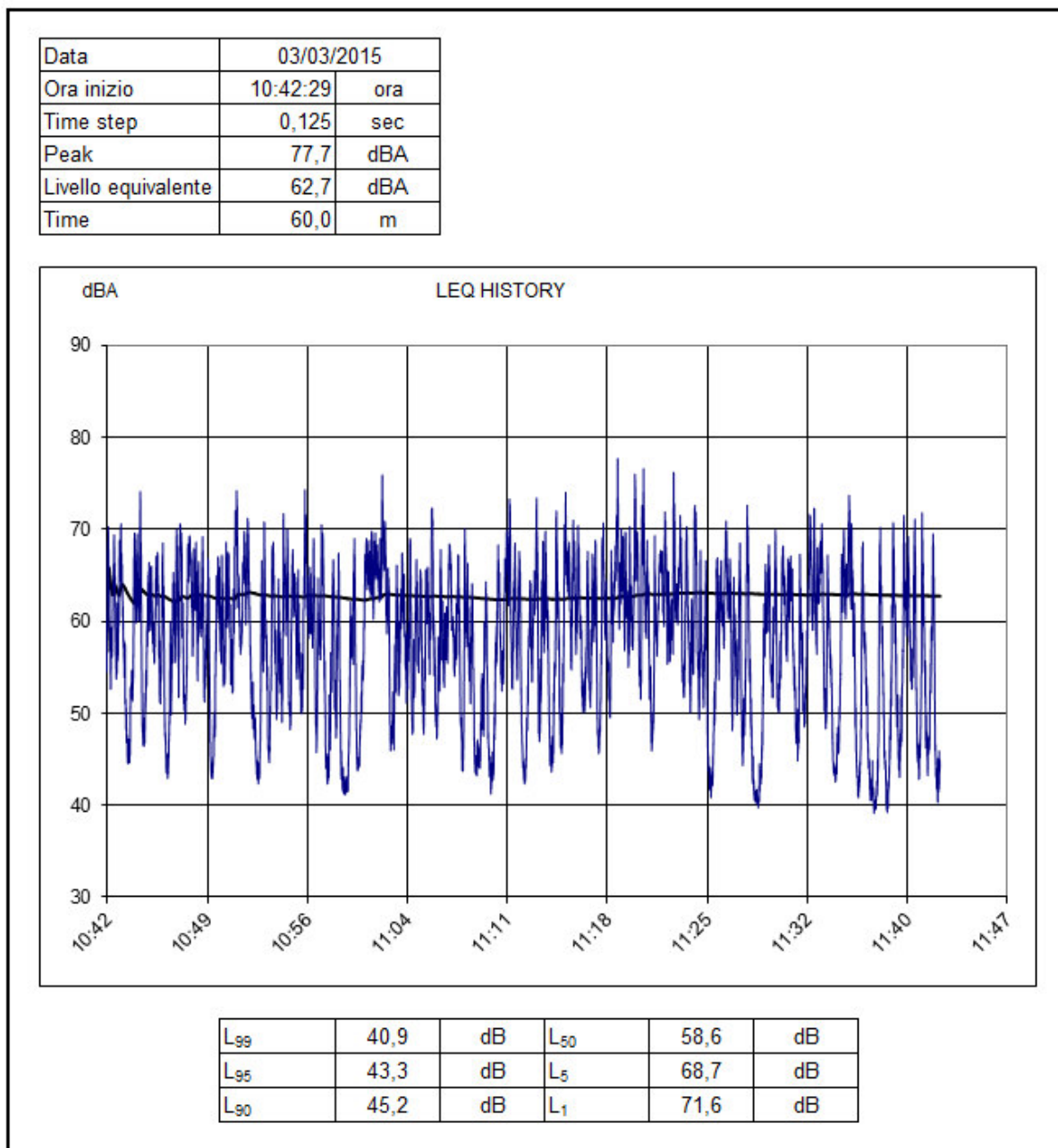


Figura 3.3: Leq History Time in continuo alla postazione P2

La postazione P2 si colloca alla distanza di 22 metri dalla S.P. 15 di Calestano a nord di Felino.

Il livello equivalente misurato è pari a 62,7 dBA, mentre il livello al cinquantesimo percentile è pari a 58,6 dBA.

### 3.4. Stazione fonometrica P3

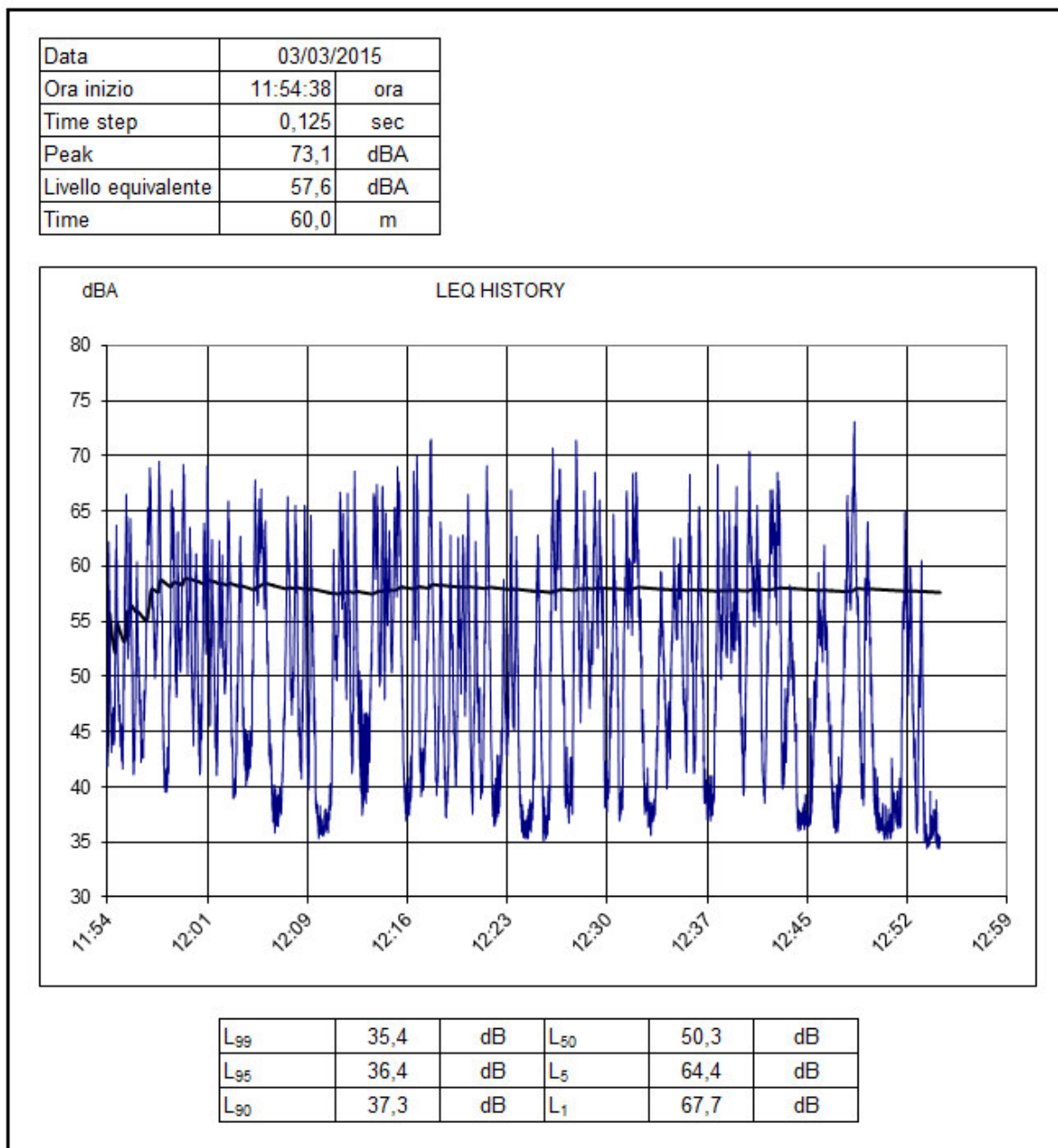


Figura 3.4: Leq History Time in continuo alla postazione P3

La postazione P3 si colloca alla distanza di 23 metri dalla S.P. Montanara in località Ducomo in Comune di Parma.

Il livello equivalente misurato è pari a 57,6 dBA, mentre il livello al cinquantesimo percentile è pari a 50,3 dBA.

### 3.5. Stazione fonometrica P4

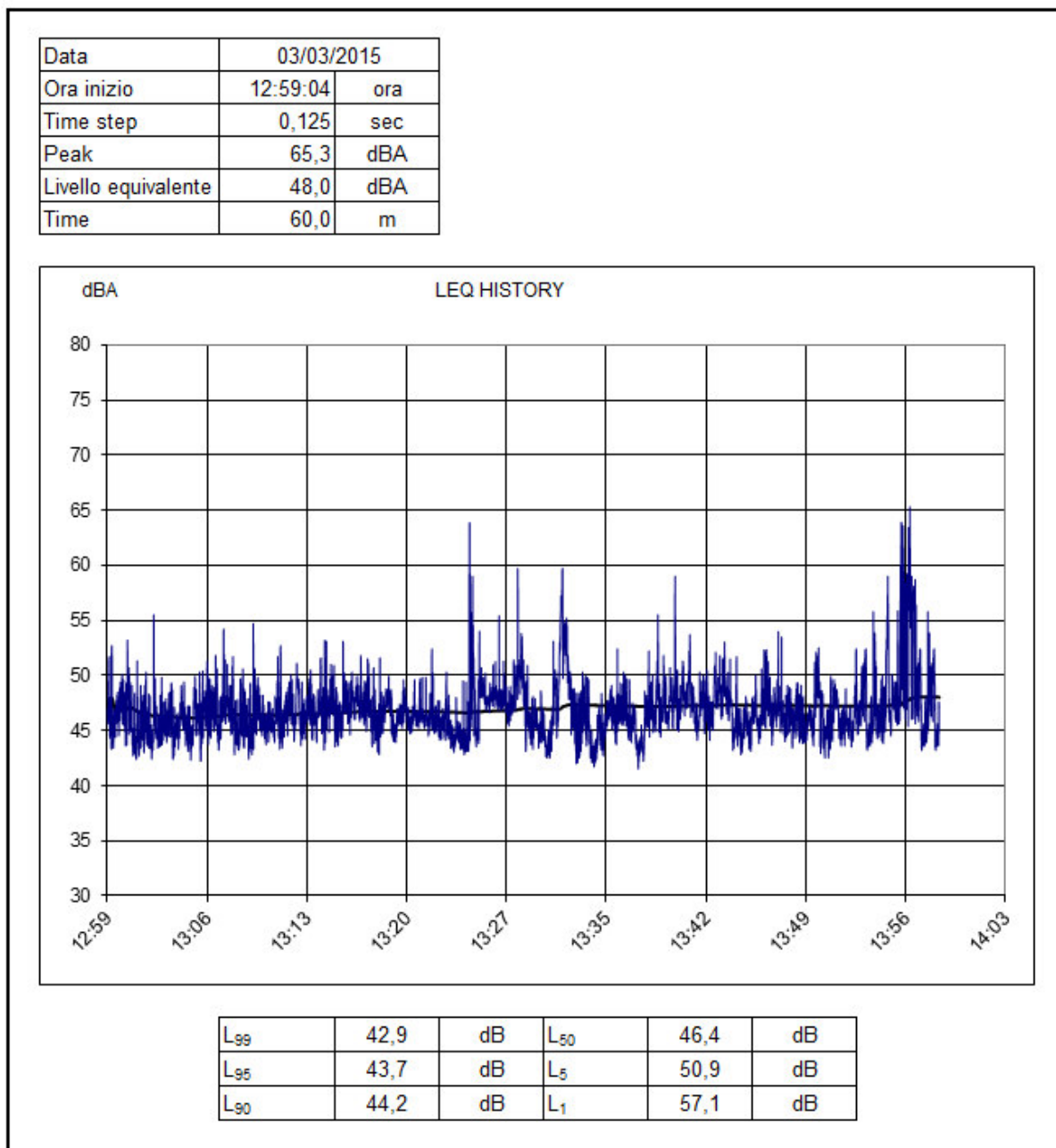


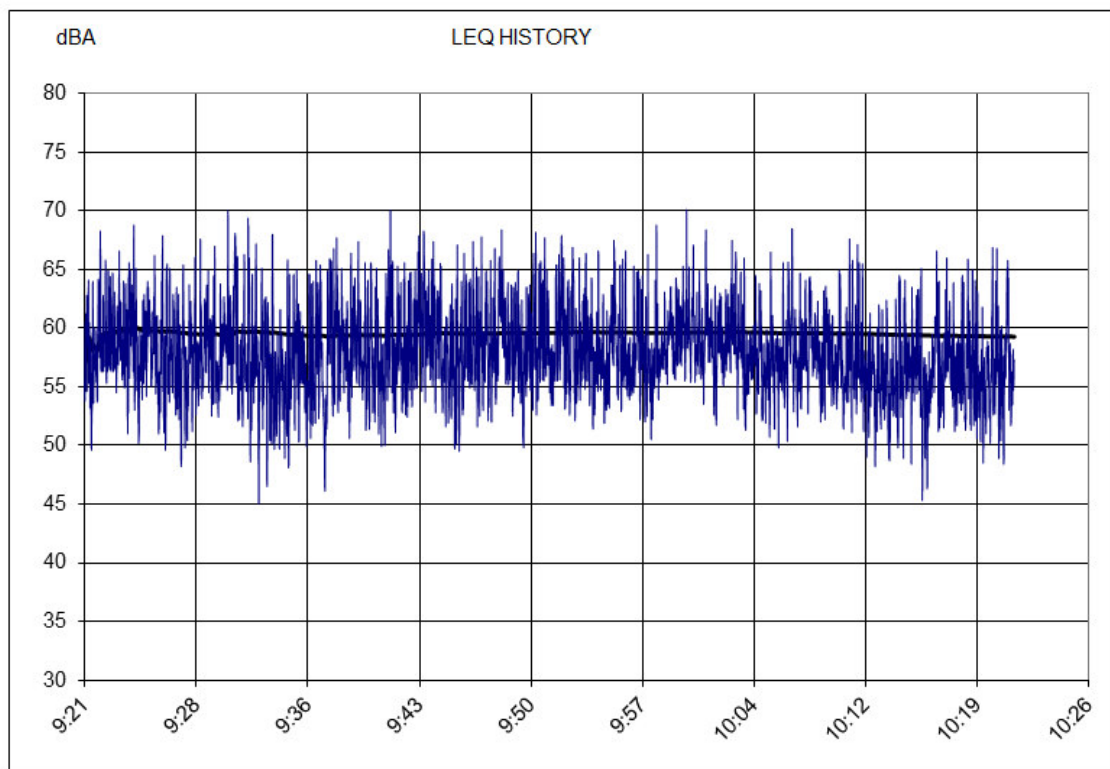
Figura 3.5: Leq History Time in continuo alla postazione P4

La postazione P4 si colloca alla distanza di 110 metri dalla S.P. Montanara in località Ducomo in Comune di Parma.

Il livello equivalente misurato è pari a 48,0 dBA, mentre il livello al cinquantesimo percentile è pari a 46,4 dBA.

### 3.6. Stazione fonometrica P5

Data	17/11/2016	
Ora inizio	09:21:35	ora
Time step	0,125	sec
Peak	70,1	dBA
Livello equivalente	59,3	dBA
Time	60,0	m



L <sub>99</sub>	50,2	dB	L <sub>50</sub>	57,6	dB
L <sub>95</sub>	52,6	dB	L <sub>5</sub>	63,9	dB
L <sub>90</sub>	53,7	dB	L <sub>1</sub>	66,1	dB

Figura 3.6: Leq History Time in continuo alla postazione P5

La postazione P5 si colloca alla distanza di 60 metri dalla Tangenziale ovest in località Meli Lupi in Comune di Parma.

Il livello equivalente misurato è pari a 59,3 dBA, mentre il livello al cinquantesimo percentile è pari a 57,6 dBA.



### 3.7. Stazione fonometrica P6

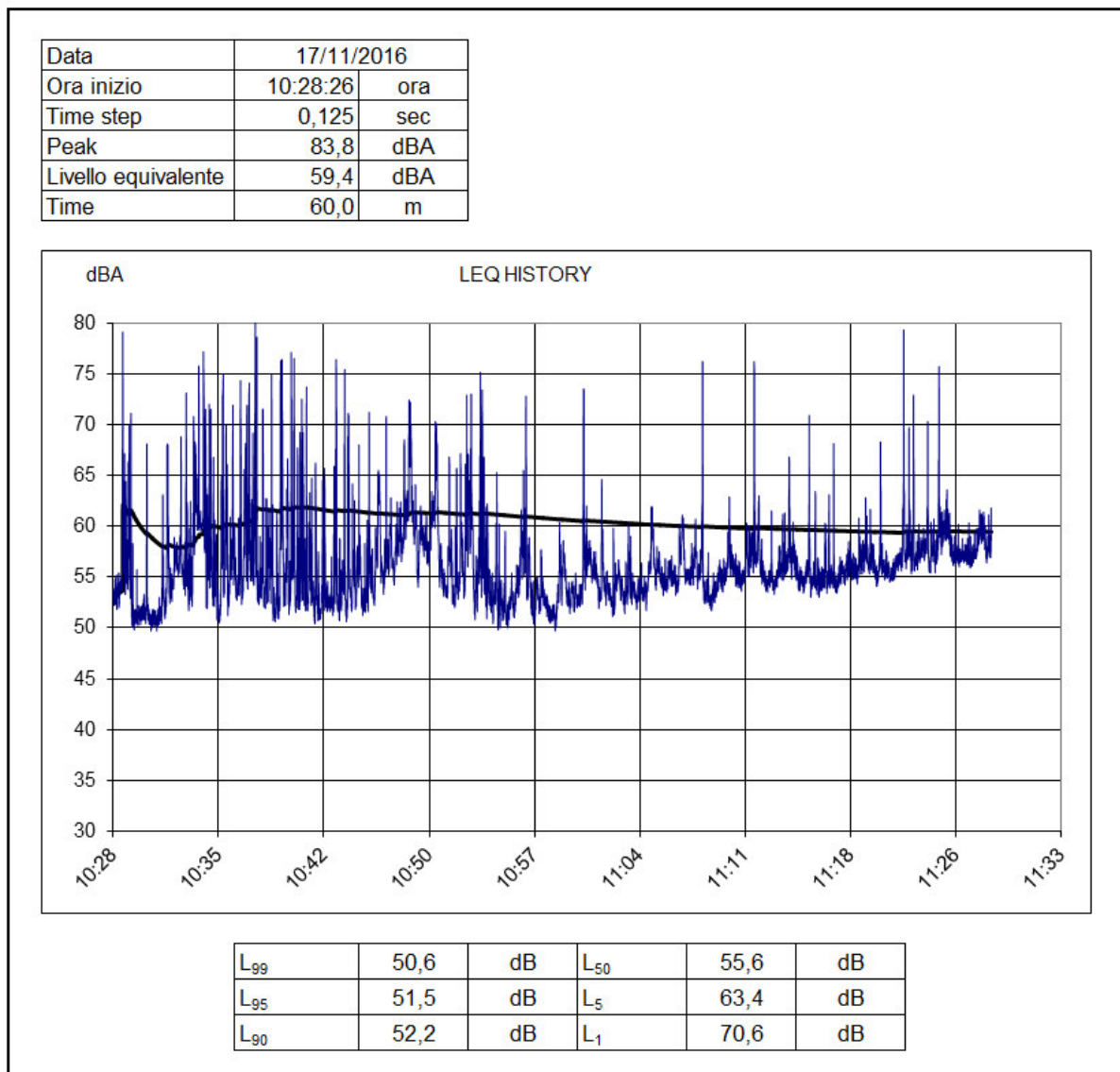


Figura 3.7: Leq History Time in continuo alla postazione P6

La postazione P6 si colloca alla distanza di 15 metri dalla Strada Provinciale di Montanara e 135 m dalla Tangenziale ovest in località Meli Lupi in Comune di Parma.

Il livello equivalente misurato è pari a 59,4 dBA, mentre il livello al cinquantesimo percentile è pari a 55,6 dBA.



### 3.8. La taratura del modello

La taratura del modello è stata effettuata attraverso una opzione del software di simulazione Cadna, che consente di calcolare i livelli di potenza di una sorgente sonora, noti i livelli di pressione che tale sorgente genera in uno o più punti.

Si sono inseriti nel modello di calcolo i livelli di pressione sonora registrati durante le misure fonometriche con le rispettive quote plano-altimetriche e si sono corretti i valori di emissione agendo sulla componente emissione, minimizzando la differenza fra valore stimato e valore misurato.

Dalle varie simulazioni eseguite è risultato difficile ottenere una rispondenza precisa alle varie distanze e pertanto si è preferito cercare una situazione che garantisse la minimizzazione degli scarti fra le varie misure eseguite.

Come si evince dai valori riportati in Tabella 3.1, la differenza fra valori stimati e valori misurati, relativamente ai rilievi a campione risulta contenuta entro i 1 dBA complessivamente.

Tabella 3.1 – Risultati della taratura del modello

Punti di Misura	Tipologia strada	Distanza da b.c. (m.)	Leq stimato (dBA)	Leq misurato (dBA)	Delta (dBA)
P1	Raso	24	61,9	61,2	0,7
P2	Raso	22	63,4	62,7	0,7
P3	Raso	23	58,3	57,6	0,7
P4	Raso	110	48,5	48,0	0,5

#### 4. ANALISI DEI RICETTORI

I ricettori esposti sono stati individuati considerando le abitazioni che rientrano in un raggio di 400 metri dal perimetro esterno delle aree di intervento e lungo la viabilità di trasporto. Le seguenti Tabelle riportano la località, il Comune di appartenenza, la distanza minima dall'area di scavo e dalla viabilità utilizzata dai mezzi di trasporto.

Tabella 4.1 - Caratterizzazione dei ricettori esposti dalle emissioni indotte dai potenziali percorsi utilizzati dai mezzi di trasporto.

Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza percorso 1	Distanza percorso 2	Distanza percorso 3
R1	Palazzo	Felino	Abitato			201
R2	Meli Lupi	Parma	Abitato		88	
R3	Meli Lupi	Parma	Abitato		63	
R4	Meli Lupi	Parma	Abitato		42	
R5	Meli Lupi	Parma	Abitato		59	
R6	Meli Lupi	Parma	Abitato		36	
R8	Casale	Felino	Abitato			
R9	Casale	Felino	Abitato			
R10	Casale	Felino	Abitato			
R11	Alessandrini	Felino	Abitato			
R12	Pizzachera	Parma	Abitato			
R13	Ginepro	Parma	Abitato			
R14	Ducomo	Parma	Abitato			
R15	Ducomo	Parma	Abitato			
R16	Ducomo	Parma	Abitato			
R17	Vigna	Parma	Abitato			
R18	Vigna	Parma	Abitato			
R19	C. Folli	Collecchio	Abitato			
R20	C. Folli	Collecchio	Abitato			
R21	Torretta	Collecchio	Abitato	245		
R22	Villa Ortensia	Sala Baganza	Abitato	215		
R23	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	38		332
R24	Via Degliantoni	Sala Baganza	Abitato			216
R25	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	223		
R26	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	218		
R27	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato - rudere	55		
R28	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato ma in corso di ristrutturazione	18		
R29	Ginepro	Parma	Abitato			

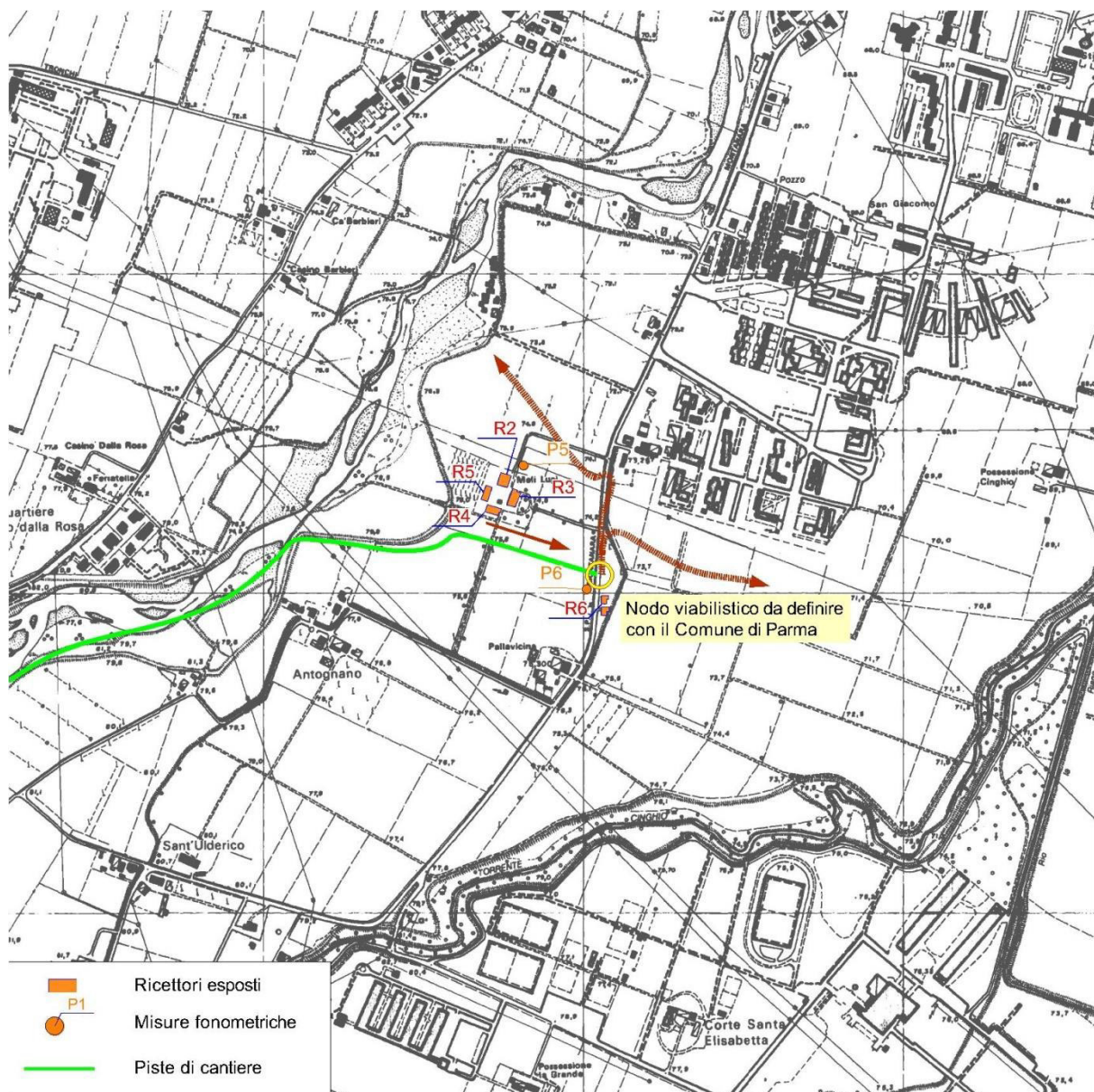


Figura 4.1 - Ricettori esposti del nodo viabilistico relativo al percorso n. 2

Tabella 4.2 - Caratterizzazione dei ricettori esposti dalle emissioni indotte dai lavori nella cassa d'espansione

Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza minima dagli argini della cassa
R1	Palazzo	Felino	Abitato	
R2	Meli Lupi	Parma	Abitato	
R3	Meli Lupi	Parma	Abitato	
R4	Meli Lupi	Parma	Abitato	
R5	Meli Lupi	Parma	Abitato	
R6	Meli Lupi	Parma	Abitato	
R8	Casale	Felino	Abitato	440
R9	Casale	Felino	Abitato	432

Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza minima dagli argini della cassa
R10	Casale	Felino	Abitato	384
R11	Alessandrini	Felino	Abitato	200
R12	Pizzachera	Parma	Abitato	40
R13	Ginepro	Parma	Abitato	158
R14	Ducomo	Parma	Abitato	24
R15	Ducomo	Parma	Abitato	20
R16	Ducomo	Parma	Abitato	60
R17	Vigna	Parma	Abitato	190
R18	Vigna	Parma	Abitato	265
R19	C. Folli	Collecchio	Abitato	163
R20	C. Folli	Collecchio	Abitato	191
R21	Torretta	Collecchio	Abitato	80
R22	Villa Ortensia	Sala Baganza	Abitato	174
R23	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	341
R24	Via Degliantoni	Sala Baganza	Abitato	
R25	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	
R26	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	
R27	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato - rudere	156
R28	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato ma in corso di ristrutturazione	
R29	Ginepro	Parma	Abitato	20

Partendo dalle registrazioni fonometriche descritte nei precedenti capitoli è stata ricostruita la mappa delle isofoniche e ricostruiti i livelli d'immissione rappresentativi ai ricettori esposti distribuiti nell'area d'interesse.

La rappresentazione di tali condizioni è stata eseguita con la valutazione dei livelli di rumore prodotti dal traffico previsto sull'attuale rete stradale attraverso l'impiego del modello di calcolo CADNA A, prodotto dalla DATAKUSTIC.

Il modello previsionale tiene in considerazione le caratteristiche geometriche e morfologiche del territorio e dell'edificato presente nell'area di studio, la tipologia delle superfici e della pavimentazione stradale, il traffico ed i relativi livelli sonori indotti, la presenza di schermi naturali alla propagazione del rumore, quale ad esempio lo stesso corpo stradale.

Il modello permette di calcolare il livello equivalente e residuo nelle varie zone dell'area di studio attraverso l'implementazione del livello di pressione e potenza sonora determinato per le varie infrastrutture viarie.

La valutazione del livello sonoro (sia equivalente sia residuo) è stata eseguita in condizioni diurne, assumendo come rumore tipico i livelli di pressione sonora e livelli al cinquantesimo percentile, direttamente registrati mediante stazioni fonometriche. Occorre rilevare che sono considerate solo le sorgenti da traffico stradale trascurando tutte quelle da attività industriali.

Al fine di ricostruire la morfologia del territorio nel quale avviene la propagazione del rumore è stata utilizzata la cartografia digitale tridimensionale predisposta per il progetto.

Dalla cartografia sono state estratte le informazioni plano-altimetriche tramite le quali è stata effettuata la modellazione tridimensionale del terreno (curve di livello, punti quotati, elementi morfologici significativi quali scarpate, muri, ecc...).

Di seguito nella tabella 4.2 si riporta una sintesi dei risultati analitici delle simulazioni che, per ogni edificio, riporta il livello equivalente più critico in facciata per l'intero perimetro esterno.

Nella successiva Fig. 4.2, è rappresentata la mappa delle isofoniche.

Tabella 4.2: Ricettori esposti con rispettivi limiti assoluti

Ricettore	Leq equivalente	Limite assoluto diurno	Limite assoluto notturno	Zona Acustica	Superam ento diurno	Leq residuo
	dBA	dBA	dBA		dBA	dBA
R1	53,1	60,0	50,0	III	NO	47,0
R2	59,3	60,0	50,0	III	NO	57,6
R3	59,3	60,0	50,0	III	NO	57,6
R4	59,3	60,0	50,0	III	NO	57,6
R5	59,3	60,0	50,0	III	NO	57,6
R6	59,4	60,0	50,0	III	NO	55,6
R8	49,0	60,0	50,0	III	NO	42,9
R9	64,7	65,0	55,0	IV	NO	59,6
R10	64,1	65,0	55,0	IV	NO	59,0
R11	48,8	70,0	60,0	V	NO	42,7
R12	64,6	55,0	45,0	II	SI	58,5
R13	51,6	60,0	50,0	III	NO	45,5
R14	61,6	60,0	50,0	III	SI	55,5
R15	69,4	60,0	50,0	III	SI	63,3
R16	55,5	60,0	50,0	III	NO	49,4
R17	58,9	70,0	60,0	V	NO	52,8
R18	61,2	65,0	55,0	IV	NO	55,1
R19	41,5	60,0	50,0	III	NO	39,4
R20	42,0	60,0	50,0	III	NO	39,9
R21	42,8	60,0	50,0	III	NO	40,7
R22	44,0	60,0	50,0	III	NO	41,9
R23	44,1	60,0	50,0	III	NO	42,0
R24	45,3	55,0	45,0	II	NO	43,2
R25	55,8	60,0	50,0	III	NO	49,7



Ricettore	Leq equivalente	Limite assoluto diurno	Limite assoluto notturno	Zona Acustica	Superam ento diurno	Leq residuo
	dBA	dBA	dBA		dBA	dBA
R26	56,1	60,0	50,0	III	NO	50,0
R27	45,4	60,0	50,0	III	NO	39,3
R28	50,9	60,0	50,0	III	NO	44,8
R29	68,3	60,0	50,0	III	SI	62,2

Dalle valutazioni analitiche effettuate emerge che in 4 ricettori in comune di Parma si manifesta il superamento del limite diurno della classe assegnata dal Piano di Classificazione Acustica. Occorre rilevare che i ricettori R12, R14, R15 e R29 si trovano in fregio alla S.P. Montanara caratterizzata peraltro da un alto tasso di traffico viario.

In questo caso l'applicazione dei limiti imposti dalla zonizzazione acustica possono essere sostituiti da quelli del D.P.R. n. 142 del 30 marzo 2004. In questo caso la S.P. Montanara diventa caratterizzata da una fascia A di estensione pari a 100 m con limiti di 70 dBA diurni e da una fascia B di ulteriori 50 metri di estensione con limite diurno di 65 dBA.



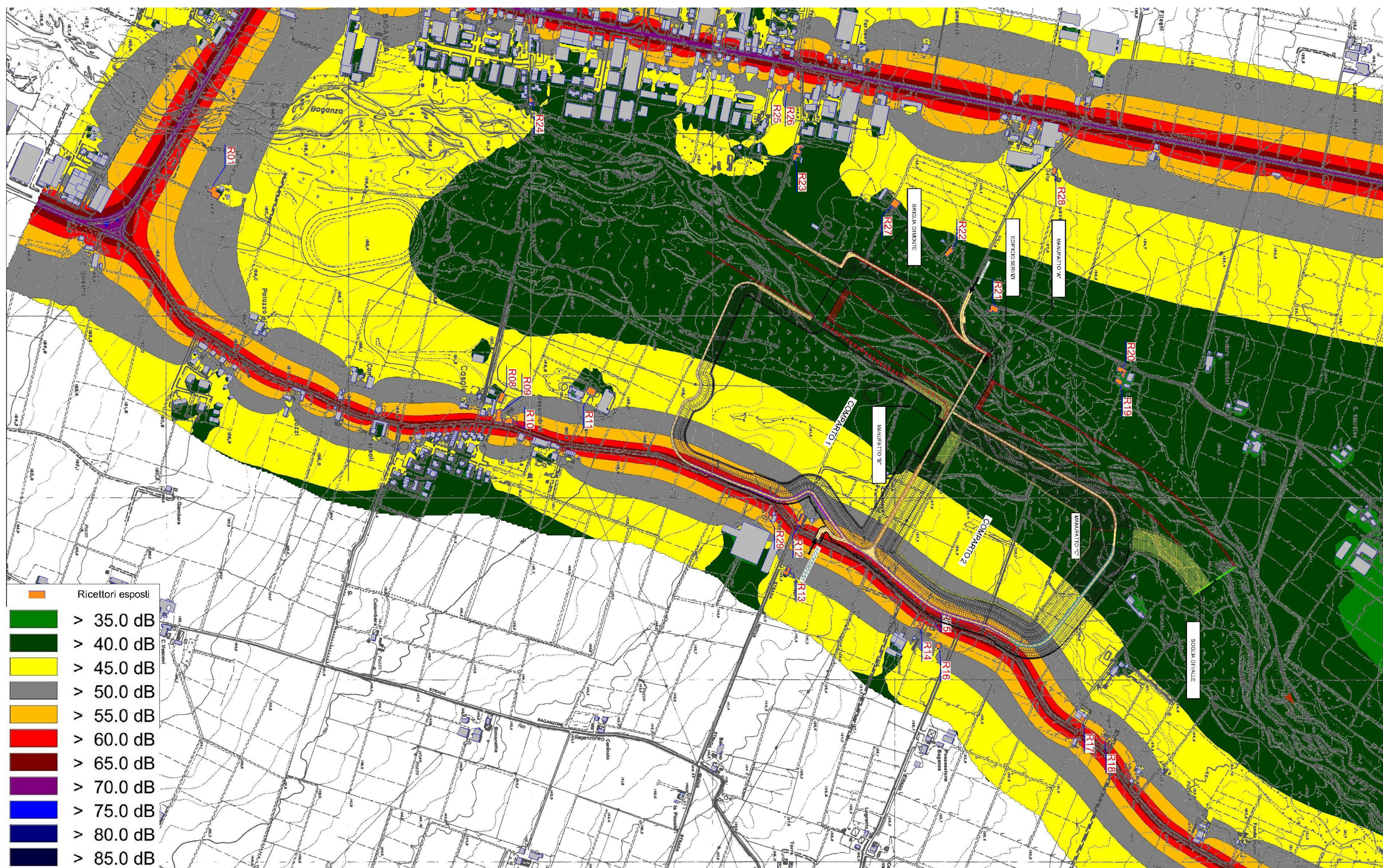


Figura 4.2 - Mappa acustica periodo diurno – scala 1:10.000



## 5. DESCRIZIONE DELL'ATTIVITA' LAVORATIVA

L'intervento della cassa d'espansione prevede 12 fasi lavorative, durante le quali sono impiegati varie tipologie di mezzi d'opera.

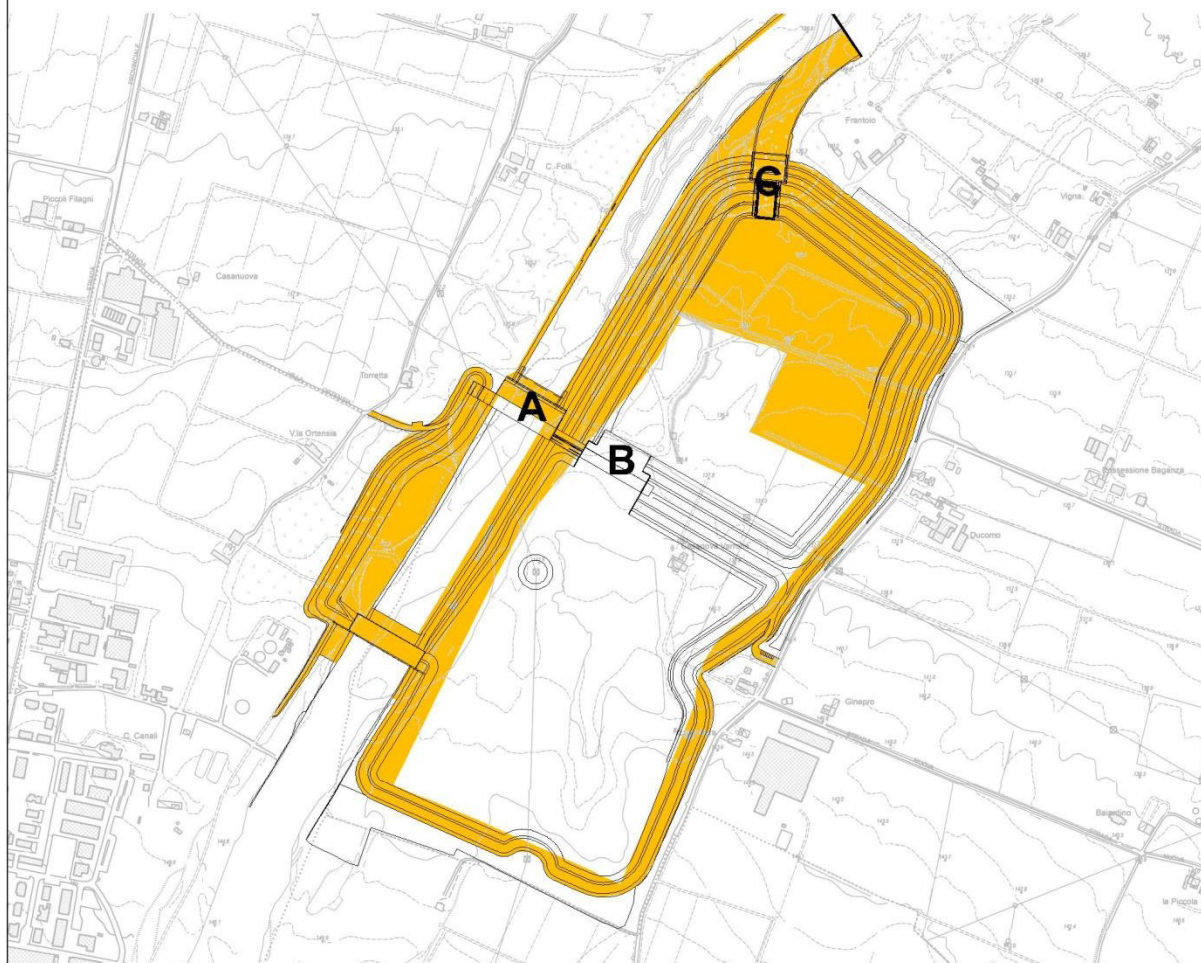
Nelle seguenti schede, che rappresentano le suddette fasi lavorative, si effettua un elenco dei mezzi d'opera che rappresentano la principale fonte di rumore.

Non è riportato un cronoprogramma dei lavori, perché nell'attuale fase di progettazione rimangono irrisolte diverse incognite sulle modalità di lavorazione e sulle possibili tecnologie impiegate.

Anche il numero dei mezzi d'opera elencato nelle successive schede potrebbe subire delle variazioni in relazione proprio al parco macchine delle future ditte che potranno vincere l'appalto dei lavori.

Si rimanda quindi alla fase esecutiva dei lavori per una puntuale descrizione dell'impatto acustico e delle lavorazioni ad esse associate.

### FASE 1: PREPARAZIONE DELLE AREE DI CANTIERE E BONIFICA DA ORDIGNI BELLICI INESPLOSI (BOB)





L'operazione consiste in trivellazioni effettuate con una maglia regolare fissata dai parametri di progetto, nella quale si prevede l'impiego dei seguenti mezzi di lavorazione.

Sorgente	Dist. m	Leq dBA	Lw dBA
Escavatore CAT 330 DL (200 kW)	-	-	105,3

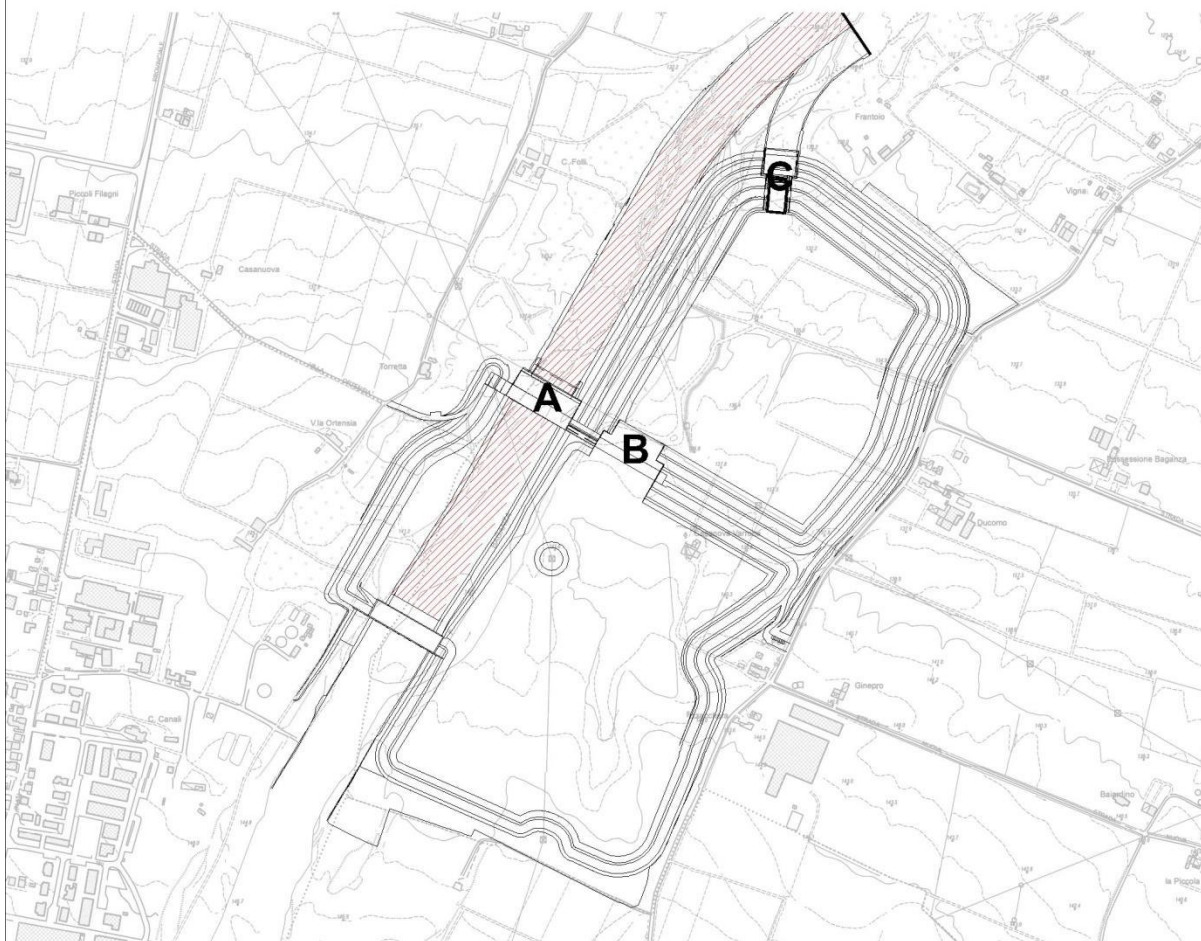
I ricettori coinvolti in tale operazione sono.

Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza minima dalle lavorazioni
R8	Casale	Felino	Abitato	440
R9	Casale	Felino	Abitato	432
R10	Casale	Felino	Abitato	384
R11	Alessandrini	Felino	Abitato	200
R12	Pizzachera	Parma	Abitato	40
R13	Ginepro	Parma	Abitato	158
R14	Ducono	Parma	Abitato	24
R15	Ducono	Parma	Abitato	20
R16	Ducono	Parma	Abitato	60
R17	Vigna	Parma	Abitato	190
R18	Vigna	Parma	Abitato	265
R19	C. Folli	Collecchio	Abitato	163
R20	C. Folli	Collecchio	Abitato	191
R21	Torretta	Collecchio	Abitato	80
R22	Villa Ortensia	Sala Baganza	Abitato	174
R23	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	341
R27	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato - rudere	156
R29	Ginepro	Parma	Abitato	20

In questa fase il traffico consiste unicamente in 2 mezzi al giorno legati al trasporto dell'escavatore, dei quali uno alla mattina e l'altro al pomeriggio dopo l'orario di lavoro.

**FASE 2:**

PRESCAVO DELL'ALVEO (1÷3 m) FINALIZZATO AL LIEVE ABBASSAMENTO PIEZOMETRICO  
 NECESSARIO ALLA FASE 3



L'operazione consiste in scavi diretti nell'alveo del T. Baganza, nella quale si prevede l'impiego dei seguenti mezzi lavorazione.

Sorgente	Dist. m	Leq dBA	Lw dBA
Escavatore CAT 330 DL (200 kW)	-	-	105,3
Autocarro	4	74,1	97,1
Rimozione della risorsa con escavatore e 2 autocarri in avvicendamento		106,5 dBA	

I ricettori coinvolti in tale operazione sono.

Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza minima dalle lavorazioni
R19	C. Folli	Collecchio	Abitato	170
R20	C. Folli	Collecchio	Abitato	193
R21	Torretta	Collecchio	Abitato	157
R22	Villa Ortensia	Sala Baganza	Abitato	220

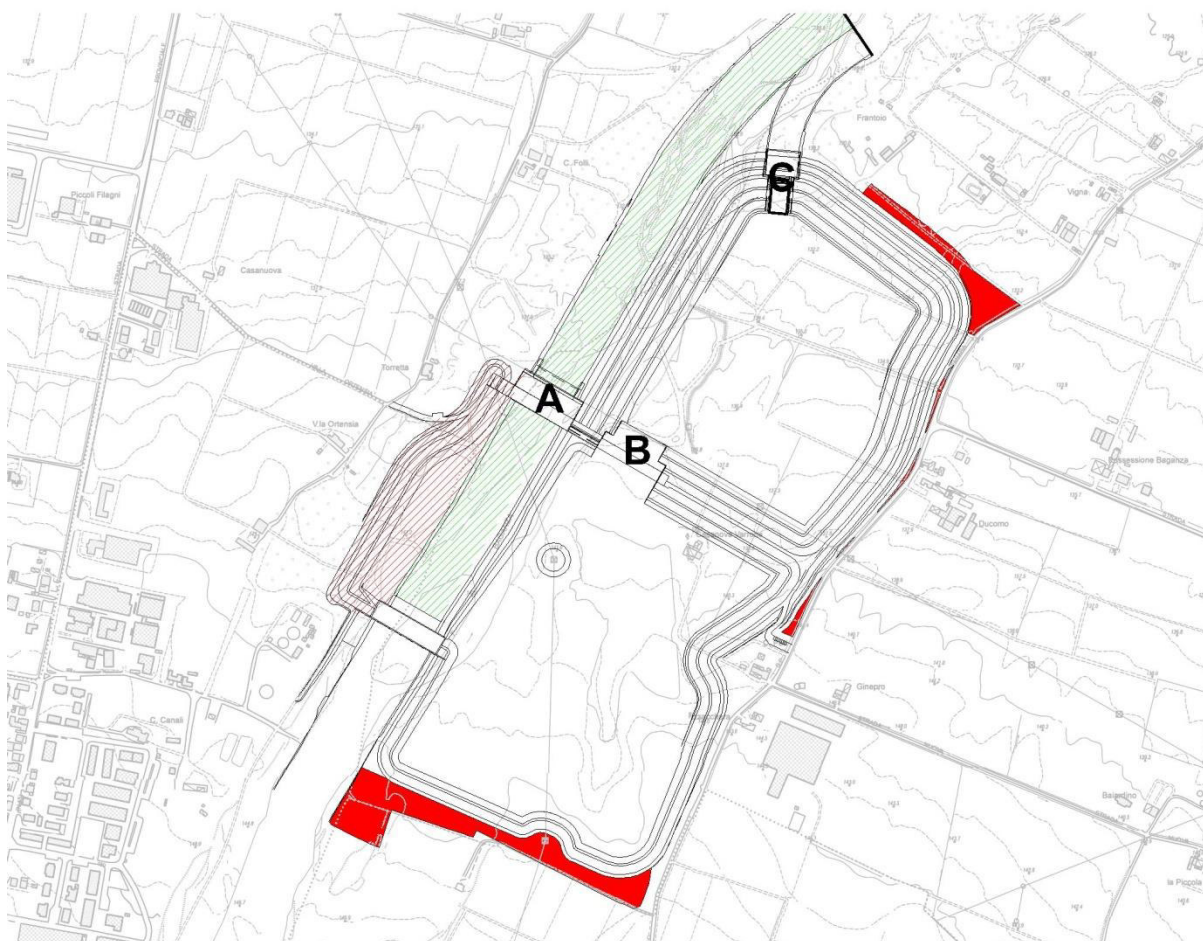
Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza minima dalle lavorazioni
R23	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	382
R27	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato - rudere	260

In questa fase il traffico previsto consiste unicamente in 23 mezzi/h. I percorsi utilizzati sono quelli descritti nella Fig. 3.1. Le ipotesi di utilizzo dei 3 percorsi sono:

- i mezzi si ripartiscono equamente su tutti i percorsi con un flusso di 8 mezzi/h;
- i mezzi percorreranno solamente la pista n. 2 lungo il T. Baganza fino alla tangenziale ovest, per un totale di 23 mezzi/h.

### FASE 3:

REALIZZAZIONE DELLA BONIFICA DELLE GHIAIE DELL'ARGINE OVEST  
 RIEMPIMENTI A SUD E PIANTUMAZIONI



L'operazione consiste in scavi diretti nelle zone adiacenti agli argini, per la rimozione dei materiali con alta conducibilità idraulica (ghiaie) e nel successivo rinterro dei vuoti con materiale idoneo a minore conducibilità idraulica. Si prevede l'impiego dei seguenti mezzi.

Sorgente	Dist. m	Leq dBA	Lw dBA
Ruspa DOZER CAT D6N (150 kW)	-	-	107,9
Escavatore CAT 330 DL (200 kW)	-	-	105,3
Autocarro	4	74,1	97,1
Rimozione della ghiaia con escavatore e 2 autocarri in avvicendamento	106,5 dBA		
Rinterro dei vuoti con escavatore e 2 autocarri in avvicendamento	108,6 dBA		

I ricettori coinvolti in tale operazione sono.

Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza minima dalle lavorazioni
R8	Casale	Felino	Abitato	440
R9	Casale	Felino	Abitato	432
R10	Casale	Felino	Abitato	384
R11	Alessandrini	Felino	Abitato	200
R12	Pizzachera	Parma	Abitato	40
R13	Ginepro	Parma	Abitato	158
R14	Ducomo	Parma	Abitato	24
R15	Ducomo	Parma	Abitato	20
R16	Ducomo	Parma	Abitato	60
R17	Vigna	Parma	Abitato	190
R18	Vigna	Parma	Abitato	265
R29	Ginepro	Parma	Abitato	20

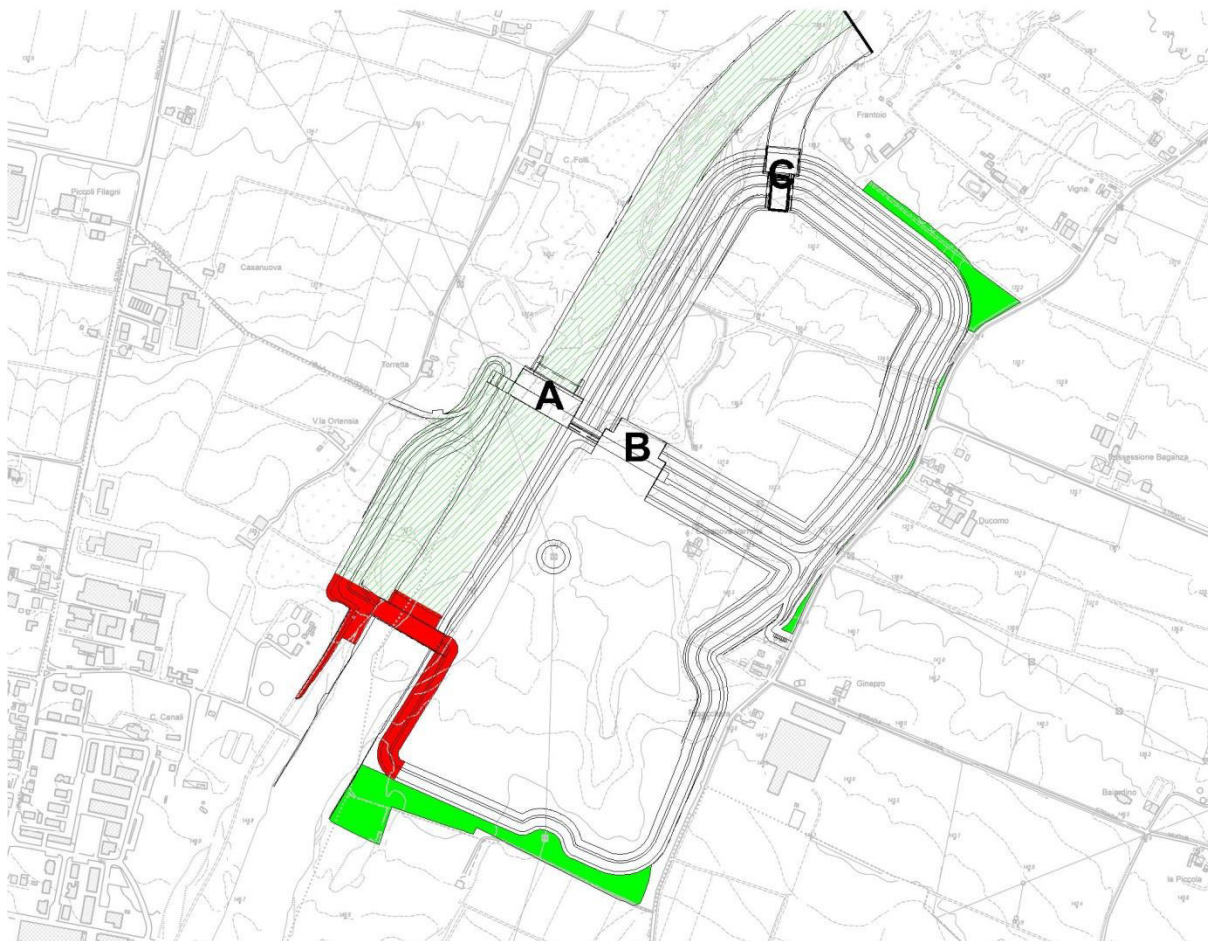
In questa fase il traffico previsto consiste unicamente in 23 mezzi/h. I percorsi utilizzati sono quelli descritti nella Fig. 3.1. Le ipotesi di utilizzo dei 3 percorsi sono:

- i mezzi si ripartiscono equamente su tutti i percorsi con un flusso di 8 mezzi/h;
- i mezzi percorreranno solamente la pista n. 2 lungo il T. Baganza fino alla tangenziale ovest, per un totale di 23 mezzi/h.



**FASE 4:**

REALIZZAZIONE DELLA BRIGLIA E DELLE ARGINATURE EST ED OVEST A MONTE DELLA STESSA



L'operazione consiste in scavi di fondazione, getto del calcestruzzo per la formazione della briglia, formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati e realizzazione dei diaframmi costituiti da pali e micropali. Si prevede l'impiego dei seguenti mezzi.

Sorgente	Dist. m	Leq dBA	Lw dBA
Ruspa DOZER CAT D6N (150 kW)	-	-	107,9
Escavatore CAT 330 DL (200 kW)	-	-	105,3
Compattatore vibrante (155 kw)	-	-	110,1
Autobetoniera durante il getto	4,5	84,9	109
Autocarro	4	74,1	97,1
Trivella cingolata idraulica per micropali	6	77,8	104,4
Escav. per pali Solmec R312HD	5	81,2	106,2
Motocompressore (70 kW)			98,7

Sorgente	Dist. m	Leq dBA	Lw dBA
Scavi di fondazione con escavatore e 2 autocarri in avvicendamento		106,5 dBA	
Formazione di rilevati arginali con 1 ruspa, 2 autocarri e 1 compattatore vibrante		112,4 dBA	
Formazione della briglia con un'autobetoniera durante il getto e altre due in avvicendamento paragonabili ad un autocarro		109,5 dBA	
Realizzazione dei diaframmi con 1 escavatore per pali, 1 escavatore per micropali, 2 autobetoniere in avvicendamento paragonabili ad un autocarro e un moto compressore		109,4 dBA	

I ricettori coinvolti nelle operazioni di scavo delle fondazioni, formazione rilevati arginali e formazione della briglia sono quelli di seguito descritti.

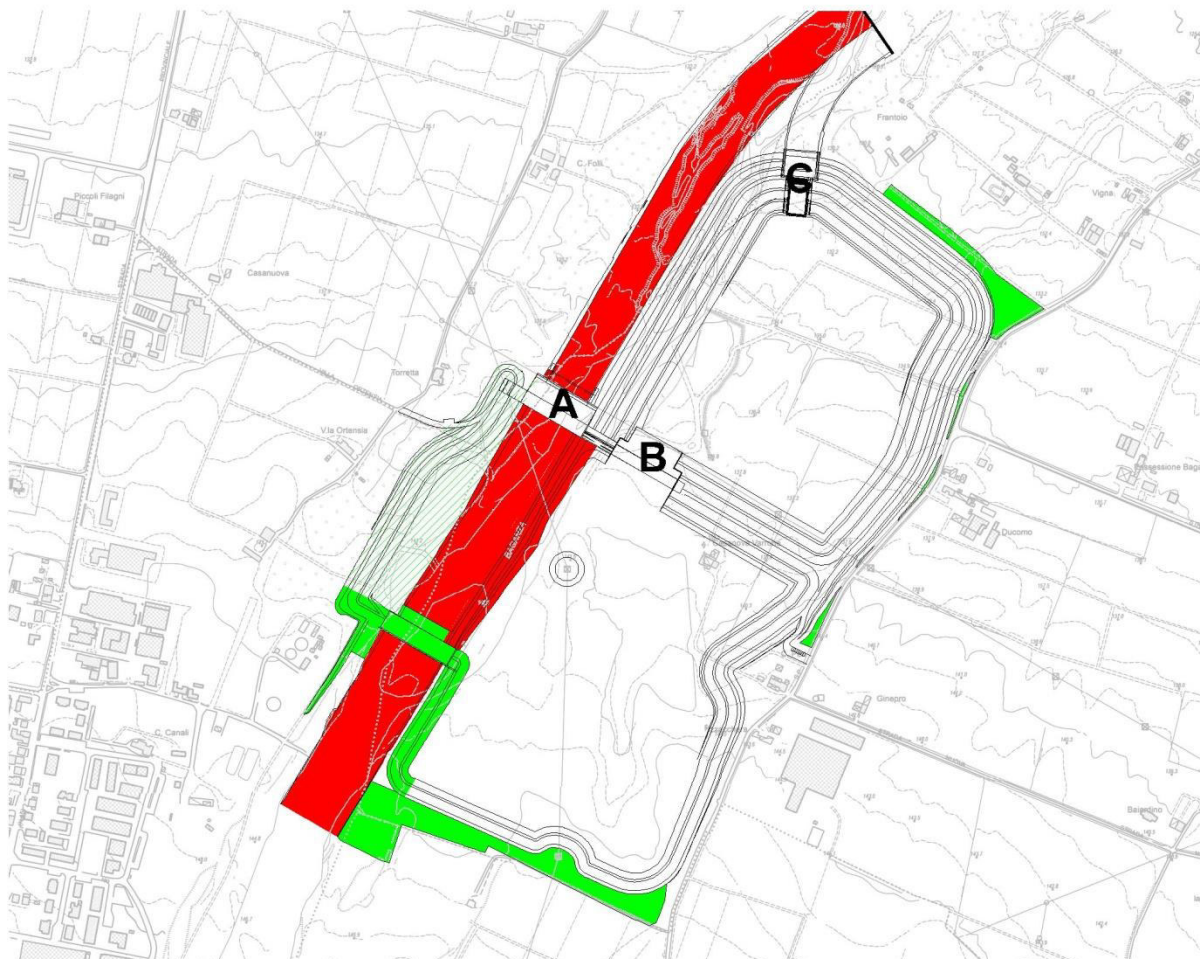
Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza minima dalle lavorazioni
R21	Torretta	Collecchio	Abitato	379
R22	Villa Ortensia	Sala Baganza	Abitato	231
R23	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	316
R27	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato - rudere	165

I ricettori coinvolti nelle operazioni di realizzazione dei diaframmi sono quelli di seguito descritti.

R12	Pizzachera	Parma	Abitato	132
R13	Ginepro	Parma	Abitato	222
R14	Ducomo	Parma	Abitato	246
R15	Ducomo	Parma	Abitato	204
R16	Ducomo	Parma	Abitato	216
R17	Vigna	Parma	Abitato	307
R18	Vigna	Parma	Abitato	373
R19	C. Folli	Collecchio	Abitato	358
R20	C. Folli	Collecchio	Abitato	383
R21	Torretta	Collecchio	Abitato	140
R22	Villa Ortensia	Sala Baganza	Abitato	242
R23	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	348
R27	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato - rudere	220
R29	Ginepro	Parma	Abitato	215

In questa fase il traffico previsto consiste in 4 mezzi/h. I percorsi utilizzati sono quelli descritti nella Fig. 3.1. Le ipotesi di utilizzo dei 3 percorsi sono:

- i mezzi si ripartiscono equamente su tutti i percorsi con un flusso di 1,3 mezzi/h (arrotondato cautelativamente a 2 mezzi/h);
- i mezzi percorreranno solamente la pista n. 2 lungo il T. Baganza fino alla tangenziale ovest, per un totale di 4 mezzi/h.

**FASE 5:**
**RISEZIONAMENTO ALVEO DEFINITIVO E REALIZZAZIONE DIFESA SPONDALE ALVEO A MONTE DEL MANUFATTO "A"**


L'operazione consiste in scavi nell'alveo e sulle rive del T. Baganza, nella formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati e, infine nella formazione delle difese spondali. Si prevede l'impiego dei seguenti mezzi.

Sorgente	Dist. m	Leq dBA	Lw dBA
Ruspa DOZER CAT D6N (150 kW)	-	-	107,9
Escavatore CAT 330 DL (200 kW)	-	-	105,3
Autocarro	4	74,1	97,1
Scavi con escavatore e 2 autocarri in avvicendamento		106,5 dBA	
Formazione di rilevati arginali con 1 ruspa e 2 autocarri		108,6 dBA	
Formazione di difese spondali con escavatore e 2 autocarri in avvicendamento		106,5 dBA	

I ricettori coinvolti in tale operazione sono.

Ricettore	Località	Comune di	Condizioni	Distanza minima dalle
-----------	----------	-----------	------------	-----------------------

		<b>appartenenza</b>	<b>abitative</b>	<b>lavorazioni</b>
R19	C. Folli	Collecchio	Abitato	331
R20	C. Folli	Collecchio	Abitato	342
R21	Torretta	Collecchio	Abitato	90
R22	Villa Ortensia	Sala Baganza	Abitato	108
R23	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	310
R27	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato - rudere	160
R28	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato ma in corso di ristrutturazione	455

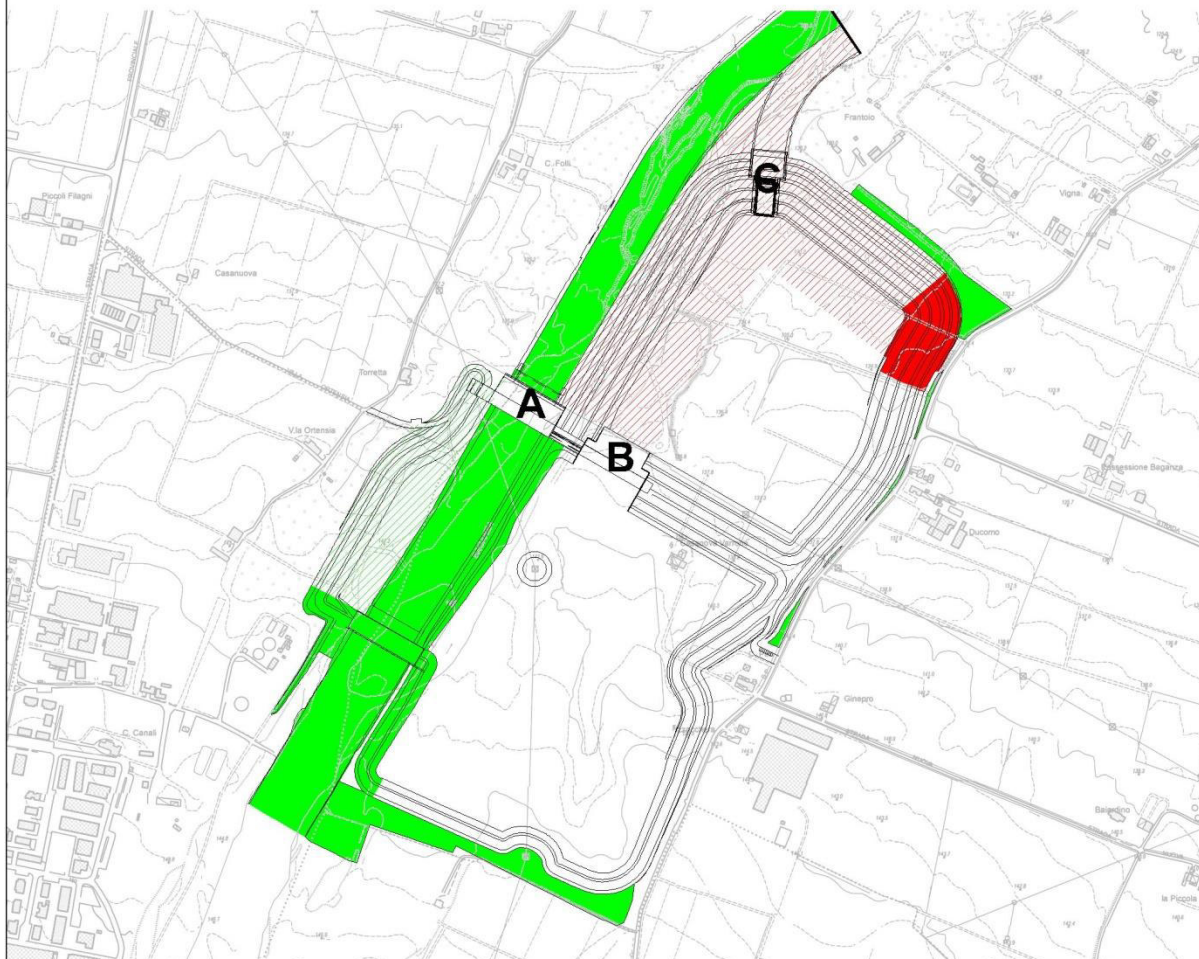
In questa fase il traffico previsto consiste in 23 mezzi/h. I percorsi utilizzati sono quelli descritti nella Fig. 3.1. Le ipotesi di utilizzo dei 3 percorsi sono:

- i mezzi si ripartiscono equamente su tutti i percorsi con un flusso di 8 mezzi/h;
- i mezzi percorreranno solamente la pista n. 2 lungo il T. Baganza fino alla tangenziale ovest, per un totale di 23 mezzi/h.



**FASE 6:**

INIZIO DEGLI SCAVI IN ALVEO A PARTIRE DALLE ZONE NORD E OVEST E REIMPIEGO DEL MATERIALE IDONEO PER LE ARGINATURE EST



L'operazione consiste in scavi nell'alveo e sulle rive del T. Baganza, nella formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati. Si prevede l'impiego dei seguenti mezzi.

Sorgente	Dist. m	Leq dBA	Lw dBA
Ruspa DOZER CAT D6N (150 kW)	-	-	107,9
Escavatore CAT 330 DL (200 kW)	-	-	105,3
Compattatore vibrante (155 kw)	-	-	110,1
Autocarro	4	74,1	97,1
Scavi con escavatore e 2 autocarri in avvicendamento		106,5 dBA	
Formazione di rilevati arginali con 1 ruspa, 2 autocarri e 1 compattatore vibrante		112,4 dBA	

I ricettori coinvolti in tale operazione sono.

Ricettore	Località	Comune di	Condizioni	Distanza minima dalle
-----------	----------	-----------	------------	-----------------------

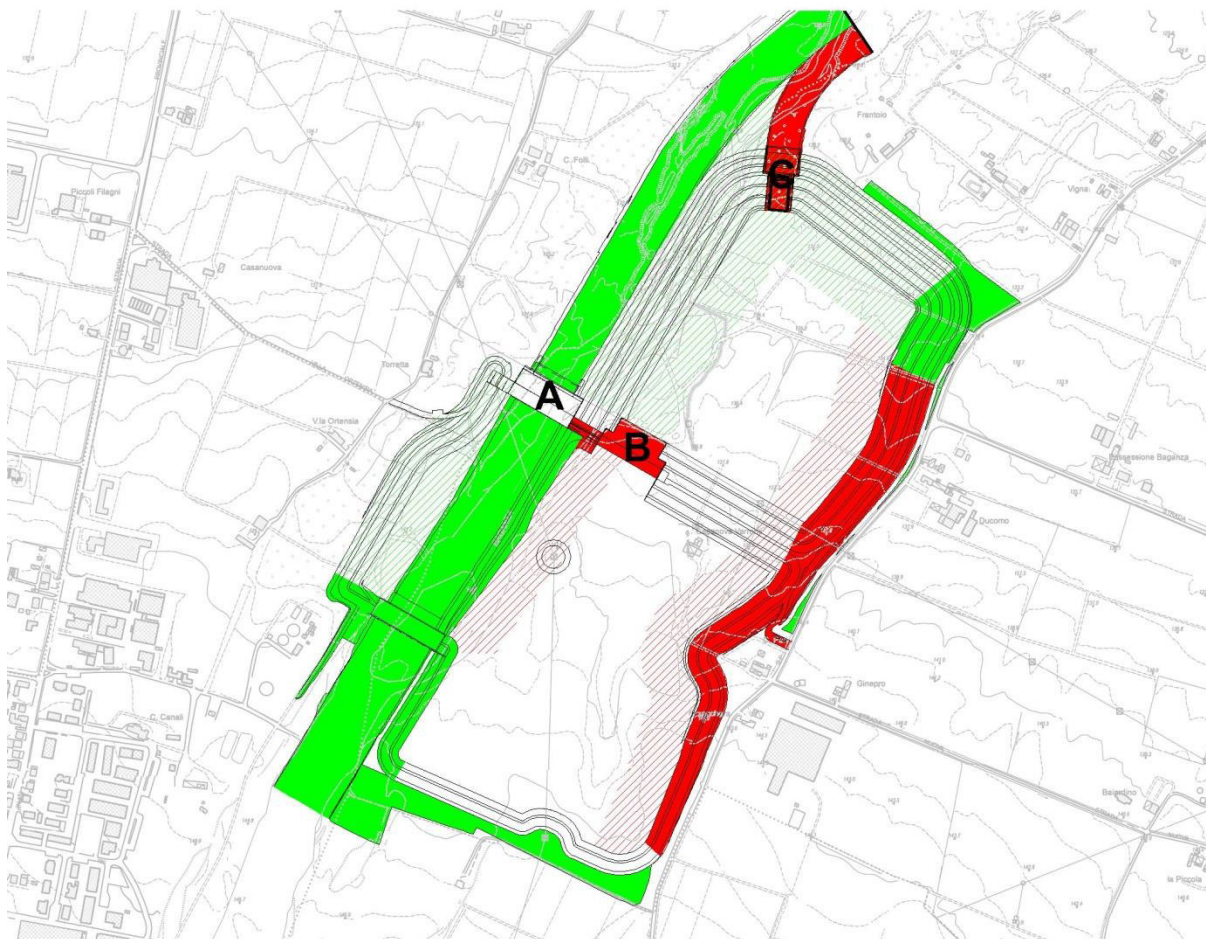
		<b>appartenenza</b>	<b>abitative</b>	<b>lavorazioni</b>
R12	Pizzachera	Parma	Abitato	428
R14	Ducomo	Parma	Abitato	374
R15	Ducomo	Parma	Abitato	350
R16	Ducomo	Parma	Abitato	402
R17	Vigna	Parma	Abitato	200
R18	Vigna	Parma	Abitato	273
R19	C. Folli	Collecchio	Abitato	269
R20	C. Folli	Collecchio	Abitato	297
R21	Torretta	Collecchio	Abitato	306
R22	Villa Ortensia	Sala Baganza	Abitato	446

In questa fase il traffico previsto consiste in 23 mezzi/h. I percorsi utilizzati sono quelli descritti nella Fig. 3.1. Le ipotesi di utilizzo dei 3 percorsi sono:

- i mezzi si ripartiscono equamente su tutti i percorsi con un flusso di 8 mezzi/h;
- i mezzi percorreranno solamente la pista n. 2 lungo il T. Baganza fino alla tangenziale ovest, per un totale di 23 mezzi/h.

**FASE 7:**

PROSEGUO DEGLI SCAVI E FORMAZIONE DELLE ARGINATURE LATO EST. REALIZZAZIONE DEI MANUFATTI "B" E "C"



L'operazione consiste in scavi sulle rive del T. Baganza, nella formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati e nella realizzazione dei manufatti in calcestruzzo. Si prevede l'impiego dei seguenti mezzi.

Sorgente	Dist. m	Leq dBA	Lw dBA
Ruspa DOZER CAT D6N (150 kW)	-	-	107,9
Escavatore CAT 330 DL (200 kW)	-	-	105,3
Compattatore vibrante (155 kw)	-	-	110,1
Autobetoniera durante il getto	4,5	84,9	109
Autocarro	4	74,1	97,1
Motopompa Univac	4	86	109
Scavi con escavatore e 2 autocarri in avvicendamento	106,5 dBA		
Formazione di rilevati arginali con 1 ruspa, 2 autocarri e 1 compattatore vibrante	112,4 dBA		
Formazione dei manufatti con un'autobetoniera durante il getto, una motopompa e altre due in avvicendamento	112,2 dBA		



paragonabili ad un autocarro	
------------------------------	--

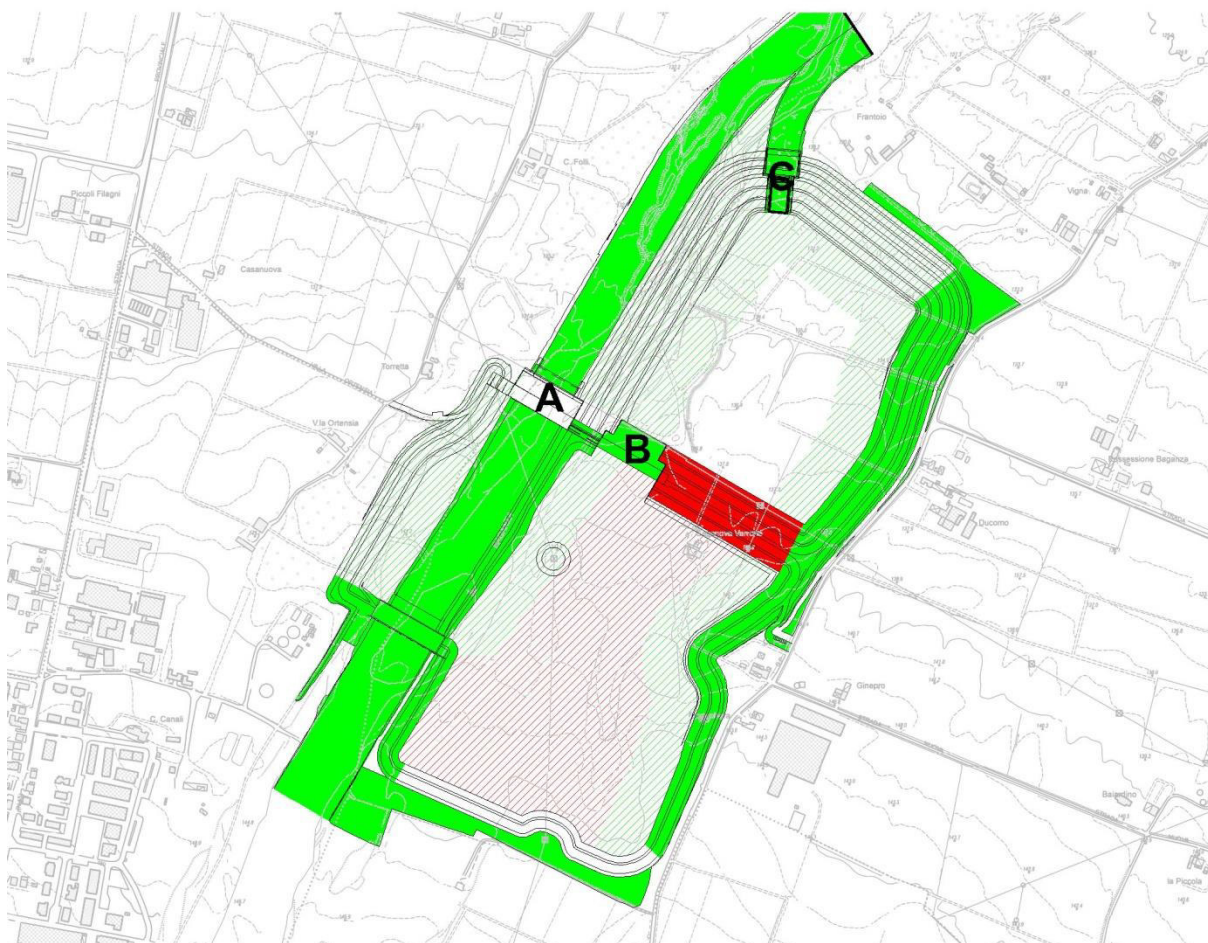
I ricettori coinvolti in tale operazione sono.

Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza minima dalle lavorazioni (scavi e argini)	Distanza minima dalle lavorazioni (manufatti)
R10	Casale	Felino	Abitato	474	
R11	Alessandrini	Felino	Abitato	268	
R12	Pizzachera	Parma	Abitato	40	398
R13	Ginepro	Parma	Abitato	158	481
R14	Ducomo	Parma	Abitato	24	440
R15	Ducomo	Parma	Abitato	20	440
R16	Ducomo	Parma	Abitato	60	492
R17	Vigna	Parma	Abitato	190	495
R18	Vigna	Parma	Abitato	265	415
R19	C. Folli	Collecchio	Abitato	270	402
R20	C. Folli	Collecchio	Abitato	301	432
R21	Torretta	Collecchio	Abitato	80	368
R22	Villa Ortensia	Sala Baganza	Abitato	174	490
R23	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	341	
R27	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato - rudere	156	
R29	Ginepro	Parma	Abitato	20	465

In questa fase il traffico previsto consiste in 28 mezzi/h (23 mezzi/h per trasporto ghiaie + 5 mezzi/h per trasporto calcestruzzo). I percorsi utilizzati sono quelli descritti nella Fig. 3.1. Le ipotesi di utilizzo dei 3 percorsi sono:

- i mezzi si ripartiscono equamente su tutti i percorsi con un flusso di 9 mezzi/h;
- i mezzi percorreranno solamente la pista n. 2 lungo il T. Baganza fino alla tangenziale ovest, per un totale di 28 mezzi/h.

**FASE 8:**  
COMPLETAMENTO SCAVO COMPARTO 1 E INIZIO ARGINATURE TRA 1 E 2



L'operazione consiste in scavi sulle rive del T. Baganza, nella formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati. Si prevede l'impiego dei seguenti mezzi.

Sorgente	Dist. m	Leq dBA	Lw dBA
Ruspa DOZER CAT D6N (150 kW)	-	-	107,9
Escavatore CAT 330 DL (200 kW)	-	-	105,3
Compattatore vibrante (155 kw)	-	-	110,1
Autocarro	4	74,1	97,1
Scavi con escavatore e 2 autocarri in avvicinamento		106,5 dBA	
Formazione di rilevati arginali con 1 ruspa, 2 autocarri e 1 compattatore vibrante		112,4 dBA	



Nella fase 8 le lavorazioni previste, in termini acustici, offrono uno scenario completamente diverso, la realizzazione di quasi tutte le arginature esterne della cassa costruiscono delle barriere alla propagazione del rumore.

I ricettori coinvolti in tale operazione sono.

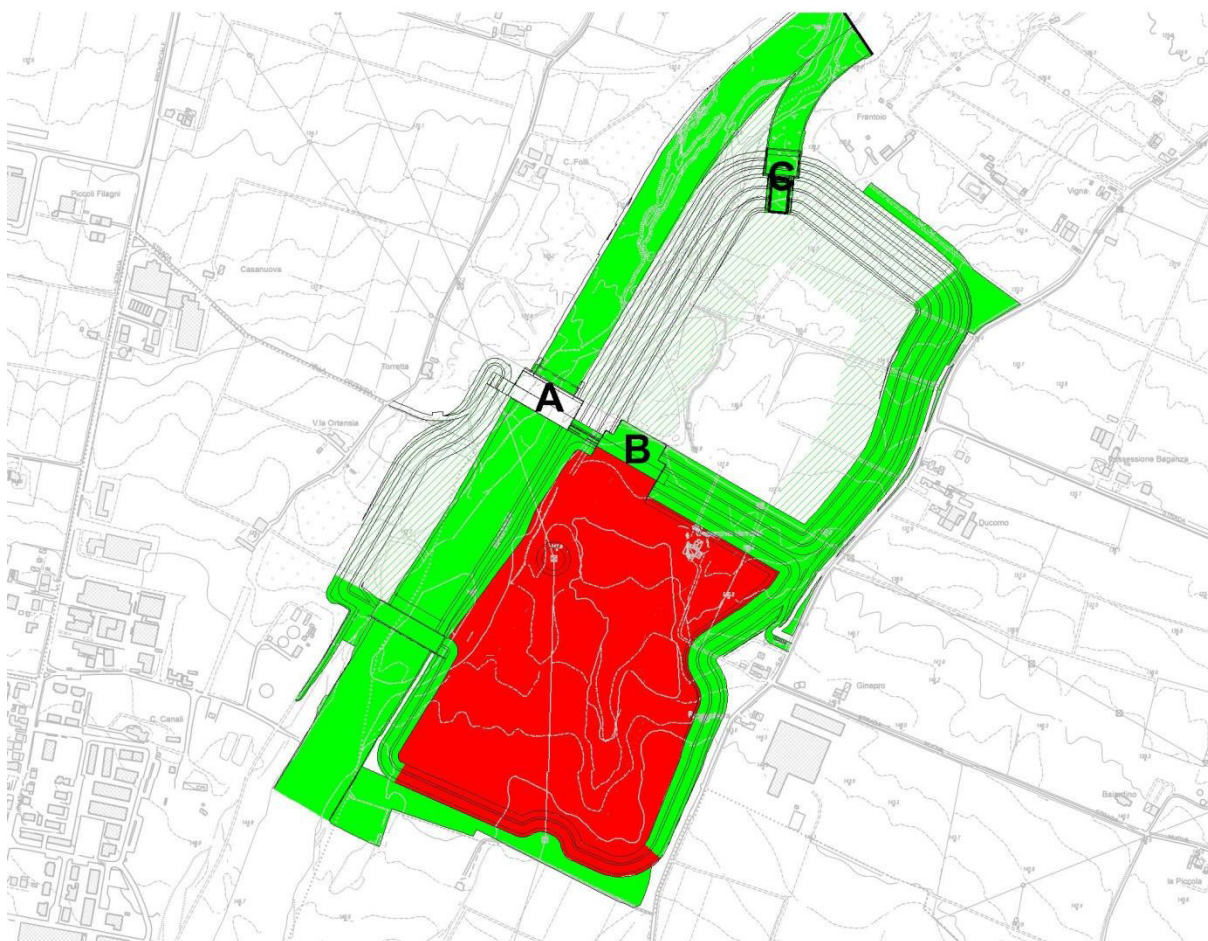
<b>Ricettore</b>	<b>Località</b>	<b>Comune di appartenenza</b>	<b>Condizioni abitative</b>	<b>Distanza minima dalle lavorazioni (scavi)</b>	<b>Distanza minima dalle lavorazioni (argini)</b>
R8	Casale	Felino	Abitato	440	
R9	Casale	Felino	Abitato	432	
R10	Casale	Felino	Abitato	384	
R11	Alessandrini	Felino	Abitato	200	
R12	Pizzachera	Parma	Abitato	150	163
R13	Ginepro	Parma	Abitato	300	246
R14*	Ducomo	Parma	Abitato	374	220
R15*	Ducomo	Parma	Abitato	376	248
R16*	Ducomo	Parma	Abitato	437	285
R21	Torretta	Collecchio	Abitato	341	462
R22	Villa Ortensia	Sala Baganza	Abitato	333	
R23	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	493	
R27	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato - rudere	487	
R29	Ginepro	Parma	Abitato	130	268

\* ricettori schermati dalle arginature della cassa

In questa fase il traffico previsto consiste in 23 mezzi/h. I percorsi utilizzati sono quelli descritti nella Fig. 3.1. Le ipotesi di utilizzo dei 3 percorsi sono:

- i mezzi si ripartiscono equamente su tutti i percorsi con un flusso di 8 mezzi/h;
- i mezzi percorreranno solamente la pista n. 2 lungo il T. Baganza fino alla tangenziale ovest, per un totale di 23 mezzi/h.

## FASE 9: COMPLETAMENTO ARGINE EST E COMPARTO 1



L'operazione consiste in scavi sulle rive del T. Baganza. Si prevede l'impiego dei seguenti mezzi.

Sorgente	Dist. m	Leq dBA	Lw dBA
Ruspa DOZER CAT D6N (150 kW)	-	-	107,9
Escavatore CAT 330 DL (200 kW)	-	-	105,3
Compattatore vibrante (155 kw)	-	-	110,1
Autocarro	4	74,1	97,1
Scavi con escavatore e 2 autocarri in avvicendamento		106,5 dBA	

I ricettori coinvolti in tale operazione sono.

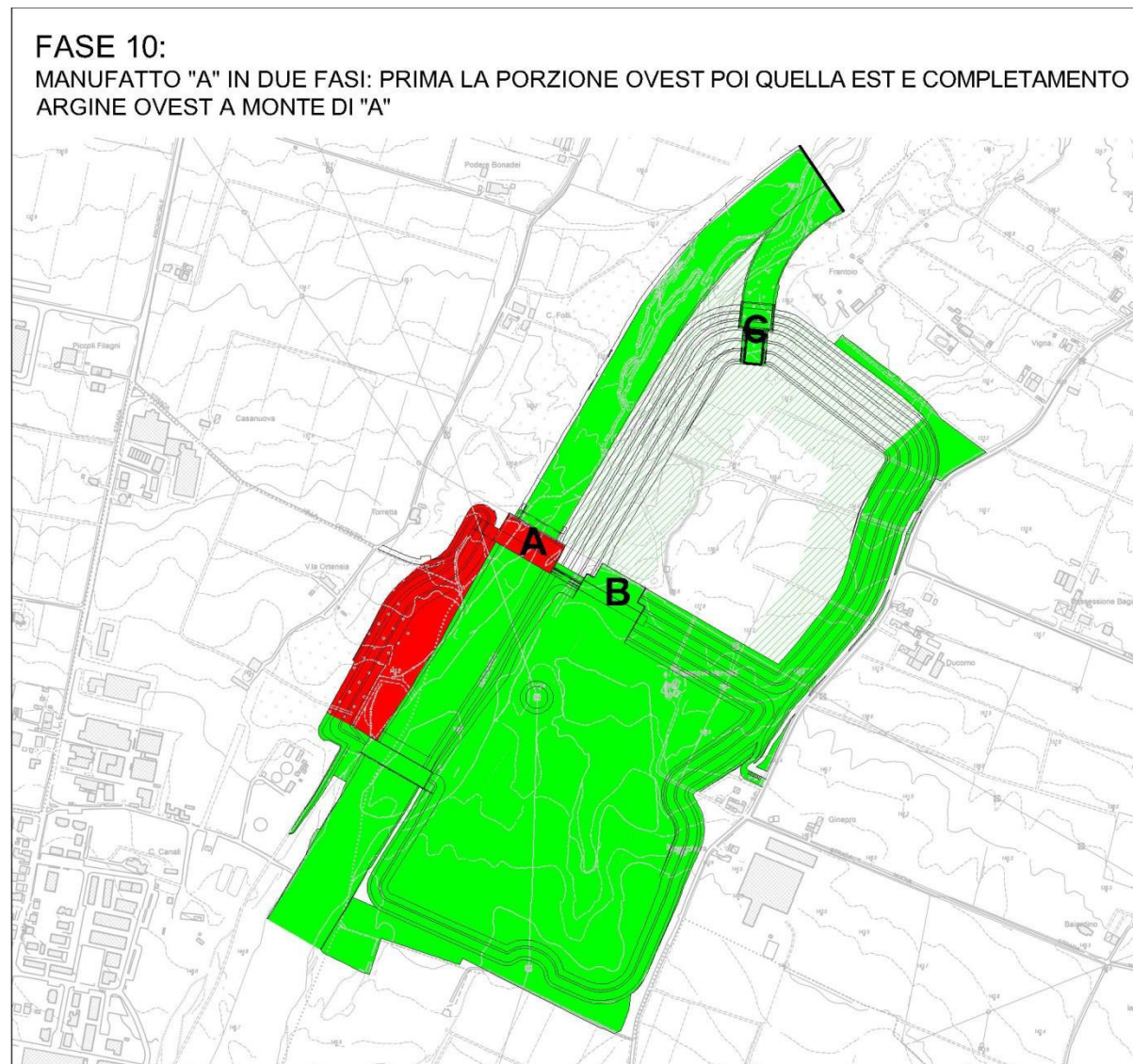
Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza minima dalle lavorazioni (scavi)
R8	Casale	Felino	Abitato	440
R9	Casale	Felino	Abitato	432
R10	Casale	Felino	Abitato	384



R11	Alessandrini	Felino	Abitato	200
-----	--------------	--------	---------	-----

In questa fase il traffico previsto consiste in 23 mezzi/h. I percorsi utilizzati sono quelli descritti nella Fig. 3.1. Le ipotesi di utilizzo dei 3 percorsi sono:

- i mezzi si ripartiscono equamente su tutti i percorsi con un flusso di 8 mezzi/h;
- i mezzi percorreranno solamente la pista n. 2 lungo il T. Baganza fino alla tangenziale ovest, per un totale di 23 mezzi/h.



L'operazione consiste nella formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati e nella realizzazione dei manufatti in calcestruzzo. Si prevede l'impiego dei seguenti mezzi.

Sorgente	Dist. m	Leq dBA	Lw dBA
Ruspa DOZER CAT D6N (150 kW)	-	-	107,9
Compattatore vibrante (155 kw)	-	-	110,1
Autobetoniera durante il getto	4,5	84,9	109
Autocarro	4	74,1	97,1
Motopompa Univac	4	86	109
Formazione di rilevati arginali con 1 ruspa, 2 autocarri e 1 compattatore vibrante	112,4 dBA		
Formazione dei manufatti con un'autobetoniera durante il getto, motopompa e altre due autobetoniere in avvicendamento paragonabili ad un autocarro	112,3 dBA		

I ricettori coinvolti in tale operazione sono.

Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza minima dagli argini della cassa	Distanza minima dal manufatto
R19	C. Folli	Collecchio	Abitato	352	352
R20	C. Folli	Collecchio	Abitato	373	373
R21	Torretta	Collecchio	Abitato	80	170
R22	Villa Ortensia	Sala Baganza	Abitato	174	344
R23	Str. Canali	Sala Baganza	Abitato	341	
R27	Via Aguzzoli	Sala Baganza	Disabitato - rudere	156	

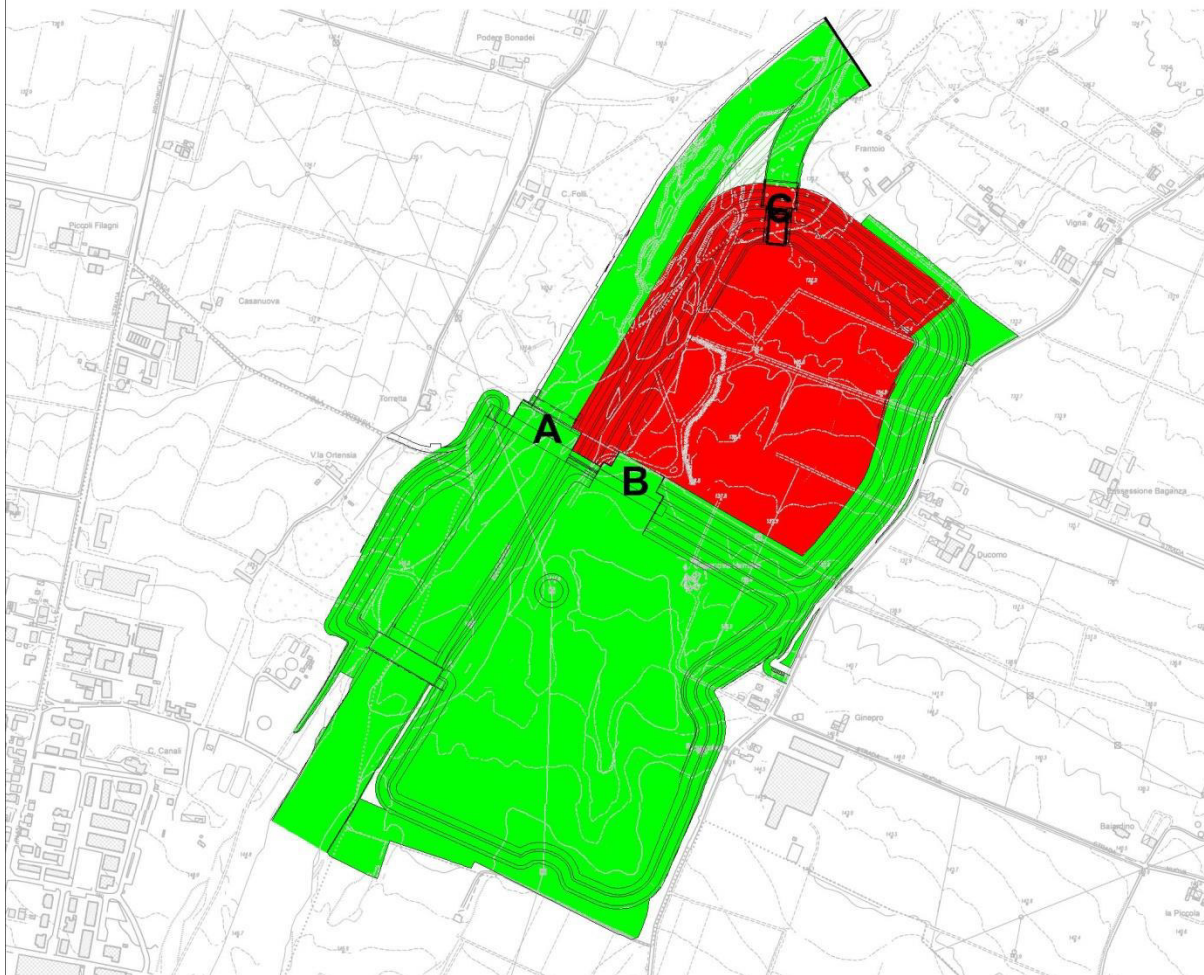
In questa fase il traffico previsto consiste in 5 mezzi/h. I percorsi utilizzati sono quelli descritti nella Fig.

3.1. Le ipotesi di utilizzo dei 3 percorsi sono:

- i mezzi si ripartiscono equamente su tutti i percorsi con un flusso di 2 mezzi/h;
- i mezzi percorreranno solamente la pista n. 2 lungo il T. Baganza fino alla tangenziale ovest, per un totale di 5 mezzi/h.



**FASE 11:**  
**COMPLETAMENTO SCAVO COMPARTO 2 ED ARGINATURE OVEST E NORD DEL MEDESIMO**  
**COMPARTO**



L'operazione consiste in scavi sulle rive del T. Baganza, nella formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati. Si prevede l'impiego dei seguenti mezzi.

Sorgente	Dist. m	Leq dBA	Lw dBA
Ruspa DOZER CAT D6N (150 kW)	-	-	107,9
Escavatore CAT 330 DL (200 kW)	-	-	105,3
Compattatore vibrante (155 kw)	-	-	110,1
Autocarro	4	74,1	97,1
Scavi con escavatore e 2 autocarri in avvicendamento		106,5 dBA	
Formazione di rilevati arginali con 1 ruspa, 2 autocarri e 1 compattatore vibrante		112,4 dBA	

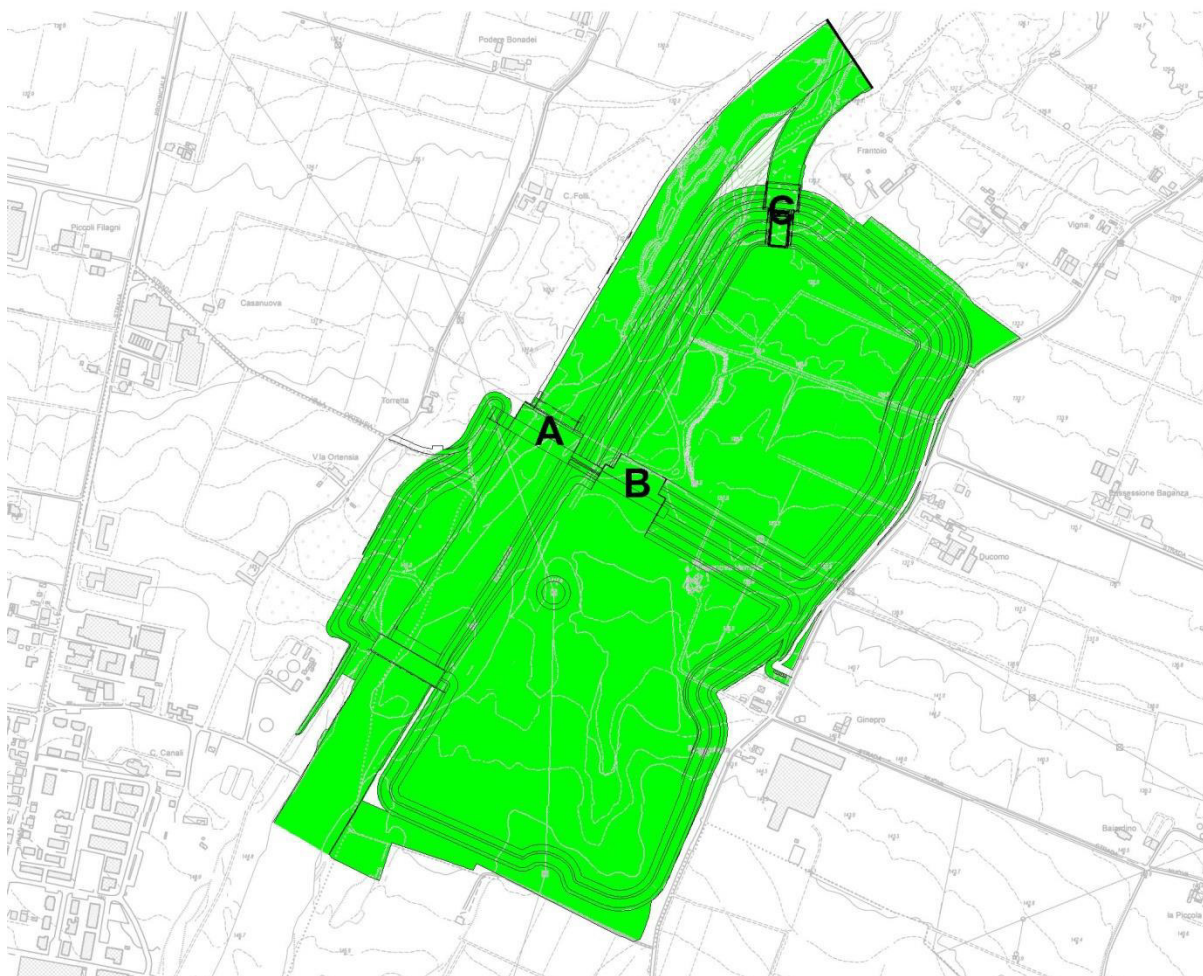
I ricettori coinvolti in tale operazione sono.

Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza minima dagli argini	Distanza minima dalle zone di scavo
R12	Pizzachera	Parma	Abitato	289	428
R14	Ducomo	Parma	Abitato	150	374
R15	Ducomo	Parma	Abitato	100	350
R16	Ducomo	Parma	Abitato	150	402
R17	Vigna	Parma	Abitato	305	200
R18	Vigna	Parma	Abitato	383	273
R19	C. Folli	Collecchio	Abitato	360	269
R20	C. Folli	Collecchio	Abitato	390	297
R21	Torretta	Collecchio	Abitato	361	306
R22	Villa Ortensia	Sala Baganza	Abitato	531	446

I ricettori sono schermati dalle arginature della cassa nelle operazioni di scavo, ma non in quelle di formazione dei rilevati arginali.

## FASE 12:

SMANTELLAMENTO CANTIERE E COMPLETAMENTO/RIPRISTINO PIANTUMAZIONI





Nella fase di smantellamento del cantiere le operazioni rumorose sono decisamente più contenute rispetto alle precedenti fasi. Si tratta delle operazioni di smantellamento delle recinzioni e dei baraccamenti. Nei quali potranno essere utilizzati autocarri equipaggiati con gru.

## 6. VALUTAZIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO

### 6.1. Impatto acustico generato dal trasporto dei materiali inerti sulla viabilità pubblica e di cantiere

Il percorso tra il cantiere della cassa Baganza e le zone di destinazione delle terre e rocce da scavo e di rifornimento del materiale prevede 3 soluzioni:

1. Primo percorso: dall'area di cantiere attraversa mediante guado il T. Baganza, s'immette in stradello Canali, devia in direzione nord seguendo il margine orientale di una lottizzazione industriale per confluire sulla S.P. 15 di Calestano all'altezza della località Piccoli Filagni, dopo aver percorso un tratto di strada Comunale Aguzzoli;
2. Secondo percorso: dall'area di cantiere si segue in direzione nord il letto del T. Baganza per immettersi sulla Tangenziale ovest presso il ponte sul T. Baganza;
3. Terzo percorso: dall'area di cantiere segue in direzione sud una vecchia pista in fregio al T. Baganza in destra orografica per immettersi sulla viabilità pubblica dopo un tragitto di circa 2,0 km sulla S.P. 15 di Calestano in corrispondenza della rotatoria tra la stessa S.P. di Calestano, la S.P. Pedemontana e la S.P. Montanara.

Il traffico potrebbe concentrarsi unicamente sul percorso 2 o potrebbe essere equamente ripartito su tutti i percorsi individuati.

Nella situazione maggiormente critica (sovrapposizione del traffico indotto per il trasporto delle ghiaie in esubero e del calcestruzzo) se si considera l'utilizzo esclusivo del percorso 2 saranno attesi 28 veicoli/h, mentre ipotizzando di utilizzare tutti e 3 i percorsi il traffico atteso per ciascuna viabilità sarà pari a 9 veicoli/h.

Applicando gli algoritmi del modello SEL (v. Allegato B1), alimentato con i dati di traffico indicati, si ottiene per i potenziali ricettori esposti la situazione d'impatto descritta in seguito.

Nei calcoli tabulati sono stati considerati i seguenti parametri:

- velocità media di percorrenza: compresa tra 30 e 50 km/h;
- veicoli industriali pesanti:  $SEL_{VIP} = 83,9$  dBA;

La relazione per il calcolo del livello sonoro equivalente nello spazio  $L_{Aeq}$ , mediante modello matematico SEL (v. Allegato B1), è la seguente.

$$L_{Aeq} = 10 \times \log \left[ \frac{1}{3600} \left( N_{vip} \times 10^{\frac{SEL(vip)}{10}} \right) \right] + \Delta L_v + \Delta L_s + \Delta L_G + \Delta L_Z - \Delta L_{dis\ tan\ za} - \Delta L_{suolo} - \Delta L_{aria}$$

dove:

$\Delta L_v$  = fattore di correzione per le diverse velocità medie del flusso da traffico;

$\Delta L_s$  = fattore di correzione per il tipo di manto stradale;

$\Delta L_G$  = fattore di correzione per la pendenza della strada;

$\Delta L_z$  = fattore di correzione per il tipo di strada aperta o chiusa da mure cittadine;

$\Delta L_{\text{distanza}} = 10 \times \log[(d + D)/(D \times \cos \delta)];$

$\Delta L_{\text{suolo}} = (1 - e^{-d/300}) \times (1 + 20/h_m);$

$\Delta L_{\text{aria}} = 0,005 \times d;$

$d$  = distanza tra ciglio della strada e ricettore;

$h_m$  = altezza media sorgente ricettore;

$\delta$  = angolo formato dall'orizzontale e dalla congiungente tra sorgente e ricettore;

$N_{vip}$  = numero veicoli industriali pesanti per ora;

$D$  = distanza tra ciglio della strada (punto di osservazione) e mezzera stradale;

$V_m$  = velocità media flusso traffico;

$h_r$  = altezza ricettore;

$h_s$  = altezza sorgente.

Tabella 6.1 – Risultati della situazione d'impatto per i ricettori nel caso di utilizzo come percorso dei mezzi di trasporto del percorso 1 con un traffico di 9 veicoli/h

Ricettore	Leq mezzi d'opera	Leq ante-operam	Leq post-operam	differenza	Limite assoluto diurno	Zona Acustica	Superamento	Limite Cantieri	Superamento
	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA			dBA	
R21	34,7	42,8	43,4	0,6	60,0	III	NO	70	NO
R22	35,7	44	44,6	0,6	60,0	III	NO	70	NO
R23	46,7	44,1	48,6	4,5	60,0	III	NO	70	NO
R25	35,4	55,8	55,8	0,0	60,0	III	NO	70	NO
R26	35,6	56,1	56,1	0,0	60,0	III	NO	70	NO
R27	44,6	45,4	48,0	2,6	60,0	III	NO	70	NO
R28	51,0	50,9	54,0	3,1	60,0	III	NO	70	NO

Analizzando la precedente tabella non si ravvisano situazioni conflittuali tra i livelli di rumore calcolati e i limiti dettati dalla normativa vigente in materia.



Tabella 6.2 – Risultati della situazione d'impatto per i ricettori nel caso di utilizzo come percorso dei mezzi di trasporto del percorso 2 con un traffico di 28 veicoli/h

Ricettore	Leq mezzi d'opera	Leq ante-operam	Leq post-operam	differenza	Limite assoluto diurno	Zona Acustica	Superamento	Limite Cantieri	Superamento
	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA			dBA	
R2	46,7	59,3	59,5	0,2	60,0	III	NO	70	NO
R3	48,7	59,3	59,7	0,4	60,0	III	NO	70	NO
R4	51,1	59,3	59,9	0,6	60,0	III	NO	70	NO
R5	49,1	59,3	59,7	0,4	60,0	III	NO	70	NO
R6	52,0	59,4	60,1	0,7	60,0	III	NO	70	NO

Analizzando la precedente tabella si ravvisa al ricettore R6 una situazione conflittuale tra i livelli di rumore calcolati e i limiti dettati dalla normativa vigente in materia. Il superamento è di qualche frazione di dBA.

Tabella 6.3 – Risultati della situazione d'impatto per i ricettori nel caso di utilizzo come percorso dei mezzi di trasporto del percorso 2 con un traffico di 9 veicoli/h

Ricettore	Leq mezzi d'opera	Leq ante-operam	Leq post-operam	differenza	Limite assoluto diurno	Zona Acustica	Superamento	Limite Cantieri	Superamento
	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA			dBA	
R2	41,8	59,3	59,4	0,1	60,0	III	NO	70	NO
R3	43,8	59,3	59,4	0,1	60,0	III	NO	70	NO
R4	46,1	59,3	59,5	0,2	60,0	III	NO	70	NO
R5	44,2	59,3	59,4	0,1	60,0	III	NO	70	NO
R6	47,0	59,4	59,6	0,2	60,0	III	NO	70	NO

Tabella 6.4 – Risultati della situazione d'impatto per i ricettori nel caso di utilizzo come percorso dei mezzi di trasporto del percorso 3 con un traffico di 9 veicoli/h

Ricettore	Leq mezzi d'opera	Leq ante-operam	Leq post-operam	differenza	Limite assoluto diurno	Zona Acustica	Superamento	Limite Cantieri	Superamento
	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA			dBA	
R1	36,2	53,1	53,2	0,1	60,0	III	NO	70	NO

Ricettore	Leq mezzi d'opera	Leq ante- operam	Leq post- operam	differen- za	Limite assoluto diurno	Zona Acustica	Superamento	Limite Cantieri	Superamento
	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA			dBA	
R22	32,4	44	44,3	0,3	60,0	III	NO	70	NO
R23	35,7	44,1	44,7	0,6	60,0	III	NO	70	NO

Analizzando la precedenti tabelle non si ravvisano situazioni conflittuali tra i livelli di rumore calcolati e i limiti dettati dalla normativa vigente in materia.

Si osserva inoltre che la migliore soluzione viabilistica è quella di ripartire il traffico su tutti e 3 i percorsi individuati. Nel caso si volesse utilizzare unicamente il percorso 2 sarebbe necessario monitorare il rumore presso il ricettore R6 e nel caso i livelli previsionali fossero maggiori di quelli calcolati prevedere dei sistemi attivi o passivi di contenimento del rumore.

Siccome in sede di progetto esecutivo potrebbero emergere variazioni sulla distribuzione del traffico si rimanda ogni altra soluzione alla successiva fase di progettazione esecutiva.

## 6.2. Impatto acustico generato dal cantiere della cassa d'espansione del T. Baganza

Il calcolo del Livello equivalente indotto dalle principali fasi lavorative è stato effettuato utilizzando la seguente relazione (modello matematico ISO9613; v. Allegato B2):

$$L_p = L_w + DC - A_{div} + A_{atm} + A_{gr} = L_w + \left[ 10 \times \log \left( 1 + \frac{d^2 + (h_s - h_R)^2}{d^2 + (h_s + h_R)^2} \right) \right] - \left[ 20 \times \log \left( \frac{d}{d_0} \right) + 11 \right] - \left[ \frac{\alpha \times d}{1000} \right] - \left[ 4,8 - \left( \frac{2 \times h_m}{d} \right) \times \left( 17 + \frac{300}{d} \right) \right]$$

dove:

$L_p$  = livello sonoro nella posizione del ricevitore;

$L_w$  = livello di potenza sonora della sorgente;

DC = indice di direttività della sorgente;

$A_{div}$  = attenuazione dovuta alla divergenza geometrica;

$A_{atm}$  = attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico;

$A_{gr}$  = attenuazione dovuta all'effetto del suolo;

d = distanza tra sorgente e ricevitore;

$h_m$  = altezza media tra sorgente e ricevitore;

$h_s$  = altezza sorgente;

$h_R$  = altezza ricevitore;



$\alpha$  = coefficiente di attenuazione (8,686/1000 dB);

### 6.2.1. Risultati ottenuti durante la fase 1

La fase 1 consiste in trivellazioni effettuate con una maglia regolare fissata dai parametri di progetto. Il calcolo del livello sonoro ai ricettori è stato effettuato sulla base delle seguenti considerazioni:

- gli aspetti climatici considerati sono “l’Umidità relativa media annua durante il periodo diurno”, pari a UR = 50%, e la “Temperatura media annua durante il periodo diurno”, pari a Tm = 15°;
- le sorgenti acustiche nella situazione maggiormente critica sono legate alle operazioni di bonifica ( $L_w = 106,2$  dBA).

Nelle successive Tabelle sono riportati i risultati forniti dall’applicazione della norma ISO 9613, ottenuti nel rispetto delle considerazioni sopraelencate.

Tabella 6.2.1 – Sintesi della situazione d’impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 1

Ricettore	livello attività dBA	livello ante operam dBA	livello totale dBA	Limiti di zona day dBA	Superam.	Leq differenz dBA	Limiti diff. dBA	Superam.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere dBA	Superam.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R8	37,9	49	49,3	60	NO	0,3	5	NO	70	NO
R9	38,1	64,7	64,7	65	NO	0,0	5	NO	70	NO
R10	39,3	64,1	64,1	65	NO	0,0	5	NO	70	NO
R11	45,8	48,8	50,6	70	NO	1,8	5	NO	70	NO
R12	61,8	64,6	66,4	55	SI	1,8	5	NO	70	NO
R13	48,1	51,6	53,2	60	NO	1,6	5	NO	70	NO
R14	67,8	61,6	68,8	60	SI	7,2	5	SI	70	NO
R15	70,4	69,4	72,9	60	SI	3,5	5	NO	70	SI
R16	57,6	55,5	59,7	60	NO	4,2	5	NO	70	NO
R17	46,3	58,9	59,1	70	NO	0,2	5	NO	70	NO
R18	43,0	61,2	61,3	65	NO	0,1	5	NO	70	NO
R19	47,8	41,5	48,7	60	NO	7,2	5	SI	70	NO
R20	46,3	42	47,6	60	NO	5,6	5	SI	70	NO
R21	54,7	42,8	55,0	60	NO	12,2	5	SI	70	NO
R22	47,2	44	48,9	60	NO	4,9	5	NO	70	NO
R23	40,5	44,1	45,7	60	NO	1,6	5	NO	70	NO
R27	48,2	45,4	50,1	60	NO	4,7	5	NO	70	NO
R29	70,4	68,3	72,5	60	SI	4,2	5	NO	70	SI

Nella fase 1 la situazione d’impatto acustico è la seguente

- Ricettori R12, R14, R15, R29: avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91; ai ricettori il superamento è però condizionato dalla presenza della S.P. Montanara caratterizzata peraltro da un alto tasso di traffico viario;
- Ricettori R14, R19, R20, R21: avviene il superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all'art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995;
- Ricettori R15, R29: avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere.

Premesso che l'impatto acustico è condizionato dalla tipologia di mezzi utilizzati che avranno maggiore definizione in sede di progettazione esecutiva è, tuttavia, chiara la necessità di individuare opere di mitigazione come le barriere mobili nelle lavorazioni che avvengono a distanze di 40 inferiori dai ricettori esposti.

In sede di progettazione esecutiva si dovranno quindi individuare le soluzioni mitigative maggiormente idonee in relazione all'effettiva tipologia di mezzi impiegati, nella consapevolezza che l'innovazione tecnologica degli ultimi anni ha migliorato le prestazioni acustiche dei mezzi d'opera.

### 6.2.2. Risultati ottenuti durante la fase 2

La fase 2 consiste in scavi diretti nell'alveo del T. Baganza. Il calcolo del livello sonoro ai ricettori è stato effettuato sulla base delle seguenti considerazioni:

- gli aspetti climatici considerati sono “l'Umidità relativa media annua durante il periodo diurno”, pari a UR = 50%, e la “Temperatura media annua durante il periodo diurno”, pari a Tm = 15°;
- le sorgenti acustiche nella situazione maggiormente critica sono legate alle operazioni di scavo ( $L_W = 106,5$  dBA).

Nelle successiva Tabella sono riportati i risultati forniti dall'applicazione della norma ISO 9613, ottenuti nel rispetto delle considerazioni sopraelencate.

Tabella 6.2.2 – Sintesi della situazione d'impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 2

Ricettore	livello attività	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz .	Limiti diff.	Superam.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Superam.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R19	48,6	41,5	49,4	60	NO	7,9	5	SI	70	NO
R20	47,4	42	48,5	60	NO	6,5	5	SI	70	NO
R21	49,4	42,8	50,2	60	NO	7,4	5	SI	70	NO
R22	46,1	44	48,2	60	NO	4,2	5	NO	70	NO
R23	40,6	44,1	45,7	60	NO	1,6	5	NO	70	NO
R27	44,4	45,4	48,0	60	NO	2,6	5	NO	70	NO

Nella fase 2 la situazione d'impatto acustico è la seguente:

- In nessun ricettore avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91;
- Ricettori R21: avviene il superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all'art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995; ai ricettori R19 e R20 il criterio differenziale non è applicabile perché il livello previsionale è inferiore a 50 dBA;
- In nessun ricettore avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere.

Nel caso una parte del trasporto avvenga sul percorso 1 nella misura di 8 mezzi/h l'impatto si configura come descritto nella successiva tabella.

Tabella 6.2.3 – Sintesi della situazione d'impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 2 con trasporto sul percorso 1

Ricettore	livello attività	livello traffico	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz .	Limiti diff.	Superam.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Superam.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R19	48,6		41,5	49,4	60	NO	7,9	5	SI	70	NO
R20	47,4		42	48,5	60	NO	6,5	5	SI	70	NO
R21	49,4	42,8	42,8	51,0	60	NO	8,2	5	SI	70	NO
R22	46,1	44,0	44	49,6	60	NO	5,6	5	SI	70	NO
R23	40,6	44,1	44,1	48,0	60	NO	3,9	5	NO	70	NO
R27	44,4	44,6	45,4	49,6	60	NO	4,2	5	NO	70	NO

Nella fase 2 la situazione d'impatto acustico è la seguente:

- In nessun ricettore avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91; ai ricettori il superamento è però condizionato dalla presenza della S.P. Montanara caratterizzata peraltro da un alto tasso di traffico viario;
- Ricettore R21: avviene il superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all'art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995; ai ricettori R19, R20, R22 il criterio differenziale non è applicabile perché il livello previsionale è inferiore a 50 dBA;
- In nessun ricettore avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere.

Premesso che l'impatto acustico è condizionato dalla tipologia di mezzi utilizzati che avranno maggiore definizione in sede di progettazione esecutiva è, tuttavia, chiara la necessità di individuare opere di mitigazione come le barriere mobili.

In sede di progettazione esecutiva si dovranno quindi individuare le soluzioni mitigative maggiormente idonee in relazione all'effettiva tipologia di mezzi impiegati, nella consapevolezza che l'innovazione tecnologica degli ultimi anni ha migliorato le prestazioni acustiche dei mezzi d'opera.



### 6.2.3. Risultati ottenuti durante la fase 3

La fase 3 consiste in scavi diretti nelle zone adiacenti agli argini per la rimozione dei materiali con alta conducibilità idraulica (ghiaie) e nel successivo rinterro dei vuoti con materiale idoneo a minore conducibilità idraulica. Il calcolo del livello sonoro ai ricettori è stato effettuato sulla base delle seguenti considerazioni:

- gli aspetti climatici considerati sono “l’Umidità relativa media annua durante il periodo diurno”, pari a UR = 50%, e la “Temperatura media annua durante il periodo diurno”, pari a Tm = 15°;
- le sorgenti acustiche nella situazione maggiormente critica sono legate alle operazioni di scavo ( $L_W = 106,5$  dBA) e alle operazioni di rinterro ( $L_W = 108,6$  dBA).

Nelle successiva Tabella sono riportati i risultati forniti dall’applicazione della norma ISO 9613, ottenuti nel rispetto delle considerazioni sopraelencate.

Tabella 6.2.4 – Sintesi della situazione d’impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 3

FASE DI SCAVO										
Ricettore	livello attività	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz .	Limiti diff.	Superam.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Superam.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R8	39,1	49	49,4	60	NO	0,4	5	NO	70	NO
R9	39,3	64,7	64,7	65	NO	0,0	5	NO	70	NO
R10	40,5	64,1	64,1	65	NO	0,0	5	NO	70	NO
R11	47,0	48,8	51,0	70	NO	2,2	5	NO	70	NO
R12	63,0	64,6	66,9	55	SI	2,3	5	NO	70	NO
R13	49,3	51,6	53,6	60	NO	2,0	5	NO	70	NO
-	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R14	69,0	61,6	69,8	60	SI	8,2	5	SI	70	NO
R15	71,6	69,4	73,6	60	SI	4,2	5	NO	70	SI
R16	58,8	55,5	60,4	60	SI	4,9	5	NO	70	NO
R17	47,5	58,9	59,2	70	NO	0,3	5	NO	70	NO
R18	44,2	61,2	61,3	65	NO	0,1	5	NO	70	NO
R29	71,6	68,3	73,2	60	SI	4,9	5	NO	70	SI
FASE DI RINTERRO										
Ricettore	livello attività	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz .	Limiti diff.	Superam.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Superam.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R8	41,2	49	49,7	60	NO	0,7	5	NO	70	NO
R9	41,4	64,7	64,7	65	NO	0,0	5	NO	70	NO

FASE DI SCAVO										
Ricettore	livello attività	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz .	Limiti diff.	Superam.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Superam.
R10	42,6	64,1	64,1	65	NO	0,0	5	NO	70	NO
R11	49,1	48,8	52,0	70	NO	3,2	5	NO	70	NO
R12	65,1	64,6	67,9	55	SI	3,3	5	NO	70	NO
R13	51,4	51,6	54,5	60	NO	2,9	5	NO	70	NO
R14	71,1	61,6	71,6	60	SI	10,0	5	SI	70	SI
R15	73,7	69,4	75,0	60	SI	5,6	5	SI	70	SI
R16	60,9	55,5	62,0	60	SI	6,5	5	SI	70	NO
R17	49,6	58,9	59,4	70	NO	0,5	5	NO	70	NO
R18	46,3	61,2	61,3	65	NO	0,1	5	NO	70	NO
R29	73,7	68,3	74,8	60	SI	6,5	5	SI	70	SI

Nella fase 3 la situazione d'impatto acustico è la seguente

- Ricettori R12, R14, R15, R16, R29: avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91; ai ricettori il superamento è però condizionato dalla presenza della S.P. Montanara caratterizzata peraltro da un alto tasso di traffico viario;
- Ricettori R14, R20, R21, R22, R27: avviene il superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all'art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995;
- Ricettori R14, R15, R29: avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere;
- Il traffico non ha incidenze locali sui ricettori coinvolti indipendentemente dal percorso utilizzato; si rimanda al capitolo 6.1.

Premesso che l'impatto acustico è condizionato dalla tipologia di mezzi utilizzati che avranno maggiore definizione in sede di progettazione esecutiva è, tuttavia, chiara la necessità di individuare opere di mitigazione come le barriere mobili nelle lavorazioni che avvengono a distanze di 40 inferiori dai ricettori esposti.

In sede di progettazione esecutiva si dovranno quindi individuare le soluzioni mitigative maggiormente idonee in relazione all'effettiva tipologia di mezzi impiegati, nella consapevolezza che l'innovazione tecnologica degli ultimi anni ha migliorato le prestazioni acustiche dei mezzi d'opera.

#### **6.2.4. Risultati ottenuti durante la fase 4**

La fase 4 consiste in scavi di fondazione, getto del calcestruzzo per la formazione della briglia e formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati. Il calcolo del livello sonoro ai ricettori è stato effettuato sulla base delle seguenti considerazioni:

- gli aspetti climatici considerati sono “l'Umidità relativa media annua durante il periodo diurno”, pari a UR = 50%, e la “Temperatura media annua durante il periodo diurno”, pari a Tm = 15°;
- le sorgenti acustiche nella situazione maggiormente critica sono legate alle operazioni di scavo (L<sub>w</sub> = 106,5 dBA) e alle operazioni di formazione delle arginature (L<sub>w</sub> = 112,4 dBA), nel getto del calcestruzzo per la realizzazione della briglia (109,5 dBA), nella realizzazione dei diaframmi plastici (109,4 dBA).

Nella successiva Tabella sono riportati i risultati forniti dall'applicazione della norma ISO 9613, ottenuti nel rispetto delle considerazioni sopraelencate.

Tabella 6.2.5 – Sintesi della situazione d'impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 4

Ric.	livello scavi dBA	livello argini dBA	livello getto dBA	livello diaframmi dBA	livello ante operam dBA	livello totale dBA	Limiti di zona day dBA	Superam.	Leq differenz. dBA	Limiti diff. dBA	Super.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere dBA	Super.
-								-			-		-
R12				54,1	64,6	65,0	55	SI	0,4	5	NO	70	NO
R13				51,9	51,6	54,8	60	NO	3,2	5	NO	70	NO
R14				50,9	61,6	62,0	60	SI	0,4	5	NO	70	NO
R15				52,7	69,4	69,5	60	SI	0,1	5	NO	70	NO
R16				52,2	55,5	57,2	60	NO	1,7	5	NO	70	NO
R17				48,7	58,9	59,3	70	NO	0,4	5	NO	70	NO
R18				46,7	61,2	61,4	65	NO	0,2	5	NO	70	NO
R19				47,1	41,5	48,2	60	NO	6,7	5	SI	70	NO
R20				46,4	42	47,8	60	NO	5,8	5	SI	70	NO
R21	40,7	46,6	43,7	56,4	42,8	57,3	60	NO	14,5	5	SI	70	NO
R22	45,6	51,5	51,5	51,0	44	56,7	60	NO	12,7	5	SI	70	NO
R23	42,5	48,4	48,4	47,4	44,1	53,7	60	NO	9,6	5	SI	70	NO
R27	48,9	54,8	54,8	52,0	45,4	59,4	60	NO	14,0	5	SI	70	NO
R29				52,2	68,3	68,4	60	SI	0,1	5	NO	70	NO

Nella fase 4 la situazione d'impatto acustico è la seguente

- Ricettori R12, R14, R15, R29: avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91; al ricettore R29 il superamento è però condizionato dalla presenza della S.P. Montanara caratterizzata peraltro da un alto tasso di traffico viario;
- Ricettori R19, R20, R21, R22, R23, R27: avviene il superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all'art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995;
- In nessun ricettore: avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere;
- Il traffico non ha incidenze locali sui ricettori coinvolti indipendentemente dal percorso utilizzato, perché i flussi risultano praticamente trascurabili.



Premesso che l'impatto acustico è condizionato dalla tipologia di mezzi utilizzati che avranno maggiore definizione in sede di progettazione esecutiva è, tuttavia, chiara la necessità di individuare opere di mitigazione come le barriere mobili nelle lavorazioni che avvengono a distanze di 40 inferiori dai ricettori esposti.

In sede di progettazione esecutiva si dovranno quindi individuare le soluzioni mitigative maggiormente idonee in relazione all'effettiva tipologia di mezzi impiegati, nella consapevolezza che l'innovazione tecnologica degli ultimi anni ha migliorato le prestazioni acustiche dei mezzi d'opera.

#### 6.2.5. Risultati ottenuti durante la fase 5

La fase 5 consiste in scavi nell'alveo e sulle rive del T. Baganza, nella formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati e, infine nella formazione delle difese spondali. Il calcolo del livello sonoro ai ricettori è stato effettuato sulla base delle seguenti considerazioni:

- gli aspetti climatici considerati sono “l'Umidità relativa media annua durante il periodo diurno”, pari a UR = 50%, e la “Temperatura media annua durante il periodo diurno”, pari a Tm = 15°;
- le sorgenti acustiche nella situazione maggiormente critica sono legate alle operazioni di scavo ( $L_w = 106,5$  dBA), alle operazioni di formazione delle arginature ( $L_w = 112,4$  dBA) e alla realizzazione delle difese spondali (106,5 dBA).

Nelle successiva Tabella sono riportati i risultati forniti dall'applicazione della norma ISO 9613, ottenuti nel rispetto delle considerazioni sopraelencate.

Tabella 6.2.6 – Sintesi della situazione d'impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 5

Ric.	livello scavi	livello argini	livello difese	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz .	Limiti diff.	Super.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Super.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R19	42,0	47,9	42,0	41,5	50,3	60	NO	8,8	5	SI	70	NO
R20	41,7	47,6	41,7	42	50,1	60	NO	8,1	5	SI	70	NO
R21	54,8	60,7	54,8	42,8	62,5	60	SI	19,7	5	SI	70	NO
R22	53,0	58,9	53,0	44	60,8	60	SI	16,8	5	SI	70	NO
R23	42,7	48,6	42,7	44,1	51,3	60	NO	7,2	5	SI	70	NO
R27	49,2	55,1	49,2	45,4	57,2	60	NO	11,8	5	SI	70	NO
R28	38,8	44,7	38,8	50,9	52,2	60	NO	1,3	5	NO	70	NO

Nella fase 5 la situazione d'impatto acustico è la seguente

- Ricettori R21, R22: avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91;

- In tutti i ricettori avviene il superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all'art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995;
- In nessun ricettore: avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere.

Nel caso fosse utilizzato il percorso 1 con un traffico di 8 veicoli/h la situazione d'impatto diventa quella illustrata nella successiva tabella.

Tabella 6.2.7 – Sintesi della situazione d'impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 5 con traffico di 8 veicoli/h sul percorso 1

Ric.	livello lavorazioni	livello traffico	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz.	Limiti diff.	Super.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Super.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R19	49,7		41,5	50,3	60	NO	8,8	5	SI	70	NO
R20	49,4		42	50,1	60	NO	8,1	5	SI	70	NO
R21	62,5	34,7	42,8	62,5	60	SI	19,7	5	SI	70	NO
R22	60,7	35,7	44	60,8	60	SI	16,8	5	SI	70	NO
R23	50,4	46,7	44,1	52,6	60	NO	8,5	5	SI	70	NO
R27	56,9	44,6	45,4	57,4	60	NO	12,0	5	SI	70	NO
R28	46,5	51,0	50,9	54,7	60	NO	3,8	5	NO	70	NO

Nella fase 5 la situazione d'impatto acustico con traffico sul percorso 1 è la seguente:

- Ricettori R21 e R22: avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91;
- Ricettori R19, R20, R21, R22, R23, R27: avviene il superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all'art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995;
- In nessun ricettore avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere.

Premesso che l'impatto acustico è condizionato dalla tipologia di mezzi utilizzati che avranno maggiore definizione in sede di progettazione esecutiva è, tuttavia, chiara la necessità di individuare opere di mitigazione come le barriere mobili nelle lavorazioni che avvengono a distanze di 40 inferiori dai ricettori esposti.

In sede di progettazione esecutiva si dovranno quindi individuare le soluzioni mitigative maggiormente idonee in relazione all'effettiva tipologia di mezzi impiegati, nella consapevolezza che l'innovazione tecnologica degli ultimi anni ha migliorato le prestazioni acustiche dei mezzi d'opera.

### 6.2.6. Risultati ottenuti durante la fase 6

La fase 6 consiste in scavi nell'alveo e sulle rive del T. Baganza, nella formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati. Il calcolo del livello sonoro ai ricettori è stato effettuato sulla base delle seguenti considerazioni:

- gli aspetti climatici considerati sono “l'Umidità relativa media annua durante il periodo diurno”, pari a UR = 50%, e la “Temperatura media annua durante il periodo diurno”, pari a Tm = 15°;
- le sorgenti acustiche nella situazione maggiormente critica sono legate alle operazioni di scavo ( $L_w = 106,5$  dBA) e alle operazioni di formazione delle arginature ( $L_w = 112,4$  dBA).

Nella successiva Tabella sono riportati i risultati forniti dall'applicazione della norma ISO 9613, ottenuti nel rispetto delle considerazioni sopraelencate.

Tabella 6.2.8 – Sintesi della situazione d'impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 6

Ric.	livello scavi	livello argini	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz .	Limiti diff.	Super.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Super.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R12	39,4	45,3	64,6	64,7	55	SI	0,1	5	NO	70	NO
R14	40,8	46,7	61,6	61,8	60	SI	0,2	5	NO	70	NO
R15	41,5	47,4	69,4	69,4	60	SI	0,0	5	NO	70	NO
R16	40,1	46,0	55,5	56,1	60	NO	0,6	5	NO	70	NO
R17	47,0	52,9	58,9	60,1	70	NO	1,2	5	NO	70	NO
R18	44,0	49,9	61,2	61,6	65	NO	0,4	5	NO	70	NO
R19	44,1	50,0	41,5	51,5	60	NO	10,0	5	SI	70	NO
R20	43,1	49,0	42	50,6	60	NO	8,6	5	SI	70	NO
R21	42,8	48,7	42,8	50,5	60	NO	7,7	5	SI	70	NO
R22	39,0	44,9	44	48,1	60	NO	4,1	5	NO	70	NO

Nella fase 6 la situazione d'impatto acustico è la seguente

- Ricettori R12, R14, R15: avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91; ai ricettori il superamento è però condizionato dalla presenza della S.P. Montanara caratterizzata peraltro da un alto tasso di traffico viario;
- Ricettori R20, R21, R19: avviene il superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all'art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995;
- In nessun ricettore: avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere;
- Il traffico non ha incidenze locali sui ricettori coinvolti indipendentemente dal percorso utilizzato; si rimanda al capitolo 6.1.



### 6.2.7. Risultati ottenuti durante la fase 7

La fase 7 consiste in scavi sulle rive del T. Baganza, nella formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati e nella realizzazione dei manufatti in calcestruzzo. Il calcolo del livello sonoro ai ricettori è stato effettuato sulla base delle seguenti considerazioni:

- gli aspetti climatici considerati sono “l’Umidità relativa media annua durante il periodo diurno”, pari a UR = 50%, e la “Temperatura media annua durante il periodo diurno”, pari a Tm = 15°;
- le sorgenti acustiche nella situazione maggiormente critica sono legate alle operazioni di scavo ( $L_W = 106,5$  dBA), alle operazioni di formazione delle arginature ( $L_W = 112,4$  dBA) e alla realizzazione di manufatti ( $L_W = 112,2$  dBA).

Nella successiva Tabella sono riportati i risultati forniti dall’applicazione della norma ISO 9613, ottenuti nel rispetto delle considerazioni sopraelencate.

Tabella 6.2.9 – Sintesi della situazione d’impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 7

Ric.	livello scavi	livello argini	livello manufatti	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz.	Limiti diff.	Super.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Super.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R10	38,4	44,3		64,1	64,2	65	NO	0,1	5	NO	70	NO
R11	44,1	50,0		48,8	53,1	70	NO	4,3	5	NO	70	NO
R12	63,0	68,9	45,9	64,6	71,0	55	SI	6,4	5	SI	70	SI
R13	49,3	55,2	43,9	51,6	57,7	60	NO	6,1	5	SI	70	NO
R14	69,0	74,9	44,8	61,6	76,1	60	SI	14,5	5	SI	70	SI
R15	71,6	77,5	44,8	69,4	79,0	60	SI	9,6	5	SI	70	SI
R16	58,8	64,7	43,7	55,5	66,1	60	SI	10,6	5	SI	70	NO
R17	47,5	53,4	43,6	58,9	60,3	70	NO	1,4	5	NO	70	NO
R18	44,2	50,1	45,4	61,2	61,7	65	NO	0,5	5	NO	70	NO
R19	44,1	50,0	45,8	41,5	52,5	60	NO	11,0	5	SI	70	NO
R20	43,0	48,9	45,0	42	51,6	60	NO	9,6	5	SI	70	NO
R21	55,9	61,8	46,7	42,8	63,0	60	SI	20,2	5	SI	70	NO
R22	48,4	54,3	43,7	44	55,9	60	NO	11,9	5	SI	70	NO
R23	41,7	47,6		44,1	49,9	60	NO	5,8	5	SI	70	NO
R27	49,4	55,3		45,4	56,7	60	NO	11,3	5	SI	70	NO
R29	71,6	77,5	44,3	68,3	78,9	60	SI	10,6	5	SI	70	SI

Nella fase 7 la situazione d’impatto acustico è la seguente

- Ricettori R12, R14, R15, R16, R21, R29: avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91; ai ricettori il superamento è però condizionato dalla presenza della S.P. Montanara caratterizzata peraltro da un alto tasso di traffico viario;

- In quasi tutti i ricettori si assiste al superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all'art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995;
- Ricettori R12, R14, R15, R29: avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere;

Nel caso fosse utilizzato il percorso 1 con un traffico di 9 veicoli/h la situazione d'impatto diventa come illustrato nella successiva tabella.

Tabella 6.2.10 – Sintesi della situazione d'impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 7 con traffico di 9 veicoli/h sul percorso 1

Ric.	livello lavorazioni	livello traffico	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz.	Limiti diff.	Super.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Super.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R10	45,2		64,1	64,2	65	NO	0,1	5	NO	70	NO
R11	51,0		48,8	53,1	70	NO	4,3	5	NO	70	NO
R12	69,9		64,6	71,0	55	SI	6,4	5	SI	70	SI
R13	56,5		51,6	57,7	60	NO	6,1	5	SI	70	NO
R14	75,9		61,6	76,1	60	SI	14,5	5	SI	70	SI
R15	78,5		69,4	79,0	60	SI	9,6	5	SI	70	SI
R16	65,7		55,5	66,1	60	SI	10,6	5	SI	70	NO
R17	54,8		58,9	60,3	70	NO	1,4	5	NO	70	NO
R18	52,2		61,2	61,7	65	NO	0,5	5	NO	70	NO
R19	52,1		41,5	52,5	60	NO	11,0	5	SI	70	NO
R20	51,1		42	51,6	60	NO	9,6	5	SI	70	NO
R21	62,9	34,7	42,8	63,0	60	SI	20,2	5	SI	70	NO
R22	55,6	35,7	44	55,9	60	NO	11,9	5	SI	70	NO
R23	48,6	46,7	44,1	51,6	60	NO	7,5	5	SI	70	NO
R27	56,3	35,4	45,4	56,7	60	NO	11,3	5	SI	70	NO
R29	78,5		68,3	78,9	60	SI	10,6	5	SI	70	SI

Anche con il traffico sul percorso 1 la situazione d'impatto alto rimane pressoché invariata.

Premesso che l'impatto acustico è condizionato dalla tipologia di mezzi utilizzati che avranno maggiore definizione in sede di progettazione esecutiva è, tuttavia, chiara la necessità di individuare opere di mitigazione come le barriere mobili.

In sede di progettazione esecutiva si dovranno quindi individuare le soluzioni mitigative maggiormente idonee in relazione all'effettiva tipologia di mezzi impiegati, nella consapevolezza che l'innovazione tecnologica degli ultimi anni ha migliorato le prestazioni acustiche dei mezzi d'opera.

### 6.2.8. Risultati ottenuti durante la fase 8

La fase 8 consiste in scavi sulle rive del T. Baganza, nella formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati. Il calcolo del livello sonoro ai ricettori è stato effettuato sulla base delle seguenti considerazioni:

- gli aspetti climatici considerati sono “l’Umidità relativa media annua durante il periodo diurno”, pari a UR = 50%, e la “Temperatura media annua durante il periodo diurno”, pari a Tm = 15°;
- le sorgenti acustiche nella situazione maggiormente critica sono legate alle operazioni di scavo ( $L_W = 106,5$  dBA) e alle operazioni di formazione delle arginature ( $L_W = 112,4$  dBA);
- nella fase 8 gli argini perimetrali della cassa sono praticamente realizzati quasi tutti e i ricettori situati ad est della cassa sono schermati dagli stessi argini.

Nella successiva Tabella sono riportati i risultati forniti dall’applicazione della norma ISO 9613, ottenuti nel rispetto delle considerazioni sopraelencate.

Tabella 6.2.11 – Sintesi della situazione d’impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 8

Ric.	livello scavi	livello argini	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz .	Limiti diff.	Super.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Super.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R8	39,1		49	49,4	60	NO	0,4	5	NO	70	NO
R9	39,3		64,7	64,7	65	NO	0,0	5	NO	70	NO
R10	40,5		64,1	64,1	65	NO	0,0	5	NO	70	NO
R11	47,0		48,8	51,0	70	NO	2,2	5	NO	70	NO
R12	49,8	54,9	64,6	65,2	55	SI	0,6	5	NO	70	NO
R13	43,0	50,9	51,6	54,6	60	NO	3,0	5	NO	70	NO
R14*	32,2	41,6	61,6	61,6	60	SI	0,0	5	NO	70	NO
R15*	30,9	39,7	69,4	69,4	60	SI	0,0	5	NO	70	NO
R16*	33,8	42,6	55,5	55,7	60	NO	0,2	5	NO	70	NO
R21	41,7	44,5	42,8	47,9	60	NO	5,1	5	SI	70	NO
R22	42,0		44	46,1	60	NO	2,1	5	NO	70	NO
R23	37,9		44,1	45,0	60	NO	0,9	5	NO	70	NO
R27	38,1		45,4	46,1	60	NO	0,7	5	NO	70	NO
R29	51,2	50,0	68,3	68,4	60	SI	0,1	5	NO	70	NO

\* ricettori schermati dalle arginature della cassa

Nella fase 8 la situazione d’impatto acustico è la seguente

- Ricettori R12, R14, R15, R29: avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91; ai ricettori il superamento è però condizionato dalla presenza della S.P. Montanara caratterizzata peraltro da un alto tasso di traffico viario;



- In nessun ricettore si assiste al superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all'art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995;
- In nessun ricettore avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere.

Nel caso fosse utilizzato il percorso 1 con un traffico di 8 veicoli/h la situazione d'impatto diventa come illustrato nella successiva tabella.

Tabella 6.2.12 – Sintesi della situazione d'impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 8 con traffico di 8 veicoli/h sul percorso 1

Ric.	livello lavorazioni	livello traffico	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz.	Limiti diff.	Super.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Super.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R8	39,1		49,0	49,4	60	NO	0,4	5	NO	70	NO
R9	39,3		64,7	64,7	65	NO	0,0	5	NO	70	NO
R10	40,5		64,1	64,1	65	NO	0,0	5	NO	70	NO
R11	47,0		48,8	51,0	70	NO	2,2	5	NO	70	NO
R12	56,1		64,6	65,2	55	SI	0,6	5	NO	70	NO
R13	51,5		51,6	54,6	60	NO	3,0	5	NO	70	NO
R14*	42,1		61,6	61,6	60	SI	0,0	5	NO	70	NO
R15*	40,2		69,4	69,4	60	SI	0,0	5	NO	70	NO
R16*	43,1		55,5	55,7	60	NO	0,2	5	NO	70	NO
R21	46,4	34,7	42,8	48,1	60	NO	5,3	5	SI	70	NO
R22	42,0	35,7	44	46,5	60	NO	2,5	5	NO	70	NO
R23	37,9	46,7	44,1	49,0	60	NO	4,9	5	NO	70	NO
R27	38,1	44,6	45,4	48,4	60	NO	3,0	5	NO	70	NO
R29	53,7		68,3	68,4	60	SI	0,1	5	NO	70	NO

Anche con il traffico sul percorso 1 la situazione d'impatto alto rimane pressoché invariata.

Premesso che l'impatto acustico è condizionato dalla tipologia di mezzi utilizzati che avranno maggiore definizione in sede di progettazione esecutiva è, tuttavia, chiara la necessità di individuare opere di mitigazione come le barriere mobili.

In sede di progettazione esecutiva si dovranno quindi individuare le soluzioni mitigative maggiormente idonee in relazione all'effettiva tipologia di mezzi impiegati, nella consapevolezza che l'innovazione tecnologica degli ultimi anni ha migliorato le prestazioni acustiche dei mezzi d'opera.

### 6.2.9. Risultati ottenuti durante la fase 9

La fase 9 consiste in scavi sulle rive del T. Baganza. Il calcolo del livello sonoro ai ricettori è stato effettuato sulla base delle seguenti considerazioni:

- gli aspetti climatici considerati sono “l’Umidità relativa media annua durante il periodo diurno”, pari a UR = 50%, e la “Temperatura media annua durante il periodo diurno”, pari a Tm = 15°;
- le sorgenti acustiche nella situazione maggiormente critica sono legate alle operazioni di scavo (L<sub>w</sub> = 106,5 dBA).

Nella successiva Tabella sono riportati i risultati forniti dall’applicazione della norma ISO 9613, ottenuti nel rispetto delle considerazioni sopraelencate.

Tabella 6.2.13 – Sintesi della situazione d’impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 9

Ric.	livello scavi	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz .	Limiti diff.	Super.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Super.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R8	39,1	49	49,4	60	NO	0,4	5	NO	70	NO
R9	39,3	64,7	64,7	65	NO	0,0	5	NO	70	NO
R10	40,5	64,1	64,1	65	NO	0,0	5	NO	70	NO
R11	47,0	48,8	51,0	70	NO	2,2	5	NO	70	NO

Nella fase 9 la situazione d’impatto acustico è la seguente

- In nessun ricettore avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91;
- In nessun ricettore si assiste al il superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all’art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995;
- In nessun ricettore avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere.
- Il traffico non ha incidenze locali sui ricettori coinvolti indipendentemente dal percorso utilizzato; si rimanda al capitolo 6.1.

#### 6.2.10. Risultati ottenuti durante la fase 10

La fase 10 consiste nella formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati e nella realizzazione dei manufatti in calcestruzzo. Il calcolo del livello sonoro ai ricettori è stato effettuato sulla base delle seguenti considerazioni:

- gli aspetti climatici considerati sono “l’Umidità relativa media annua durante il periodo diurno”, pari a UR = 50%, e la “Temperatura media annua durante il periodo diurno”, pari a Tm = 15°;
- le sorgenti acustiche nella situazione maggiormente critica sono legate alle operazioni di formazione dei rilevati arginali (L<sub>w</sub> = 112,4 dBA) e dei manufatti (L<sub>w</sub> = 112,2 dBA).

Nella successiva Tabella sono riportati i risultati forniti dall’applicazione della norma ISO 9613, ottenuti nel rispetto delle considerazioni sopraelencate.

Tabella 6.2.14 – Sintesi della situazione d'impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 10

Ric.	livello scavi	livello ante operam	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz .	Limiti diff.	Super.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Super.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R19	47,1	47,1	41,5	50,7	60	NO	9,2	5	SI	70	NO
R20	46,5	46,5	42	50,2	60	NO	8,2	5	SI	70	NO
R21	61,6	54,3	42,8	62,4	60	SI	19,6	5	SI	70	NO
R22	54,1	47,3	44	55,2	60	NO	11,2	5	SI	70	NO
R23	47,4		44,1	49,1	60	NO	5,0	5	NO	70	NO
R27	55,1		45,4	55,6	60	NO	10,2	5	SI	70	NO

Nella fase 10 la situazione d'impatto acustico è la seguente

- Ricettore R21: avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91;
- In tutti i ricettori si assiste al il superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all'art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995;
- In nessun ricettore avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere;
- Il traffico non ha incidenze locali sui ricettori coinvolti indipendentemente dal percorso utilizzato, perché i flussi risultano praticamente trascurabili.

#### 6.2.11. Risultati ottenuti durante la fase 11

La fase 11 consiste in scavi sulle rive del T. Baganza, nella formazione delle arginature mediante riporto per strati successivi di terreni idonei opportunamente compattati e rullati. Il calcolo del livello sonoro ai ricettori è stato effettuato sulla base delle seguenti considerazioni:

- gli aspetti climatici considerati sono “l'Umidità relativa media annua durante il periodo diurno”, pari a UR = 50%, e la “Temperatura media annua durante il periodo diurno”, pari a Tm = 15°;
- le sorgenti acustiche nella situazione maggiormente critica sono legate alle operazioni di formazione dei rilevati arginali ( $L_W = 112,4$  dBA) e degli scavi ( $L_W = 106,5$  dBA);
- gli argini della cassa su lato nord hanno un'altezza di 15 metri (ricettori R17 e R18), mentre sul lato est ed ovest presentano un'altezza nei confronti dei ricettori esposti di 6 metri (R12, R14, R15, R16, R19, R20, R21, R22).

Nella successiva Tabella sono riportati i risultati forniti dall'applicazione della norma ISO 9613, ottenuti nel rispetto delle considerazioni sopraelencate.



Tabella 6.2.15 – Sintesi della situazione d'impatto per i ricettori situati nelle zone adiacenti al cantiere nella fase 11

Ric.	livello scavi	livello argini	livello ante operam	livello totale	Limiti di zona day	Superam.	Leq differenz .	Limiti diff.	Super.	Limite assoluto diurno per attività di cantiere	Super.
-	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	-	dBA	dBA	-	dBA	-
R12	36,4	46,5	61,6	61,7	60	SI	0,1	5	NO	70	NO
R14	38,8	47,2	69,4	69,4	60	SI	0,0	5	NO	70	NO
R15	38,4	45,8	55,5	56,0	60	NO	0,5	5	NO	70	NO
R16	32,1	52,7	58,9	59,8	70	NO	0,9	5	NO	70	NO
R17	32,0	49,7	61,2	61,5	65	NO	0,3	5	NO	70	NO
R18	35,0	49,8	41,5	50,5	60	NO	9,0	5	SI	70	NO
R19	34,7	48,8	42	49,8	60	NO	7,8	5	SI	70	NO
R20	34,6	48,5	42,8	49,7	60	NO	6,9	5	SI	70	NO
R21	32,3	44,7	44	47,5	60	NO	3,5	5	NO	70	NO
R22	36,4	46,5	61,6	61,7	60	SI	0,1	5	NO	70	NO

Nella fase 11 la situazione d'impatto acustico è la seguente

- Ricettore R12, R14, R15: avviene il superamento dei limiti di zona stabiliti dal D.P.C.M. 01/03/91; ai ricettori il superamento è però condizionato dalla presenza della S.P. Montanara caratterizzata peraltro da un alto tasso di traffico viario;
- Ricettore R19: si assiste al il superamento del criterio differenziale di 5 dBA, di cui all'art. 2 comma 3 lettera b) della L. N. 447 del 26/10/1995;
- In nessun ricettore avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere.
- Nella fase 11 i percorsi non sono interessati da traffico se non in valori sporadici legati ad eventuali forniture da ritenere praticamente trascurabili.

### 6.3. Considerazioni conclusive

Nella fase di cantiere per la realizzazione della cassa d'espansione del T. Baganza si verifica per alcuni ricettori, il superamento del limite di  $L_{Aeq} = 70$  dBA, di cui alla D.G. della Regione Emilia Romagna n. 2002/45 del 21/1/2002.

La situazione maggiormente problematica si manifesta nel corso della fase 7 (formazione arginature lato Est e realizzazione dei manufatti B e C, durata prevista 12 mesi) e della fase 3 (bonifica delle ghiaie dell'argine Ovest, durata prevista 3 mesi), durante le quali saranno presenti molti mezzi d'opera in lavorazione ed un sostenuto traffico pesante.

I Ricettori R12, R14, R15, R29 sono quelli maggiormente penalizzati, perché avviene il superamento di 70 dBA per attività temporanee di cantiere. Il superamento per tali ricettori è però condizionato dalla presenza della S.P. Montanara caratterizzata peraltro da un alto tasso di traffico viario.

Occorre comunque sottolineare che in questa fase di progettazione alcune informazioni necessarie per le analisi previsionali sono state definite solo in via preliminare. In particolare il numero e la tipologia dei mezzi d'opera coinvolti ed il cronoprogramma dei lavori, che costituiscono gli elementi principali per la valutazione degli impatti, non sono ancora stati definiti nel dettaglio. Questo comporta un'inevitabile incertezza nelle valutazioni del presente documento, che assume pertanto un ruolo di valutazione preliminare.

Al presente documento d'impatto acustico dovrà quindi fare seguito un successivo approfondimento da redigere in sede di progettazione esecutiva, per la quale dovranno essere documentati:

- il cronoprogramma di dettaglio dei lavori;
- le schede tecniche dei mezzi coinvolti nelle lavorazioni con le relative caratteristiche di rumorosità.

Premesso che l'impatto acustico è condizionato dalla tipologia di mezzi utilizzati che avranno maggiore definizione in sede di progettazione esecutiva è, tuttavia, fin da ora evidente la necessità di individuare opere di mitigazione come le barriere mobili e/o fisse .

In sede di progettazione esecutiva si dovranno quindi individuare le soluzioni mitigative maggiormente idonee, in relazione all'effettiva tipologia di mezzi impiegati, nella consapevolezza che l'innovazione tecnologica degli ultimi anni ha migliorato le prestazioni acustiche dei mezzi d'opera.

In relazione alle situazioni d'impatto elencate in precedenza per la fase di cantiere si prescrivono le seguenti misure di mitigazione:

- all'interno dei cantieri le macchine in uso dovranno operare in conformità alle direttive CE in materia d'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto, così come recepite dalla legislazione italiana;
- all'interno degli stessi dovranno comunque essere utilizzati tutti gli accorgimenti tecnici e gestionali al fine di minimizzare l'impatto acustico verso l'esterno;
- le attività dei cantieri devono essere eseguite nei giorni feriali dalle ore 7.00 alle ore 20.00;
- nelle situazioni di elevato impatto acustico, oltre i limiti previsti dalla legislazione vigente, la ditta appaltatrice dei lavori si deve impegnare a comunicare preventivamente ai residenti, le fasce orarie e i periodi nei quali si eseguiranno attività molto rumorose;
- la comunicazione deve essere inviata con congruo anticipo e deve essere contestualizzata con l'andamento reale delle lavorazioni;
- nelle fasi maggiormente critiche di lavoro dovranno essere adottati sistemi di schermatura del ricettore esposto o delle macchine generatrici della sorgente di rumore.

## 7. COMPONENTE VIBRAZIONI

Nel presente capitolo si sviluppa una descrizione dettagliata degli impatti attesi in fase di cantiere per la componente ambientale “vibrazioni”.

### 7.1. Riferimenti normativi

In materia di vibrazioni risulta assente una normativa italiana di settore, perciò è necessario prendere a riferimento gli standard tecnici quali Norme UNI o Norme ISO:

- UNI 9614 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”;
- UNI 9916 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni negli edifici”;
- ISO 2631/1 e 2631/2 “Evaluation of human exposure to whole-body vibration”.

Il problema della percezione umana alle vibrazioni in termini di limiti di danno sono trattati negli allegati della norma UNI 9916, e risultano più elevati, a ciascuna frequenza, dei limiti di percezione individuati dalla norma UNI 9614.

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 dalla norma tecnica UNI 9614, rispetto ai sistemi di riferimento per persone sdraiate, sedute o in piedi, riportato nelle seguenti figure:

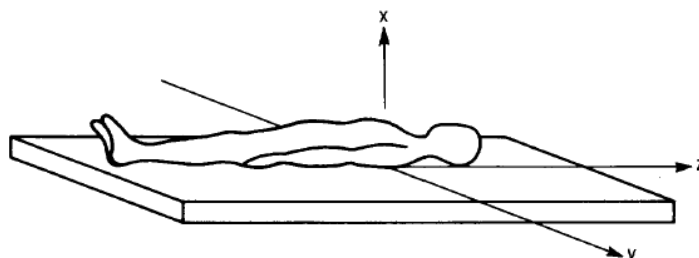


Figura 7.1 – Sistema cartesiano di riferimento per persona coricata



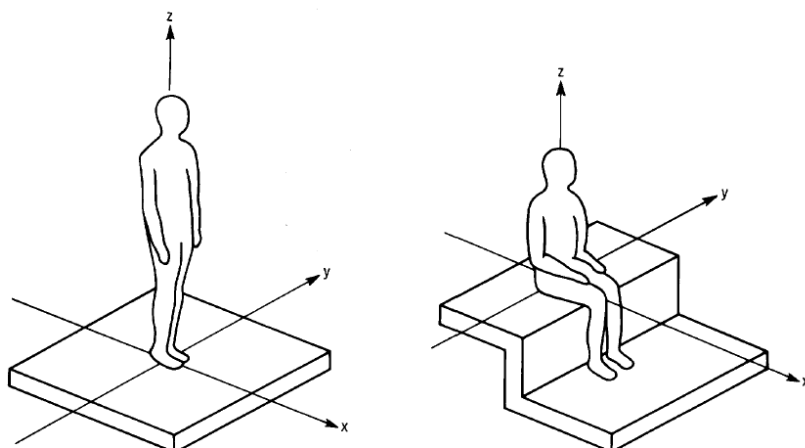


Figura 7.2 – Sistema cartesiano di riferimento per persona in piedi o seduta

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.

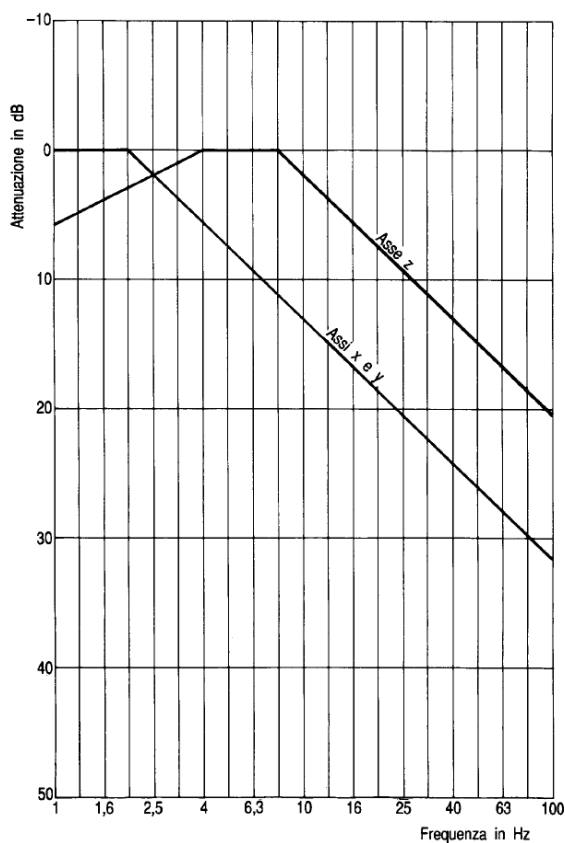


Figura 7.3 – Curva di ponderazione assi X, Y e asse Z

Nel caso considerato, tuttavia, la popolazione si troverà esposta indifferentemente su uno dei tre assi, a seconda della giacitura dei soggetti, che è ovviamente non predeterminale e variabile nel corso delle 24 ore. In tali casi, la norma UNI9614 prevede l'impiego di una curva di ponderazione per asse generico (o meglio, per asse non definibile), che è riportata nella seguente figura.

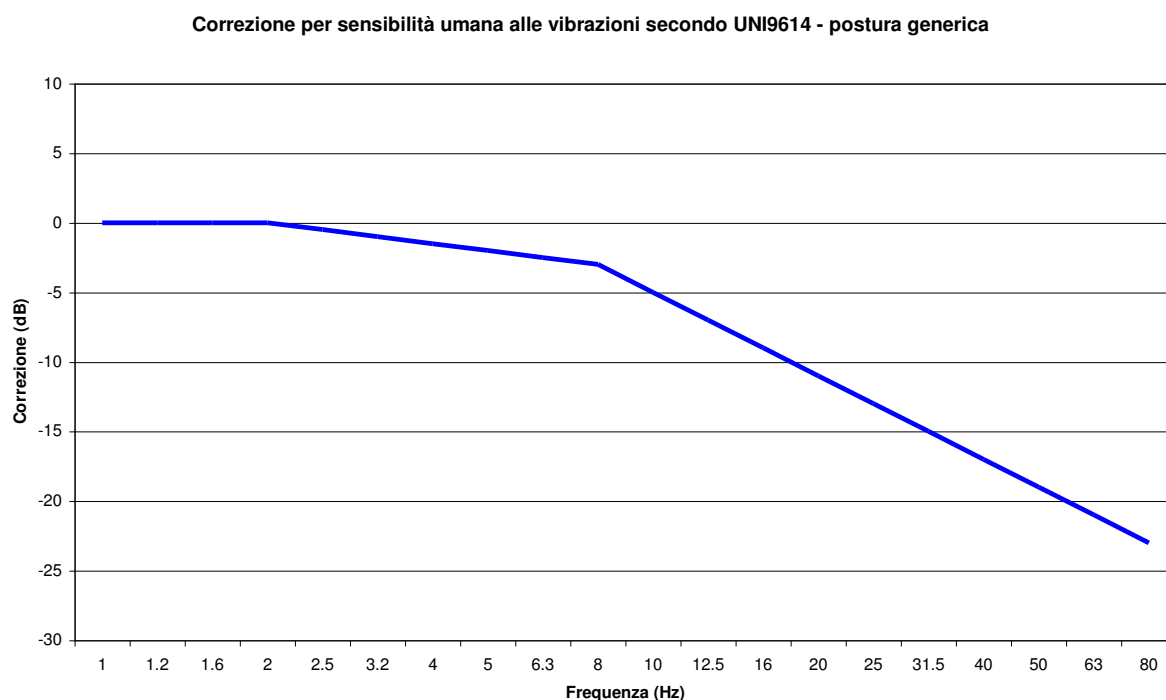


Figura 7.4 – Curva di ponderazione asse generico

Si può notare come questa curva non introduca alcuna variazione ai livelli di accelerazione misurati da 1 a 2 Hz, per poi ridurre progressivamente i valori al crescere della frequenza. A partire dagli 8 Hz, la curva ha una pendenza di 6 dB/ottava, e corrisponde dunque alla conversione fra accelerazione e velocità. Poiché lo spettro tipico di emissione di vibrazioni causate dal transito ferroviario e stradale non contiene energia significativa al di sotto degli 8 Hz, si conclude che la sensibilità umana alle vibrazioni è direttamente proporzionale alla velocità di vibrazione, e non all'accelerazione.

La norma UNI9614 prevede di valutare il livello complessivo di accelerazione ponderata nell'intervallo da 1 ad 80 Hz: se il segnale disturbante è caratterizzato da un'emissione concentrata entro una singola banda di 1/3 di ottava, è sufficiente correggere il valore misurato applicando la correzione riportata in Fig. 3.4 (ad esempio essa vale -19 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, indi sommare energeticamente i livelli di accelerazione alle varie frequenze onde ricavare il valore complessivo:

$$L_{acc,w,tot} = 10 \cdot \lg \left[ \sum_i 10^{(L_{acc,i} + C_i)/10} \right]$$

Questa metodica rende tuttavia le cose molto complicate in presenza di fenomeni di propagazione che, come abbiamo visto, producono un'attenuazione con la distanza che dipende fortemente dalla frequenza. Occorre, infatti, effettuare un calcolo separato della propagazione a ciascuna frequenza, e ricalcolare poi, punto per punto, il livello di accelerazione complessiva ponderata.

La valutazione della propagazione con la distanza, e conseguentemente l'individuazione delle aree ove si verificano livelli di accelerazione ponderata in eccesso al limite di accettabilità individuato dalla norma UNI9614, è quindi effettuata con la metodologia multifrequenza, come dettagliatamente illustrato nei successivi capitoli.

La norma UNI 9614 (punto 3.3) suddivide gli edifici in base alla loro destinazione d'uso in 4 classi, ipotizzando quindi una differente sensibilità alle vibrazioni:

- aree critiche (per es. camere operatorie ospedaliere, laboratori, locali in cui si svolgono lavori manuali delicati, etc).
- abitazioni;
- uffici;
- fabbriche.

La stessa norma, al punto 5, stabilisce quale soglia di percezione delle vibrazioni i seguenti valori:

- 5 mm/sec<sup>2</sup> (74 dB) per l'asse z;
- 3,6 mm/sec<sup>2</sup> (71 dB) per gli assi x e y.

Ancora la norma UNI, al punto A1 dell'appendice A, ai fini della valutazione del disturbo dovuto a vibrazioni, indica dei limiti per le accelerazioni con riferimento alla tollerabilità a fenomeni vibratorii, per i diversi assi e per le 4 classi di edifici:

Tabella 7.1: Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per l'asse z.

Ricettore	a (m/s <sup>2</sup> )	L (dB)
aree critiche	5.0 10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni (notte)	7.0 10 <sup>-3</sup>	77
Abitazioni (giorno)	10.0 10 <sup>-3</sup>	80
Uffici	20.0 10 <sup>-3</sup>	86
Fabbriche	40.0 10 <sup>-3</sup>	92

Tabella 7.2: Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per gli assi x e y

Ricettore	a (m/s <sup>2</sup> )	L (dB)
aree critiche	3.6 10 <sup>-3</sup>	71
abitazioni (notte)	5.0 10 <sup>-3</sup>	74
abitazioni (giorno)	7.2 10 <sup>-3</sup>	77
Uffici	14.4 10 <sup>-3</sup>	83



Fabbriche	$28.8 \cdot 10^{-3}$	89
-----------	----------------------	----

La norma UNI9614 definisce infine il valore numerico del limite di accettabilità per edifici residenziali, corrispondente ad un valore del livello di accelerazione complessiva, ponderata secondo asse generico, 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).

Tale limite è da intendersi riferito al livello di accelerazione (ponderata per asse generico) rilevata sul pavimento degli edifici, quindi alla presenza dei fenomeni di attenuazione/amplificazione propri dell'edificio stesso, descritti al successivo cap. 7.2.

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 (tipicamente 5).

Concludendo il limite di accettabilità per un edificio ad uso residenziale è cautelativamente pari a 72 dB per attività di cantiere che si svolgono nel periodo diurno.

## 7.2. Metodologia

Il fenomeno delle vibrazioni è stato analizzato per i moti delle strutture edili con frequenze comprese fra 1 e 80 Hz. La caratterizzazione è effettuata in termini di valore medio efficace (RMS) della velocità (mm/s) e dell'accelerazione (in  $\text{mm/s}^2$ ): la velocità è il parametro per valutare gli effetti delle vibrazioni sugli edifici, mentre l'accelerazione è quello per valutare la percezione umana. Per la misurazione delle vibrazioni, si utilizzano normalmente accelerometri, che ovviamente forniscono il livello di accelerazione.

I valori dell'accelerazione "a" sono agevolmente trasformabili nei corrispondenti valori di velocità "v", nota la frequenza "f", tramite la relazione:

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

Convenzionalmente, in analogia con le analisi del rumore, i valori di velocità dell'accelerazione sono valutabili sulla scala dei dB, tramite le relazioni:

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

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

Va osservato che un determinato evento vibratorio dà luogo, in generale, a valori in dB di accelerazione e velocità del tutto diversi, in funzione dalle frequenze interessate.

Il passaggio continuo di veicoli sopra un'arteria stradale è fonte d'emissione di vibrazioni nel terreno circostante. Esse possono propagarsi agli edifici situati entro distanze limitate in relazione alla natura del terreno o suolo e dai livelli di vibrazione indotti sul pavimento stradale.

L'origine fisica del fenomeno è la stessa che causa l'emissione primaria di rumore.

L'eccitazione è principalmente in senso verticale, ma nel corso della propagazione nel terreno e dell'interazione con gli edifici possono svilupparsi rilevanti componenti di movimento anche in senso orizzontale.

### **7.2.1. Propagazione delle vibrazioni nel terreno**

Le vibrazioni si propagano nel terreno circostante, alla zona della sorgente, subendo un'attenuazione dipendente dalla natura del terreno, dalla frequenza del segnale, e dalla distanza fra il punto di eccitazione e quello di valutazione dell'effetto.

Si deve distinguere tra tre tipi principali di onde che trasportano energia vibrazionale:

- a) Onde di compressione (onda P)
- b) Onde di taglio (onda S)
- c) Onde di superficie (orizzontali, onde R, e verticali, onde L)

I primi due tipi sono onde di volume ("body-waves"), mentre le onde di superficie, come dice il nome, si propagano sull'interfaccia fra due strati con diverse proprietà meccaniche, principalmente quindi sulla superficie di separazione fra terreno ed aria. La seguente figura mostra schematicamente i diversi tipi di onde.

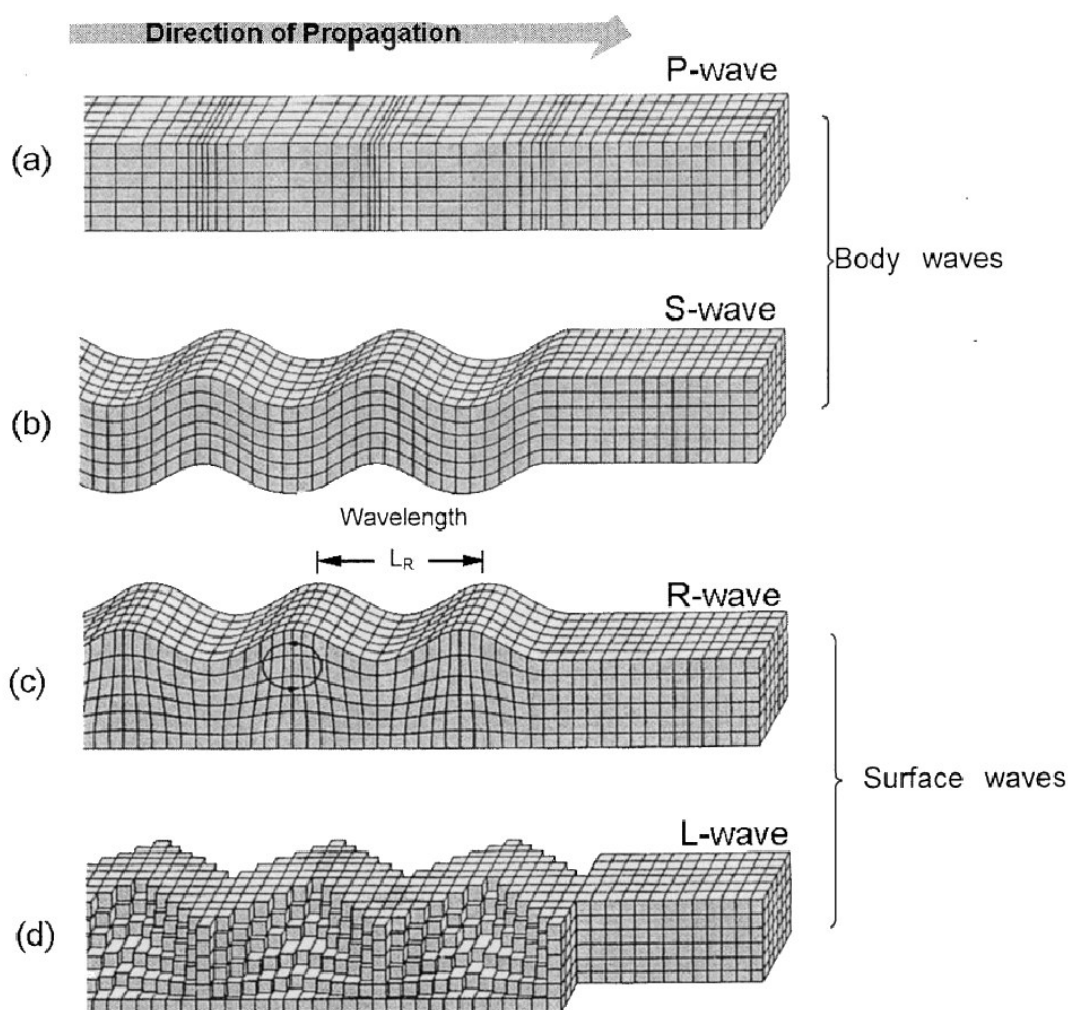


Figura 7.5 – Vari tipi di onde di volume e di superficie.

Va anche osservato che il tipo d) (onde L) non è facilmente eccitato dal transito veicolare, in quanto richiederebbe l'imposizione di moti orizzontali alla fonte delle vibrazioni. Nella pratica, in caso di fondazioni dirette (linea a raso o in rilevato, o nel caso dei viadotti con fondazioni superficiali dirette), si può ritenere un predominio delle onde di superficie, in particolare di tipo R che corrono sull'interfaccia suolo-aria. Nel caso invece di fondazioni profonde (ad es. Pali) si hanno anche onde di compressione e di taglio e le onde di superficie R tendono a correre sulle superfici di separazione fra strati diversi del terreno.

Va inoltre osservato che la velocità di propagazione dei diversi tipi di onde non è la stessa: le onde di compressione (onde P) sono le più veloci, mentre le onde di taglio e di superficie viaggiano con velocità più basse, in dipendenza del valore del modulo di Poisson del terreno. La seguente figura mostra il rapporto fra velocità di propagazione delle onde P ed R riferito alla velocità di propagazione delle onde di superficie S.



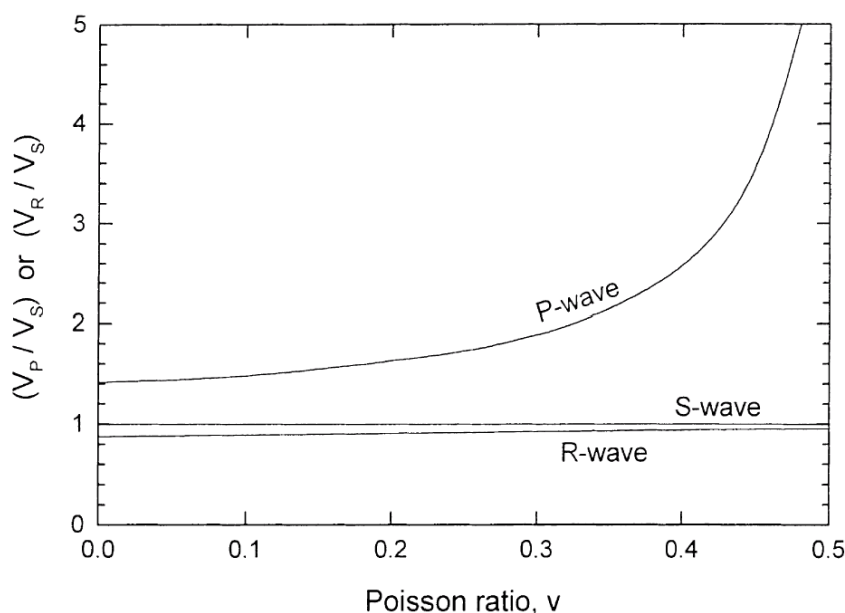


Figura 7.6 – Velocità relativa delle onde P ed R rispetto alle onde S

Il modello di propagazione impiegato, valido per tutti tre i tipi di onde considerati (P, S, R) è basato sulla seguente formulazione:

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

dove:

$\eta$  = fattore di perdita del terreno;

$c$  = velocità di propagazione in m/s

$f$  = frequenza in Hz;

$d$  = distanza in m;

$d_0$  = distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione, assunta pari a 5 m .

L'esponente "n" varia secondo il tipo di onda e di sorgente di vibrazioni (v. Tab. 7.3).

La propagazione delle onde vibrazionali è modellata adottando le seguenti ipotesi:

- La zona di cantiere (dove è prevista la realizzazione del muro in calcestruzzo e del rilevato arginale) è considerata come una sorgente emittente la cui lunghezza corrisponde alla lunghezza dei mezzi d'opera utilizzati nelle varie fasi lavorative;
- la propagazione dell'energia vibrazionale avviene sulla superficie del suolo per mezzo di onde di Rayleigh, la cui ampiezza decresce esponenzialmente in direzione verticale, perpendicolarmente alla superficie del suolo. L'effetto delle onde primarie, secondarie e di Love è trascurato;
- Ogni sorgente emette energia vibrazionale in superficie in modo omnidirezionale.

Tabella 7.3: Valori del coefficiente di attenuazione in relazioni ai vari tipi di onde

Values of attenuation coefficient due to radiation damping for various combinations of source location and type (from Ref. [9])

Source location	Source type	Induced wave	<i>n</i>
Surface	Point	Body wave	2.0
		Surface wave	0.5
	Infinite line	Body wave	1
		Surface wave	0
In-depth	Point	Body wave	1.0
	Infinite line		0.5

Sulla base di quanto affermato emerge che le condizioni maggiormente critiche in termini di impatto da vibrazione si manifestano per sorgenti concentrate, con esponente  $n = 0.5$  per le onde di superficie (predominanti in caso di sorgente posta in superficie), e  $n = 1$  per le onde di volume (predominanti in caso di sorgente profonda, come nel caso di fondazione su pali).

Emerge quindi che la propagazione delle vibrazioni, a partire da una sorgente posta in profondità, è dotata, anche nel caso di terreno omogeneo, di una più rapida attenuazione al crescere della distanza dalla sorgente medesima.

Il termine esponenziale  $e^{-2\pi \cdot f \cdot \eta / c \cdot (d-d_0)}$  descrive il fenomeno di dissipazione energetica in calore, che cresce proporzionalmente alla frequenza. In altri termini le vibrazioni alle alte frequenze si estinguono dopo un breve percorso, mentre quelle alle frequenze più basse si propagano a distanze maggiori. Il rapporto  $\eta/c$  dipende dal tipo di terreno, ed assume valori elevati nel caso di suoli soffici, mentre assume valori molto modesti nel caso di pavimentazioni rigide in CLS.

A titolo illustrativo, la seguente figura mostra l'attenuazione del livello di accelerazione in funzione della distanza dalla sorgente e della frequenza, avendo ipotizzato un valore di velocità di propagazione "c" pari a 200 m/s ed un fattore di smorzamento pari a  $\eta = 0,05$ . Tali valori sono abbastanza tipici di terreni fini argillosi e limosi mediamente compatti e di terreni sabbiosi da sciolti a mediamente densi, per propagazione superficiale.

Dalla figura si può osservare come a bassa frequenza l'attenuazione sia modesta anche a distanze notevoli, mentre a frequenze più elevate a qualche decina di metri di distanza dalla sorgente le attenuazioni sono molto grandi.

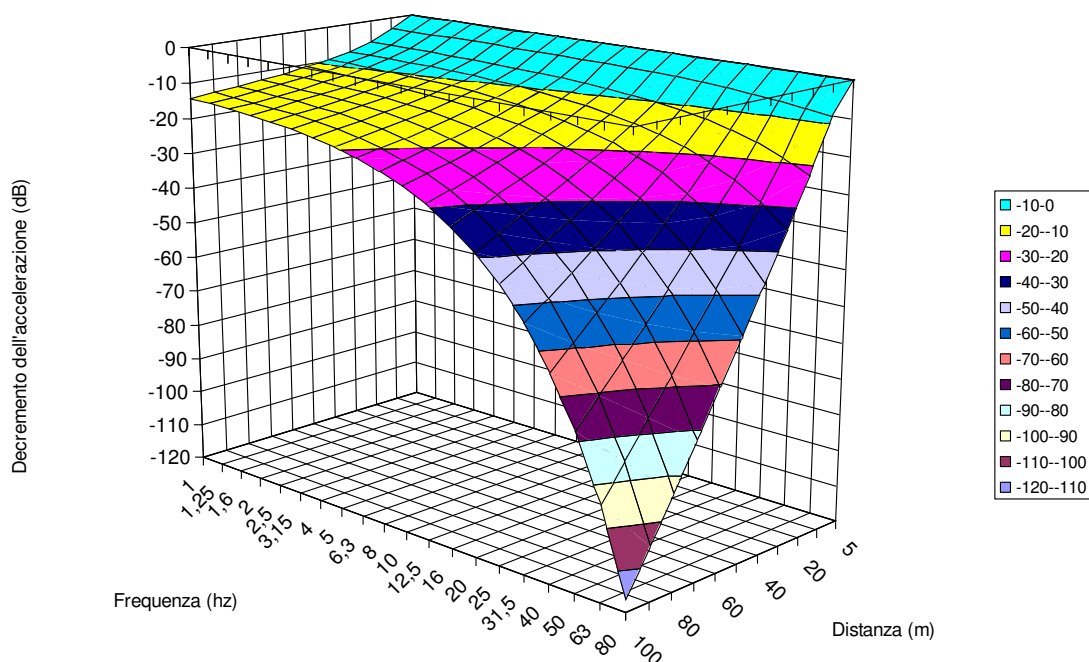


Figura 7.7 – Attenuazione in funzione della frequenza e della distanza per onde superficiali.

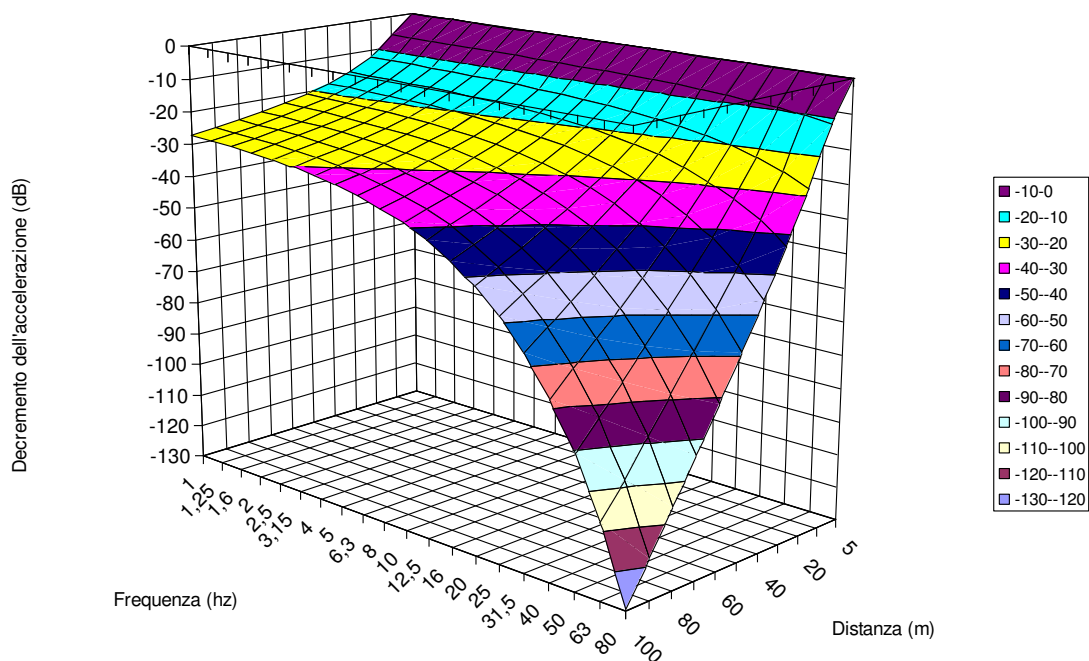


Figura 7.8 – Attenuazione in funzione della frequenza e della distanza per onde di volume.

Si deve anche tenere conto che, se nel terreno si hanno superfici di separazione fra strati con diversa impedenza meccanica, una quota di energia è riflessa da tali superfici di discontinuità e non è quindi percepita al di là di esse. In particolare, se l'eccitazione avviene al di sotto dello strato superficiale



sovracconsolidato, l'interfaccia fra esso ed il terreno incoerente sottostante riduce l'ampiezza delle vibrazioni che riescono ad attraversare tale interfaccia. Il fattore che esprime tale attenuazione, sempre minore di 1, è legato al rapporto fra le impedenze dei due strati (si rammenta che l'impedenza è data dal prodotto fra la velocità di propagazione delle onde di taglio e la densità del materiale). Esso è espresso dalla seguente relazione:

$$F_r = \frac{1 + \frac{\rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1}}{2}$$

In cui il pedice 1 si riferisce al materiale con impedenza più bassa dei due. Se ad esempio consideriamo l'interfaccia fra uno strato profondo soffice ed incoerente, con densità  $\rho_1$  pari a 1850 kg/m<sup>3</sup> ed una velocità di propagazione delle onde di taglio pari a 150 m/s, ed uno strato superficiale sovracconsolidato, con densità  $\rho_2$  pari a 1900 kg/m<sup>3</sup> e velocità di propagazione pari a 400 m/s, si ha un fattore di attenuazione per riflessione  $F_r$  pari a 0,68, cioè pari a -3.3 dB.

### **7.2.2. Attenuazioni ed amplificazioni nella struttura degli edifici**

Il modello semplificato di propagazione illustrato nel precedente paragrafo si riferisce ai soli fenomeni che avvengono nel terreno, supposto omogeneo ed isotropo (perlomeno all'interno di ogni strato). In presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione di vario genere, accade che i livelli di accelerazione riscontrabili all'interno degli edifici stessi possono presentare sia attenuazioni, sia amplificazioni rispetto ai livelli sul terreno.

In particolare, diversi sistemi di fondazione producono un'attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante; tale aspetto è legato al fatto che l'interfaccia terreno-struttura non è perfettamente solidale, e pertanto genera fenomeni dissipativi. Detto fenomeno è condizionato dalla tipologia delle fondazioni (a platea, su plinti isolati, su travi rovescie, su pali, etc.). Nel caso di fondazioni a platea la grande area di contatto con il terreno determina una perdita di accoppiamento praticamente di 0 dB alle basse frequenze, sino alla frequenza di risonanza della fondazione.

Per le altre tipologie di fondazioni possono essere utilizzate curve empiriche che consentono la stima dei livelli di vibrazione della fondazione in funzione dei livelli di vibrazione del terreno (figura 7.9).

Va inoltre preso in esame il fenomeno della risonanza strutturale di elementi dei fabbricati, in particolare dei solai: allorché la frequenza di eccitazione coincide con la frequenza naturale di oscillazione libera della struttura, la stessa manifesta un rilevante aumento dei livelli di vibrazione rispetto a quelli presenti alla base della stessa.

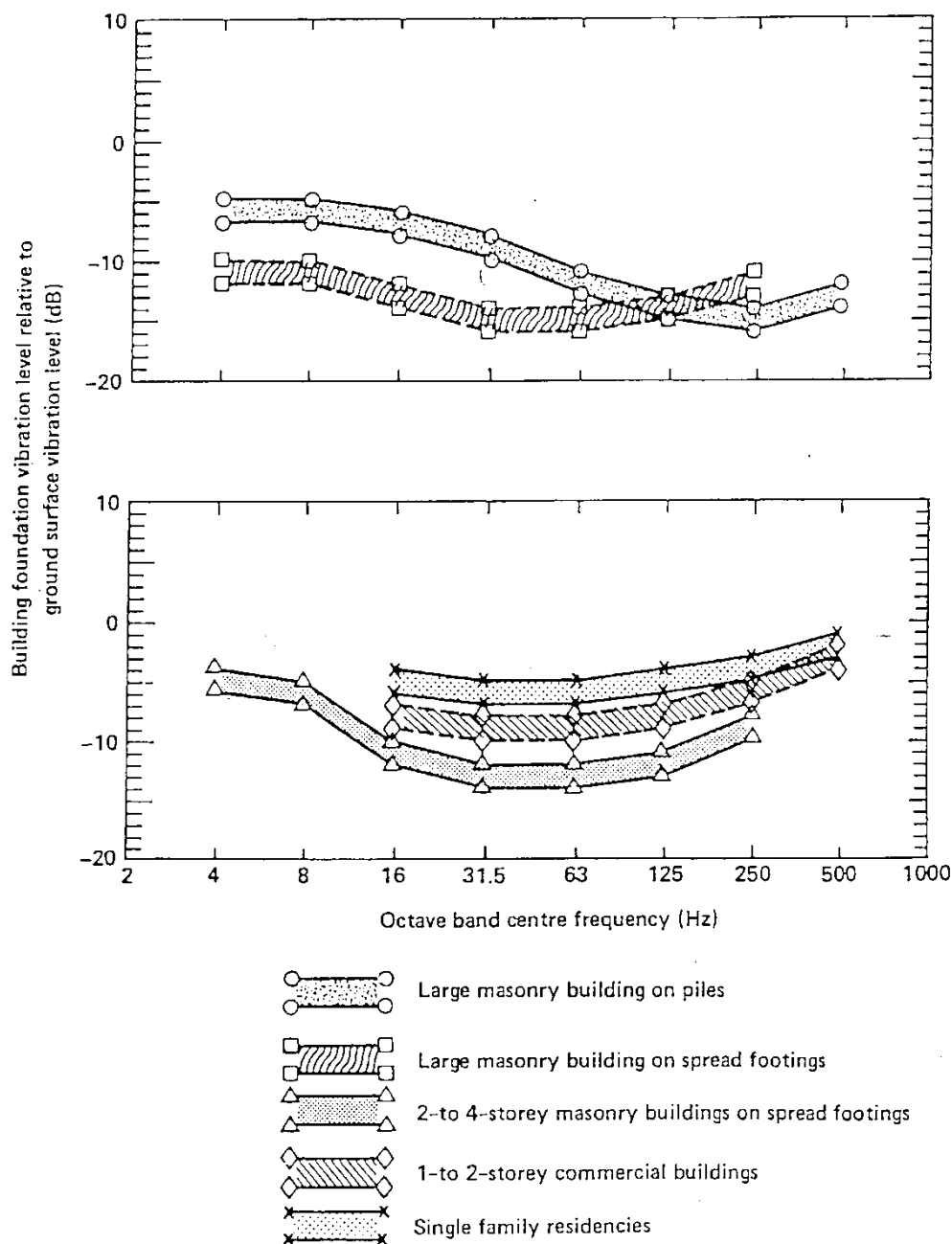


Figura 7.9 – Attenuazione dovuta a diversi tipi di fondazione

In fig. 7.10 è evidenziato il possibile campo di amplificazione delle vibrazioni dovuto alla risonanza dei solai, che come si nota oscilla fra 5 e 12 dB nel campo di frequenze rilevanti dal punto di vista del traffico stradale.

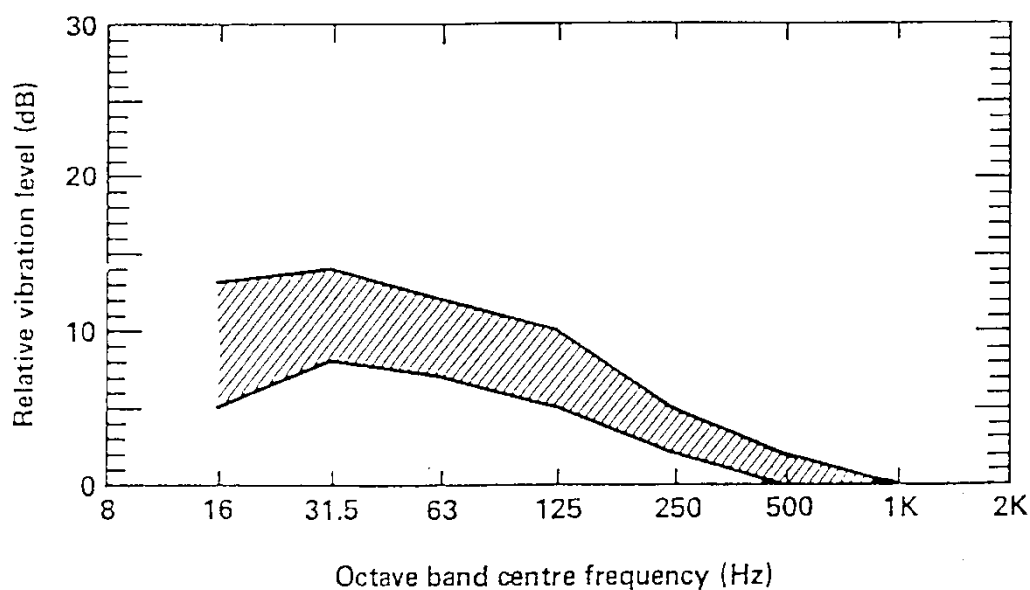


Figura 7.10 – Amplificazione prodotta dai solai

Fortunatamente passando da ogni piano a quello sovrastante si verifica una progressiva riduzione dei livelli di vibrazione trasmessi. La fig. 7.11 mostra il campo di variabilità tipico di tale attenuazione interpiano.

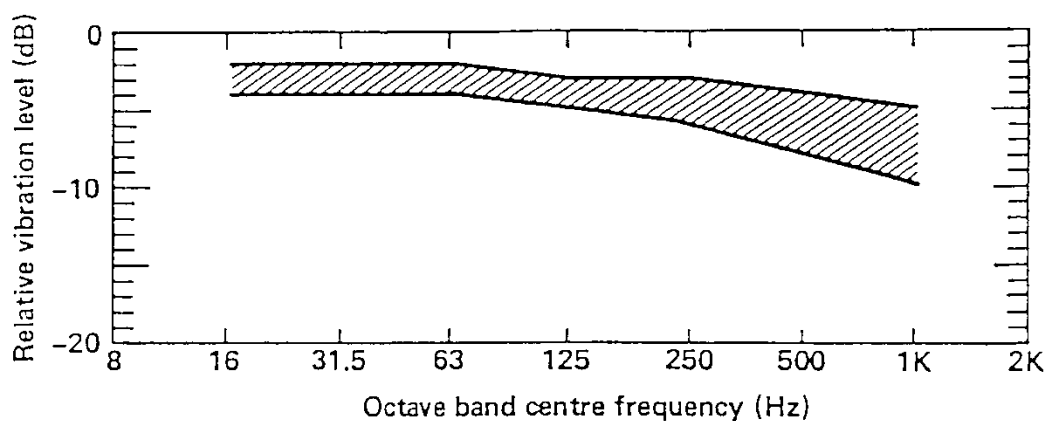


Figura 7.11 – Attenuazione da un piano al successivo

Un'analisi dei dati disponibili in bibliografia mostra che:

- in base ai dati prodotti dalle Ferrovie Tedesche, e desumibili dalla norma DIN 4150, gli incrementi per risonanza possono essere dell'ordine di 3 – 8 volte, con rari casi fino a 15 volte;



- le misure di Ishii e Tachibana mostrano un'attenuazione interpiana che varia progressivamente da 3 dB ai piani bassi sino a 1 dB negli ultimi piani di un edificio a 10 piani con struttura in CLS armato e acciaio;
- le misure effettuate dalle Ferrovie Svizzere hanno mostrato che mediamente i livelli di accelerazione misurati sui pavimenti sono superiori di circa 5 dB rispetto a quelli misurati sul terreno, in alcuni casi si può arrivare ad un incremento anche di 20 dB nel caso del pavimento del piano terra con frequenza di risonanza di circa 40 Hz.

E' ovvio quindi come l'effetto complessivo di questi fenomeni possa in genere portare ad una variazione dei livelli di vibrazione, misurati al centro dei solai, da 0 a +12 dB rispetto ai livelli sul terreno.

Una stima dell'effetto locale di riduzione/amplificazione di ciascun edificio è possibile parametrizzando gli effetti combinati secondo il seguente schema.

Innanzitutto si valuta l'attenuazione delle fondazioni. Essa è assunta pari a 0 dB per le fondazioni a platea, a 3 dB per fondazioni su travi rovesce in CLS, ed a 5 dB nel caso di fondazioni in muratura o comunque nel caso di fondazioni che non abbiano capacità di immersione.

Si valuta poi l'amplificazione dovuta alla risonanza dei solai. Il valore di base assunto è un'amplificazione di 5 dB per solai in latero-cemento con frequenza propria di 20 Hz. A questo valore di base si aggiungono i seguenti effetti:

- Effetto della variazione della frequenza di risonanza: se la stessa è maggiore di 20 Hz e minore di 40 Hz, si incrementa linearmente il valore di base, che viene fatto variare da 5 dB a 20 Hz sino a 20 dB a 40 Hz

- Effetto dell'incastro del solaio:

Appoggio semplice	-2.0 dB
Incastro imperfetto	0.0 dB
Incastro perfetto	+5.0 dB

- Rapporto rigidità/peso specifico del materiale

Solaio in laterocemento	0.0 dB
Volte o archi in muratura	-4.0 dB

- Spessore del solaio:

h = 40 cm	+8.0 dB
h = 30 cm	+3.0 dB
h = 24 cm	0.0 dB
h = 12 cm	-2.5 dB

- Luce del solaio

L = 10 m	-4.0 dB
L = 7 m	-3.0 dB
L = 5 m	-2.0 dB
L = 4 m	0.0 dB
L = 3.5 m	+3.0 dB
L = 3.0 m	+8.0 dB

- Attenuazione interpiano: si assume prudenzialmente una riduzione di 1 dB per ogni piano al di sopra del piano terra.

Sulla base delle parametrizzazioni suddette, diviene possibile stimare in maniera approssimata per ogni edificio, note le sue caratteristiche costruttive, l'eventuale effetto di amplificazione massima sul solaio più sfavorito.

### **7.3. Sorgente di vibrazioni**

Lo spettro di emissione dei macchinari di cantiere e dei mezzi che potranno essere impiegati in cantiere è stato reperito dalla bibliografia specializzata "L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publ., che alle pagine 231-241 riporta una serie di dati sperimentali sull'emissione di vibrazioni da parte di svariati tipi di mezzi.

Da tale raccolta di dati è stato estratto lo spettro di emissione dei seguenti mezzi elencati peraltro nel precedente capitolo 1.5:

- autocarro: spettro di emissione illustrato in Fig. 7.12;
- compattatore a rullo vibrante: spettro di emissione illustrato in Fig. 7.13;
- pala cingolata: spettro di emissione illustrato in Fig. 7.14;
- pala gommata: spettro di emissione illustrato in Fig. 7.15.

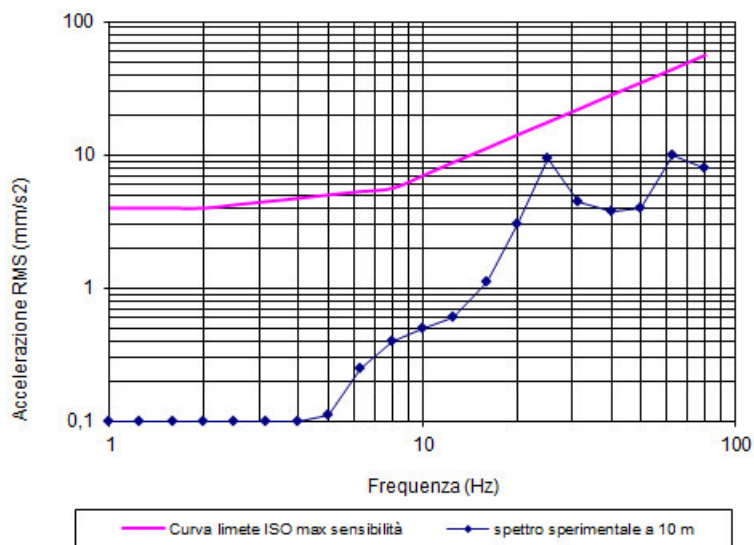


Figura 7.12 - Spettro di emissione della sorgente di un autocarro

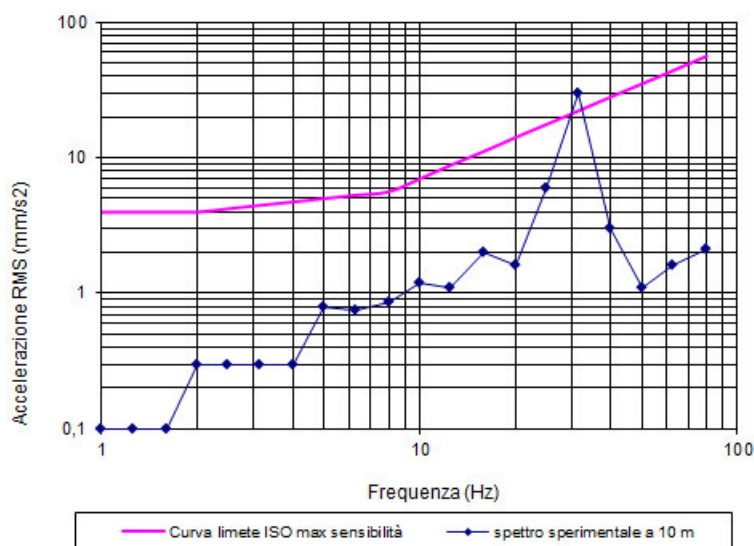


Figura 7.13 - Spettro di emissione della sorgente di un compattatore a rullo vibrante

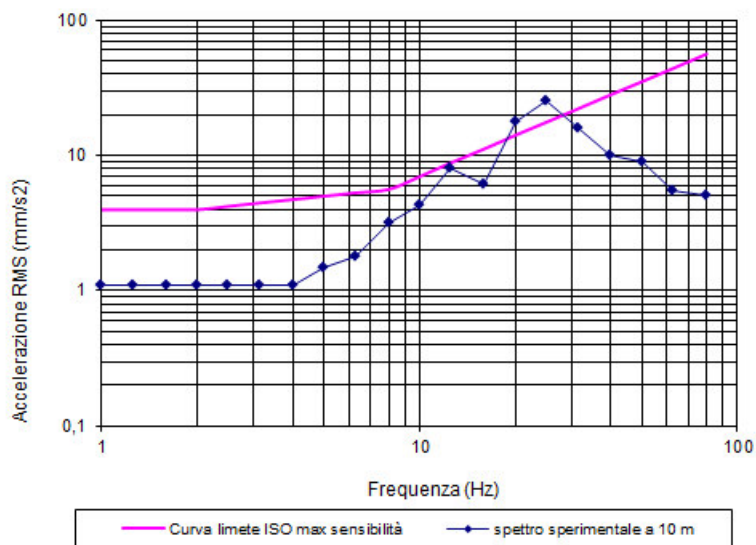


Figura 7.14 - Spettro di emissione della sorgente di una pala cingolata

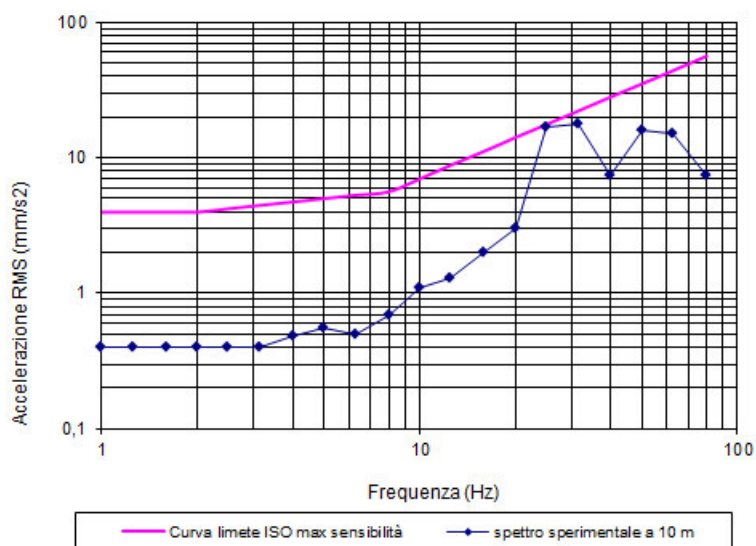


Figura 7.15 - Spettro di emissione della sorgente di una pala gommata



#### 7.4. Proprietà meccaniche del terreno

La cassa d'espansione del T. Baganza, in tutto il suo sviluppo, copre un'area di grande estensione che ricade completamente nei depositi di canale fluviale e argine prossimale. Si tratta di un'unità geologica, rientrante nell'arco temporale dell'Olocene, costituita da litologie a comportamento granulare prevalente per la presenza di ghiaie in matrice sabbiosa e limosa con ridotto spessore di copertura fine limo-sabbiosa.

In particolare l'opera per tutto il suo sviluppo è caratterizzata da terreni di fondazione prevalentemente ghiaiosi con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie fini limose.

Sulla base delle litologie affioranti e delle indagini eseguite dalla ditta Vicenzetto sono riportate in seguito le principali caratteristiche geotecniche:

- Peso di volume -  $\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio -  $\phi' = 30 - 35 (^{\circ})$
- Coefficiente di Poisson -  $\nu = 0,3$
- Velocità onde di superficie  $V_R = 325 \text{ m/s}$
- Velocità onde di taglio  $V_S = 350 \text{ m/s}$

#### 7.5. Valutazione della propagazione delle vibrazioni

La valutazione della propagazione delle vibrazioni è sviluppata implementando la sorgente di vibrazione (mezzo di trasporto e/o di cantiere) definita nel precedente cap. 7.3 con i dati caratteristici delle onde di superficie relative alle tipologie di terreno affioranti (v. cap. 7.4).

Sulla base dell'utilizzo delle fonti dei dati, è stata derivata la legge di propagazione delle vibrazioni con la distanza.

##### 7.5.1. Propagazione delle vibrazioni indotte da un autocarro

I dati di riferimento dei terreni affioranti sono:

- velocità di propagazione delle onde di superficie:  $V_R = 325 \text{ m/s}$ ;
- fattore di smorzamento:  $\eta = 0.03$ .

Il coefficiente di smorzamento è stato ricavato sulla base dei seguenti fattori ricavati dalle indagini geognostiche effettuate dalla Ditta Vicenzetto nell'ambito della progettazione definitiva dell'opera in esame ed applicando le relazioni di Stokoe et al. 1999, 2004<sup>2</sup>:

---

<sup>2</sup> Stokoe K.H. Darendeli M.B. Andrus R.D. Brown L.T. (1999): *dynamic soil properties: laboratory field and correlation studies, Proceedings II International Conference on earthquake Geotechnical Engineering, Lisbona.*

- litologia: terreni di fondazione prevalentemente ghiaiosi con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie fini limose;
- caratteristiche geotecniche:
  - Peso di volume -  $g = 19,0 \text{ kN/m}^3$
  - Angolo di resistenza al taglio -  $f' = 30 - 35 (^{\circ})$
  - Coefficiente di Poisson -  $u = 0,3$
  - Velocità onde di superficie VR = 325 m/s
  - Velocità onde di taglio VS = 350 m/s

Sulla base di tali dati, utilizzando lo spettro tipico di emissione del mezzo pesante e la legge di propagazione tarati sperimentalmente, è possibile estrapolare lo spettro del livello di accelerazione ponderata in funzione della distanza dall'area di cantiere.

E' stato assunto un valore di emissione di 85.0 dB alla distanza di 10 m dall'asse del cantiere, riferito al passaggio di un mezzo pesante.

La seguente figura mostra la progressiva modifica che lo spettro della sollecitazione subisce al variare della distanza dall'asse del cantiere.

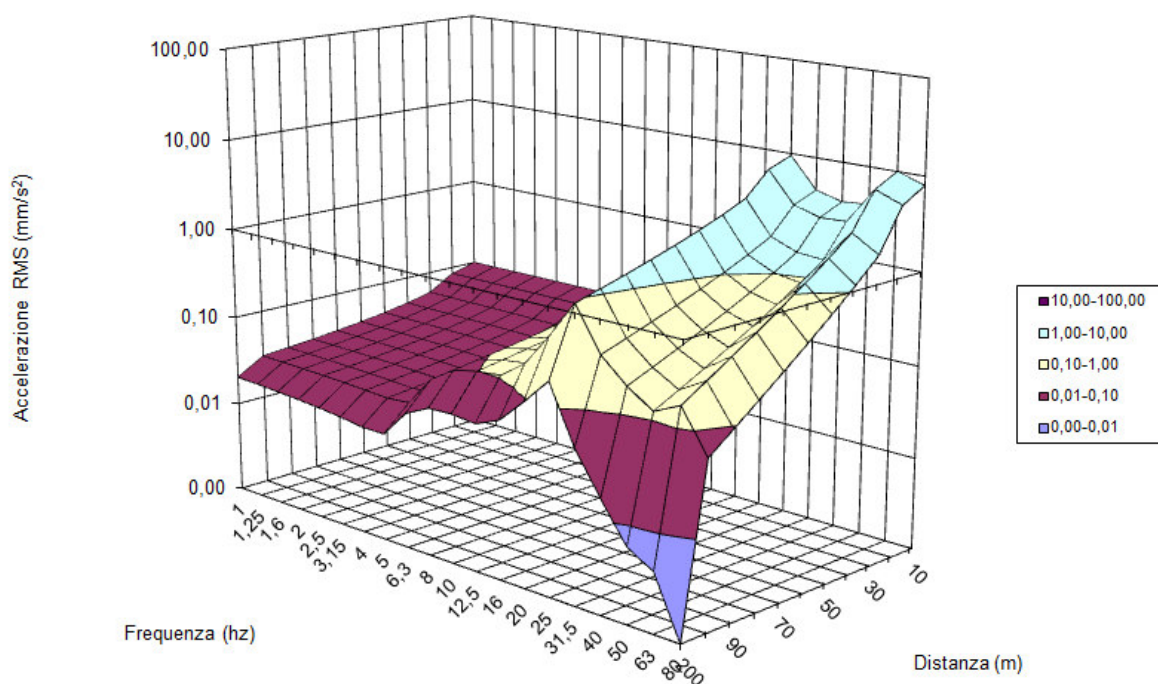


Figura 7.16 – Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza

*Stokoe K.H. Darendeli M.B. Gilbert R.B. Menq F.Y. Choi W.K. L.T. (2004): development of a new family of normalized modulus reduction and material damping curves.*

A ciascuna distanza dall'asse del cantiere diventa a questo punto agevole calcolare il livello complessivo di accelerazione ponderata, come somma dei livelli alle singole frequenze. Operando in questo modo è stata calcolata la legge di variazione del livello di accelerazione ponderata in funzione della distanza dal cantiere, che è mostrata graficamente nella figura seguente.

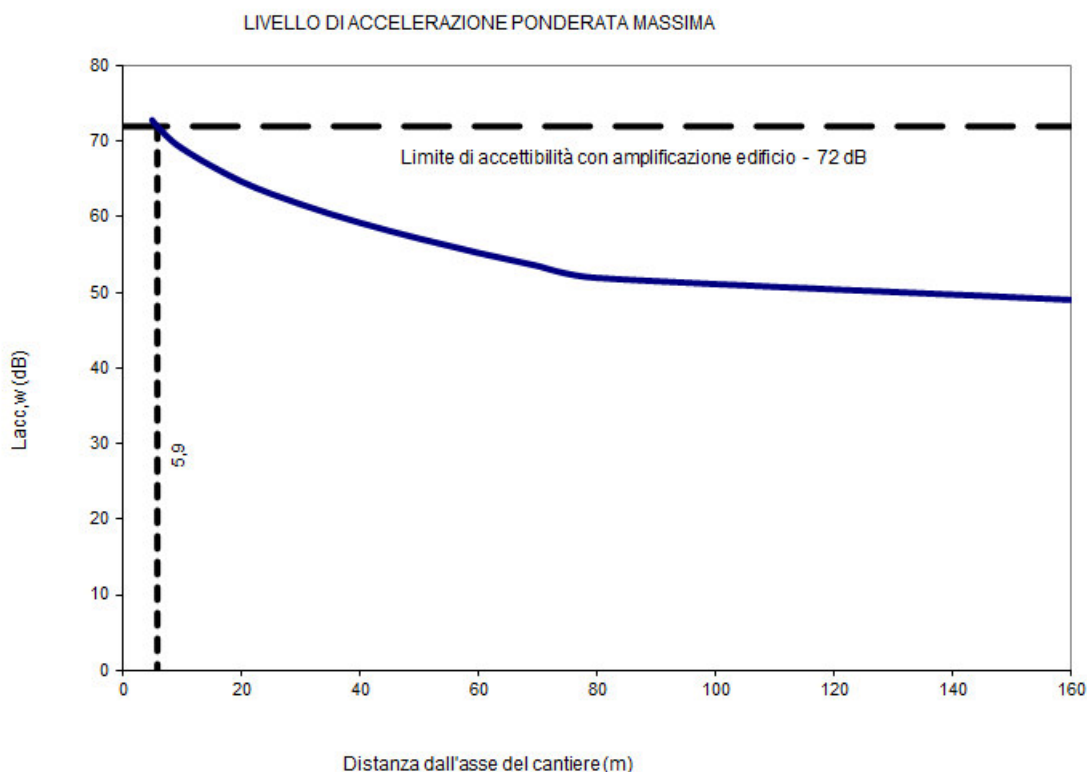


Figura 7.17 – Livello di accelerazione massimo in funzione della distanza dal cantiere

Nella Figura 7.17 è stata anche indicata la linea orizzontale corrispondente al limite di accettabilità (72 dB) tenuto conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB, ma in realtà variabili da edificio ad edificio). Per essere più precisi, il valore esatto della distanza dall'asse del cantiere a cui tale limite prudenziale, pari a  $77 - 5 = 72$  dB, è raggiunto e indicato anche numericamente, ad una distanza pari a circa 5,9 m.

Questo significa che tutti i recettori posti a distanze maggiori sono sicuramente esenti da ogni tipo di problematica vibrazionale. In realtà, anche i recettori situati a distanza inferiore ai 5,9 m dall'asse del cantiere non necessariamente saranno caratterizzati da livelli di accelerazione ponderata eccedenti il limite di norma, in quanto non necessariamente si avrà una amplificazione dovuta alla risonanza dei solai dell'ordine dei 5 dB.

### 7.5.2. Propagazione delle vibrazioni indotte da un rullo vibrante

I dati di riferimento dei terreni affioranti sono:

- velocità di propagazione delle onde di superficie:  $V_R = 325$  m/s;
- fattore di smorzamento:  $\eta = 0.03$ .

Sulla base di tali dati, utilizzando lo spettro tipico di emissione del mezzo pesante e la legge di propagazione tarati sperimentalmente, è possibile estrapolare lo spettro del livello di accelerazione ponderata in funzione della distanza dall'area di cantiere.

E' stato assunto un valore di emissione di 89.8 dB alla distanza di 10 m dall'asse del cantiere, riferito alla lavorazione del rullo vibrante.

La seguente figura mostra la progressiva modifica che lo spettro della sollecitazione subisce al variare della distanza dall'asse del cantiere.

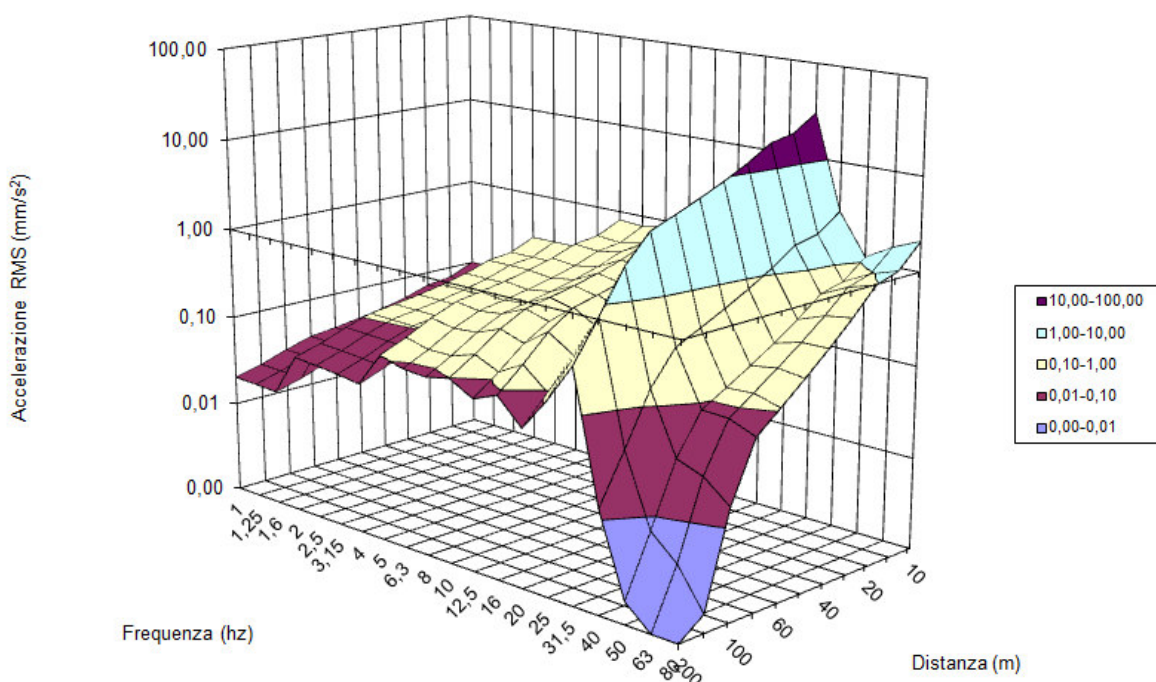


Figura 7.18 – Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza

A ciascuna distanza dall'asse del cantiere diventa a questo punto agevole calcolare il livello complessivo di accelerazione ponderata, come somma dei livelli alle singole frequenze. Operando in questo modo è stata calcolata la legge di variazione del livello di accelerazione ponderata in funzione della distanza dal cantiere, che è mostrata graficamente nella figura seguente.



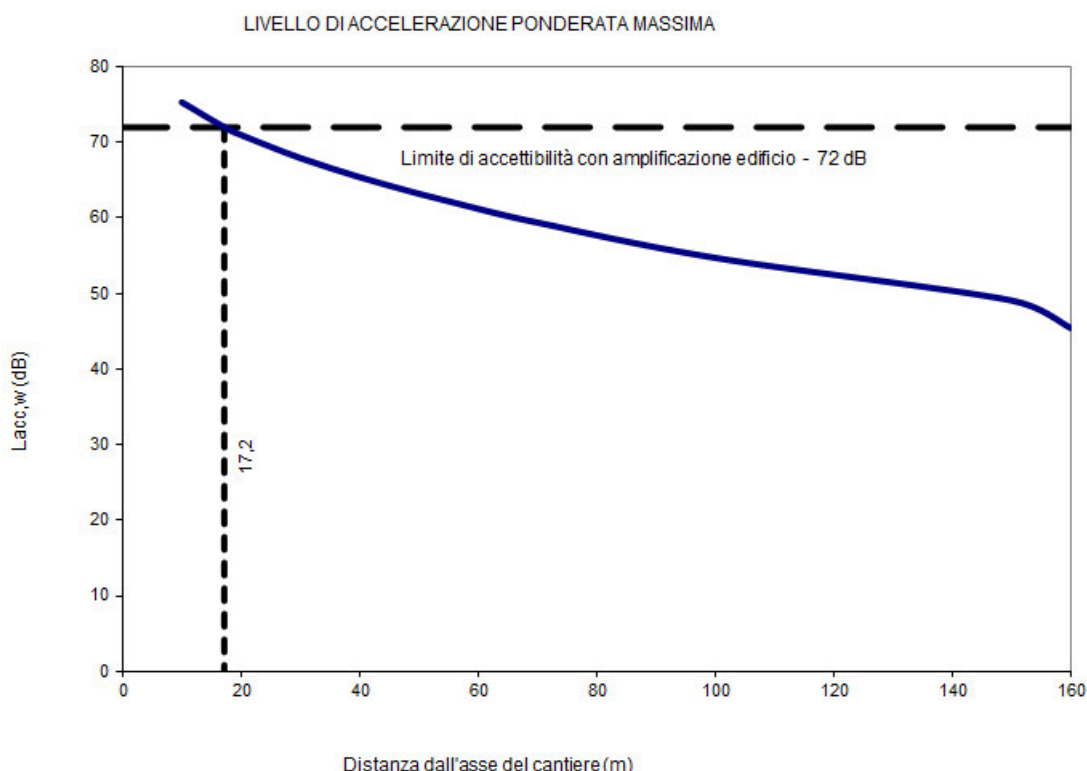


Figura 7.19 – Livello di accelerazione massimo in funzione della distanza dal cantiere

Nella Figura 7.19 è stata anche indicata la linea orizzontale corrispondente al limite di accettabilità (72 dB) tenuto conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB, ma in realtà variabili da edificio ad edificio). Per essere più precisi, il valore esatto della distanza dall'asse del cantiere a cui tale limite prudenziale, pari a  $77 - 5 = 72$  dB, è raggiunto e indicato anche numericamente, ad una distanza pari a circa 17,2 m.

Questo significa che tutti i recettori posti a distanze maggiori sono sicuramente esenti da ogni tipo di problematica vibrazionale. In realtà, anche i recettori situati a distanza inferiore ai 17,2 m dall'asse del cantiere non necessariamente saranno caratterizzati da livelli di accelerazione ponderata eccedenti il limite di norma, in quanto non necessariamente si avrà una amplificazione dovuta alla risonanza dei solai dell'ordine dei 5 dB.

### 7.5.3. Propagazione delle vibrazioni indotte da una pala cingolata

I dati di riferimento dei terreni affioranti sono:

- velocità di propagazione delle onde di superficie:  $V_R = 325$  m/s;
- fattore di smorzamento:  $\eta = 0.03$ .

Sulla base di tali dati, utilizzando lo spettro tipico di emissione del mezzo pesante e la legge di propagazione tarati sperimentalmente, è possibile estrapolare lo spettro del livello di accelerazione ponderata in funzione della distanza dall'area di cantiere.

E' stato assunto un valore di emissione di 92.0 dB alla distanza di 10 m dall'asse del cantiere, riferito alla lavorazione della pala cingolata.

La seguente figura mostra la progressiva modifica che lo spettro della sollecitazione subisce al variare della distanza dall'asse del cantiere.

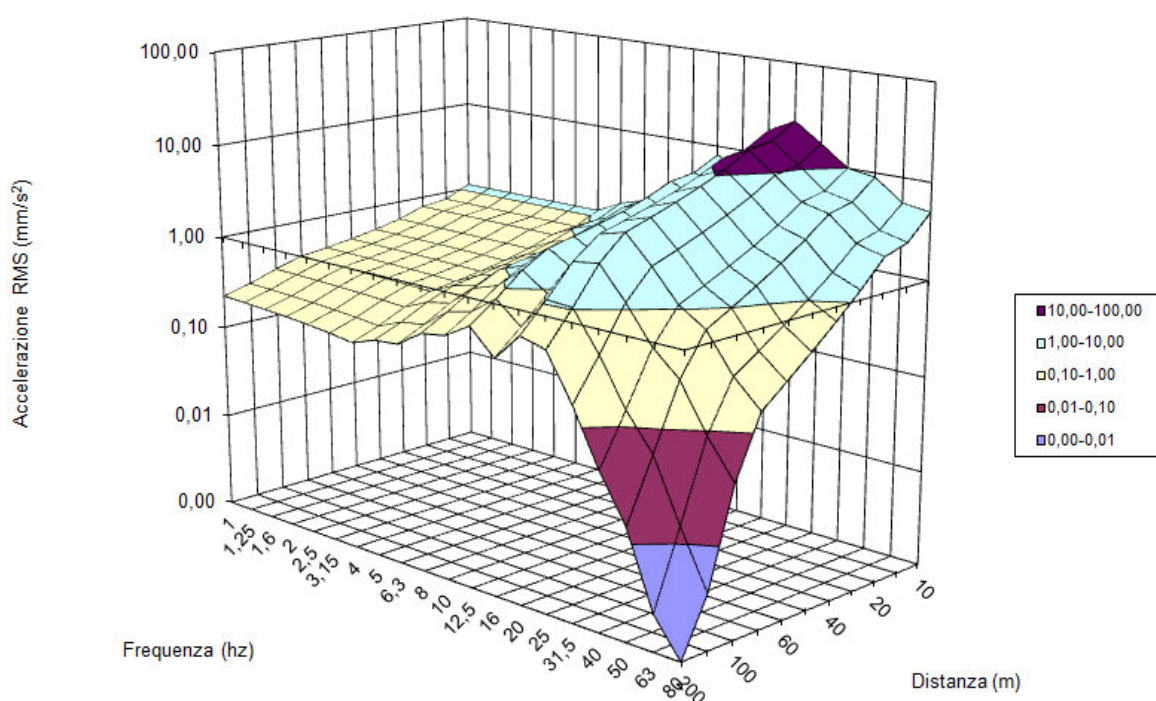


Figura 7.20 – Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza

A ciascuna distanza dall'asse del cantiere diventa a questo punto agevole calcolare il livello complessivo di accelerazione ponderata, come somma dei livelli alle singole frequenze. Operando in questo modo è stata calcolata la legge di variazione del livello di accelerazione ponderata in funzione della distanza dal cantiere, che è mostrata graficamente nella figura seguente.

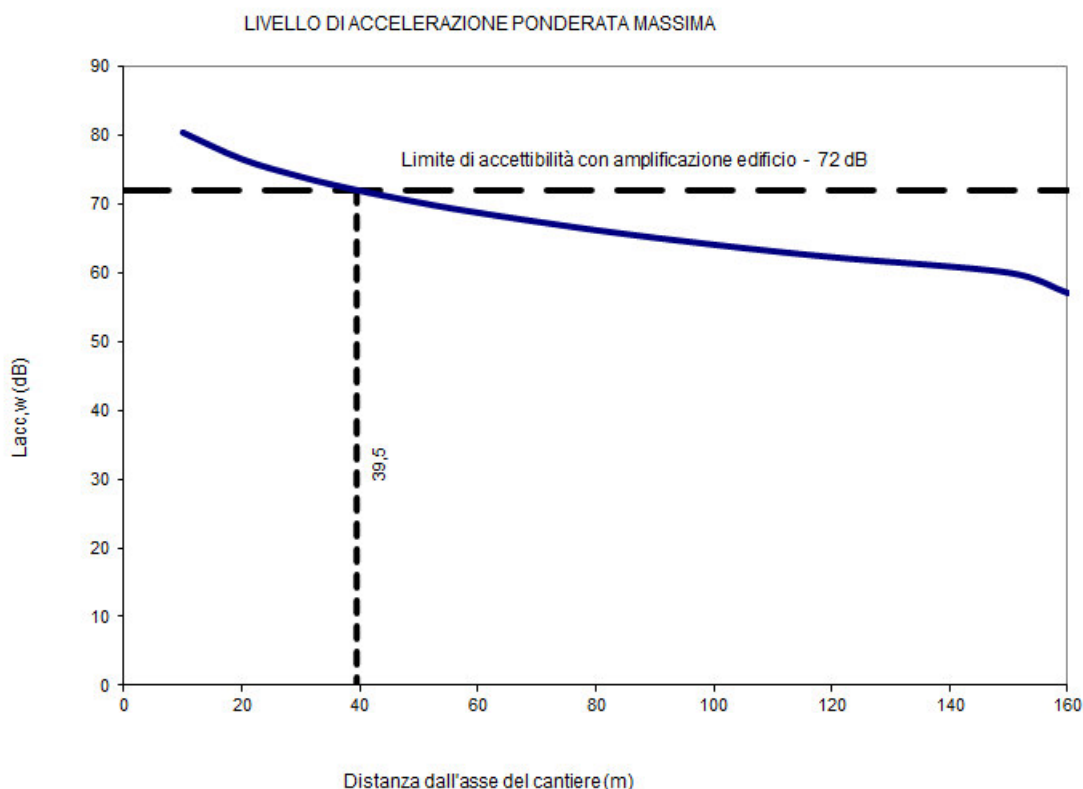


Figura 7.21 – Livello di accelerazione massimo in funzione della distanza dal cantiere

Nella Figura 7.21 è stata anche indicata la linea orizzontale corrispondente al limite di accettabilità (72 dB) tenuto conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB, ma in realtà variabili da edificio ad edificio). Per essere più precisi, il valore esatto della distanza dall'asse del cantiere a cui tale limite prudenziale, pari a  $77 - 5 = 72$  dB, è raggiunto e indicato anche numericamente, ad una distanza pari a circa 39,5 m.

Questo significa che tutti i recettori posti a distanze maggiori sono sicuramente esenti da ogni tipo di problematica vibrazionale. In realtà, anche i recettori situati a distanza inferiore ai 39,5 m dall'asse del cantiere non necessariamente saranno caratterizzati da livelli di accelerazione ponderata eccedenti il limite di norma, in quanto non necessariamente si avrà una amplificazione dovuta alla risonanza dei solai dell'ordine dei 5 dB.

#### 7.5.4. Propagazione delle vibrazioni indotte da una pala gommata

I dati di riferimento dei terreni affioranti sono:

- velocità di propagazione delle onde di superficie:  $V_R = 325$  m/s;
- fattore di smorzamento:  $\eta = 0.03$ .

Sulla base di tali dati, utilizzando lo spettro tipico di emissione del mezzo pesante e la legge di propagazione tarati sperimentalmente, è possibile estrapolare lo spettro del livello di accelerazione ponderata in funzione della distanza dall'area di cantiere.

E' stato assunto un valore di emissione di 90.9 dB alla distanza di 10 m dall'asse del cantiere, riferito alla lavorazione della pala gommata a pieno carico.

La seguente figura mostra la progressiva modifica che lo spettro della sollecitazione subisce al variare della distanza dall'asse del cantiere.

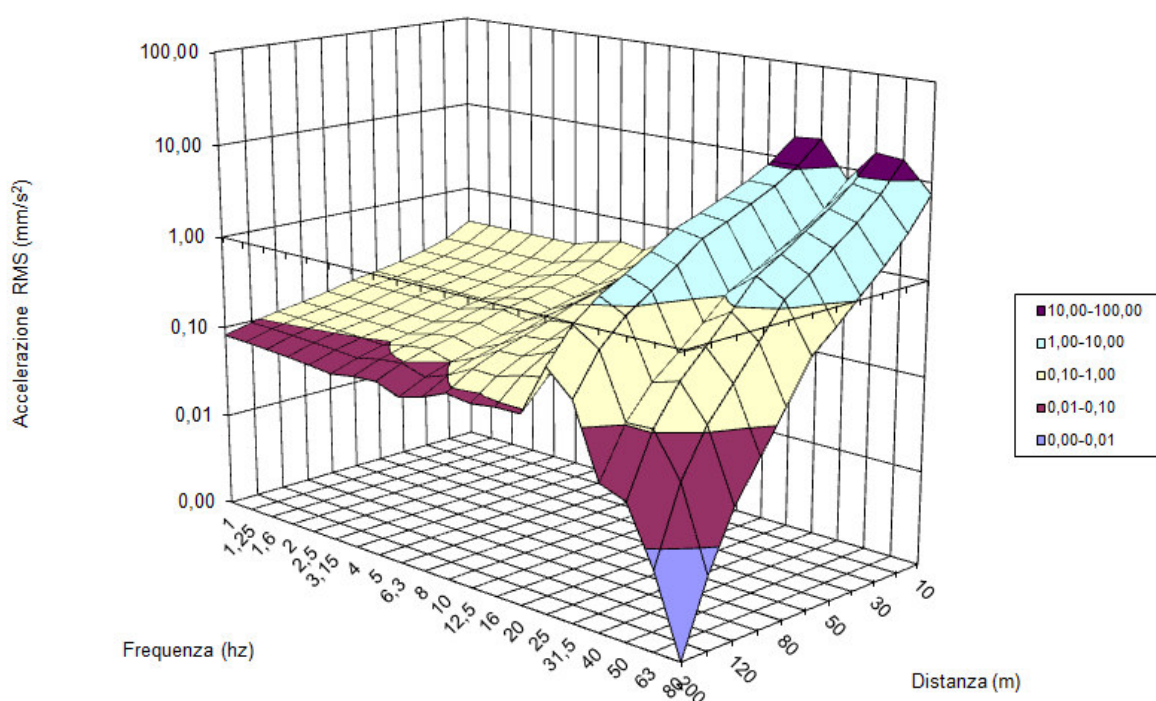


Figura 7.22 – Modifica dello spettro dell'accelerazione ponderata in funzione della distanza

A ciascuna distanza dall'asse del cantiere diventa a questo punto agevole calcolare il livello complessivo di accelerazione ponderata, come somma dei livelli alle singole frequenze. Operando in questo modo è stata calcolata la legge di variazione del livello di accelerazione ponderata in funzione della distanza dal cantiere, che è mostrata graficamente nella figura seguente.



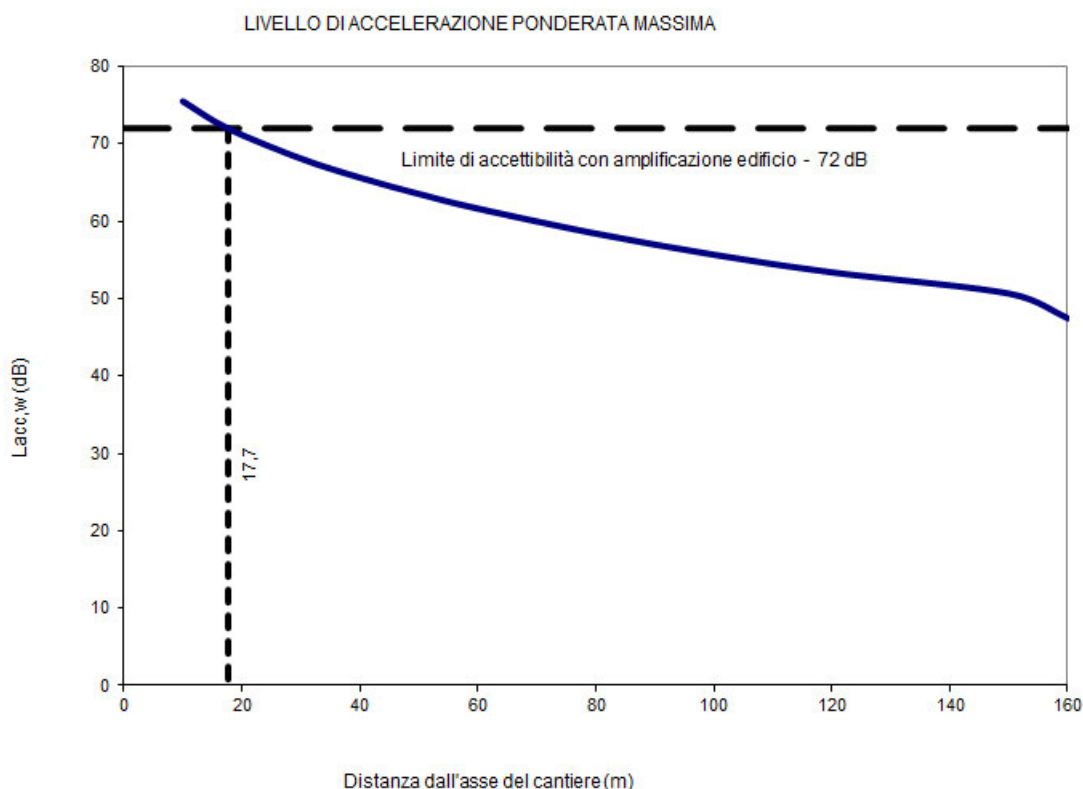


Figura 7.23 – Livello di accelerazione massimo in funzione della distanza dal cantiere

Nella Figura 7.23 è stata anche indicata la linea orizzontale corrispondente al limite di accettabilità (72 dB) tenuto conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB, ma in realtà variabili da edificio ad edificio). Per essere più precisi, il valore esatto della distanza dall'asse del cantiere a cui tale limite prudenziale, pari a  $77 - 5 = 72$  dB, è raggiunto e indicato anche numericamente, ad una distanza pari a circa 17,7 m.

Questo significa che tutti i recettori posti a distanze maggiori sono sicuramente esenti da ogni tipo di problematica vibrazionale. In realtà, anche i recettori situati a distanza inferiore ai 17,7 m dall'asse del cantiere non necessariamente saranno caratterizzati da livelli di accelerazione ponderata eccedenti il limite di norma, in quanto non necessariamente si avrà una amplificazione dovuta alla risonanza dei solai dell'ordine dei 5 dB.

## 7.6. Conclusioni sulla componente vibrazioni

Sulla base delle valutazioni analitiche e delle considerazioni effettuate emerge quanto segue:

- la determinazione della sorgente vibrazionale è stata basata su rilievi strumentali reperibili dalla bibliografia specializzata;
- il livello di accettabilità è stato scelto pari a 72 dB nella fase di cantiere; tale valore prende in considerazione il valore di 77 dB che rappresenta il limite diurno per gli edifici residenziali,

desunto dalla norma UNI9614, e il valore di 5 dB relativo ad eventuali amplificazioni per effetto dei solai;

- sono stati presi in considerazione il traffico e le lavorazioni dei mezzi pesanti, considerando come rappresentativi 4 mezzi d'opera con livello di vibrazione non ponderato associato al singolo evento (SEVL – Single Event Vibration Level) pari a: autocarro  $SEVL_{truck} = 85$  dB alla distanza di 10 m; rullo vibrante  $SEVL_{rullo} = 89,8$  dB alla distanza di 10 m; pala cingolata  $SEVL_{pala-cingolata} = 92$  dB alla distanza di 10 m; pala gommata  $SEVL_{pala-gommata} = 90,9$  dB alla distanza di 10 m;
- si tratta di mezzi d'opera di potenza medio alta, normalmente utilizzati nei cantieri italiani di medio-grandi dimensioni; nel caso il progetto esecutivo prevedesse l'impiego di mezzi maggiormente performanti occorrerà ridefinire l'energia trasmessa dai mezzi al terreno;
- le proprietà dei terreni, in termini di velocità delle onde di superficie e dei fattori di smorzamento, sono state desunte dalle indagini sismiche MASW 2D effettuate dalla ditta Vicenzetto;
- le verifiche effettuate presentano quindi tre livelli di incertezza: mancanza delle tipologie costruttive e strutturali degli edifici presenti al contorno del cantiere; mancanza di misurazioni accurate sulle caratteristiche di propagazione delle onde superficiali per le varie litologie attraversate; mancanza degli effettivi spettri di sorgente di vibrazione legata alla tipologia dei mezzi che saranno effettivamente utilizzati in cantiere;
- i dati utilizzati, anche se basati su considerazioni tecniche che comportano gradi di incertezza, consentono di affermare che la propagazione dei livelli di vibrazione è da considerare potenzialmente superiore al limite di accettabilità (72 dB) entro una fascia di 5 - 40 metri dal ciglio del cantiere;
- altro aspetto da tenere in considerazione sono le caratteristiche dell'edificio; nel presente studio è stato considerato a priori che ogni edificio sia, in ogni caso, soggetto ad effetti di amplificazione, quantificabili in 5 dB, i quali non è detto che si verifichino.

Stante le considerazioni sopra riportate, nell'area interessata dal cantiere i ricettori potenzialmente esposti, in quanto compresi entro la fascia di 5 - 40 metri di cui sopra, sono riportati nella seguente tabella 7.4.

Tabella 7.4 - Caratterizzazione dei ricettori esposti

Ricettore	Località	Comune di appartenenza	Condizioni abitative	Distanza minima dagli argini della cassa
R12	Pizzachera	Parma	Abitato	40
R14	Ducomo	Parma	Abitato	24
R15	Ducomo	Parma	Abitato	20
R29	Ginepro	Parma	Abitato	20

I ricettori elencati nella precedente Tabella 7.4 saranno potenzialmente assoggettati ad impatto da vibrazione nella fase esecutiva degli argini perimetrali della cassa.

Tenendo in considerazione le incertezze in merito alla conoscenza delle reali caratteristiche strutturali dei fabbricati ed alle modalità di propagazione delle vibrazioni nella fase di cantiere risulta problematico, anche in relazione alle reali caratteristiche dei mezzi d'opera ed all'incertezza delle traiettorie di lavoro, definire in questa fase previsionale delle efficaci misure per la componente vibrazioni. Presso i ricettori esposti dovranno essere comunque organizzate le seguenti misure di controllo:

- valutazione dell'analisi di consistenza degli edifici da effettuare prima dell'inizio del periodo di cantierizzazione ed in corso d'opera;
- esecuzione, nell'ambito del Piano di monitoraggio ambientale dell'opera, di misure vibrazionali durante la fase di cantiere;
- nelle situazioni di potenziale elevato impatto vibrazionale (in particolare durante la formazione delle arginature sul lato Est), la ditta esecutrice dei lavori si deve impegnare a comunicare preventivamente ai residenti le fasce orarie e i periodi nei quali si eseguiranno attività molto disturbanti;
- la comunicazione dovrà essere inviata con congruo anticipo e deve essere contestualizzata con l'andamento reale delle lavorazioni.
- nel caso in cui in corso d'opera venissero riscontrate condizioni di effettiva criticità, dovrà essere prevista l'adozione di ulteriori misure di controllo e di contenimento delle vibrazioni prodotte dalle attività di escavazione e di realizzazione degli argini.

## **8. BIBLIOGRAFIA**

- 1 Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.
- 2 J. Hinton, Position Paper, Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, WG-AEN, Birmingham, 2004.
- 3 AR-INTERIM-CM "Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping", Final report Part A 25 marzo 2003.
- 4 DPR 30 Marzo 2004, n. 142 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447".
- 5 DM 29 Novembre 2000 "Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore".
- 6 DPR 18 Novembre 1998, n. 459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico

ferroviario”.

- 7 Raccomandazione della Commissione del 6 agosto 2003 (2003/613/CE) concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità.
- 8 Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prevision des Niveaux Sonores, CETUR 1980.
- 9 SETRA-CERTU-LCPC-CSTB “NMPB-Routes-96 ”, 1996.
- 10 UNI11143-1 Acustica, “Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti. Parte 1: Generalità”, 2005
- 11 C.A.Bertetti, M.Masoero, M.Paviotti, Convegno AIA “Mappatura del rumore: aspetti tecnici”, Convegno La Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale e il suo impatto sulla legislazione italiana: prospettive, attese, proposte”, 2004.
- 12 EN 1793-3:1997 “Road traffic noise reducing devices - Test method for determining the acoustic performance - Normalized traffic noise spectrum”.
- 13 EN ISO 11819-1:2001 “Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Statistical Pass-By method”.
- 14 DM 16/03/98 “Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico”
- 15 DPR 30 Marzo 2004, n. 142 “Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447”.
- 16 DPR 18 Novembre 1998, n. 459 “Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario”.
- 17 UNI11143-1 Acustica, “Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti. Parte 1: Generalità”, 2005
- 18 C.A.Bertetti, M.Masoero, M.Paviotti, Convegno AIA “Mappatura del rumore: aspetti tecnici”, Convegno La Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale e il suo impatto sulla legislazione italiana: prospettive, attese, proposte”, 2004.
- 19 AC BERTETTI, M. MASOERO, L.MATTIUZZO, “Effetti meteorologici sulla propagazione del rumore: 5 casi studio nazionali” , AIA Ancona 2005
- 20 AC BERTETTI, M. MASOERO, L.MATTIUZZO, “Meteorological effects on road noise propagation: a case study”, Forum Acusticum, Budapest 2005
- 21 A.C.BERTETTI, M.MASOERO, “Impatto ambientale delle infrastrutture di trasporto: procedure, misurazione e controllo”, Infrastructura 8-12 marzo 2005



## ALLEGATO A – RIFERIMENTI LEGISLATIVI

### A1- Definizioni

I termini tecnici, utilizzati nel presente documento, derivano dall'art. 2 della Legge n. 447 del 26/10/1995 e nell'allegato A del DPCM 01/03/1991.

- Inquinamento acustico: l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi.
- Ambiente abitativo: ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive.
- Sorgenti sonore fisse: gli impianti tecnici degli edifici e le altre installazioni unite agli immobili anche in via transitoria il cui uso produca emissioni sonore; le infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali, marittime, industriali, artigianali, commerciali ed agricole; i parcheggi; le aree adibite a stabilimenti di movimentazione merci; i depositi dei mezzi di trasporto di persone e merci; le aree adibite ad attività sportive e ricreative.
- Sorgenti sonore mobili: tutte le sorgenti sonore non comprese al punto precedente.
- Valori limite d'emissione: il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa.
- Valori limite d'immissione: il valore massimo di rumore che può essere emesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori.
- Valori d'attenzione: il valore di rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente.
- Valori di qualità: i valori di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla Legge n. 447.
- Livello di rumore residuo (L<sub>r</sub>): è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A" che si rileva quando si escludono le specifiche sorgenti disturbanti. Esso deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale.
- Livello di rumore ambientale (L<sub>a</sub>): è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A" prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti.

- Livello differenziale di rumore: differenza tra il livello  $leq(A)$  di rumore ambientale e quello del rumore residuo.

Il concetto di livello differenziale si applica solo ai valori di immissione e pertanto i valori limite di immissione sono distinti in:

- valori limite assoluti, determinati con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale;
- valori limite differenziali, determinati con riferimento alla differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale ed il rumore residuo.

## A2 - D.P.C.M. 01/03/1991

Il 01/03/1991 è stato emanato il D.P.C.M. dal titolo “Limiti massimi d’esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”; nell’allegato “A” al D.P.C.M. citato sono sancite le modalità di misura del livello sonoro (quantificato in modo univoco tramite il Livello di Pressione Sonora Continuo Equivalente Ponderato “A”,  $L_{AeqT}$ ) e le penalizzazioni nel caso di rumori con componenti impulsive o tonali.

Nell’allegato “B” sono invece riportati i limiti massimi di rumorosità ammessa in funzione della destinazione d’uso del territorio (v. Tab. All. A1).

Tabella All. A1 – Classi di destinazione d’uso del territorio comunale.

Classe	Denominazione	Descrizione
<i>Classe I</i>	Aree particolarmente protette	Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione; aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.
<i>Classe II</i>	Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale	Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali
<i>Classe III</i>	Aree di tipo misto	Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici
<i>Classe IV</i>	Aree d’intensa attività umana	Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e linee ferroviarie; le aree portuali; le aree con limitata

		presenza di piccole industrie
<i>Classe V</i>	Aree prevalentemente industriali	Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità d'abitazioni
<i>Classe VI</i>	Aree esclusivamente industriali	Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive d'insediamenti abitativi

Tabella All. A2 – Valori limite di immissioni validi in regime definitivo.

Classe	Classi di destinazione d'uso del territorio	Limiti assoluti (dBA)		Limiti differenziali (dBA)	
		notturno	diurno	notturno	diurno
I	Aree particolarmente protette	40	50	3	5
II	Aree prevalentemente residenziali	45	55	3	5
III	Aree di tipo misto	50	60	3	5
IV	Aree di intensa attività umana	55	65	3	5
V	Aree prevalentemente industriali	60	70	3	5
VI	Aree esclusivamente industriali	70	70	-	-

L'applicabilità dei limiti suddetti è subordinata alla zonizzazione del territorio (v. Tab. All. A1), che compete ai singoli Comuni. In attesa che essi provvedano a tale incombenza, valgono comunque limiti provvisori basati sulla zonizzazione urbanistica (v. Tab. All. A3).

Tabella All. A3 – Valori limite di immissione validi in regime transitorio.

Zonizzazione	Limiti assoluti (dBA)		Limiti differenziali (dBA)	
	notturno	diurno	notturno	diurno
A (art.2 DM 02/04/1968)	55	65	3	5
B (art.2 DM 02/04/1968)	50	60	3	5
Altre (tutto il territorio)	60	70	3	5
Esclusivamente industriali	70	70	-	-

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

Va tuttavia precisato che una lettura pedissequa del testo del D.P.C.M. citato porta ad escludere l'applicabilità dei limiti provvisori alle sorgenti mobili, giacché il testo della norma recita testualmente: *“In attesa della suddivisione del territorio comunale nelle zone di cui alla tabella 1, si applicano **per le sorgenti sonore fisse** i seguenti limiti di accettabilità: etc. etc.”*

Tuttavia la nuova Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico, di cui si riferisce in un successivo paragrafo, ha modificato in maniera definitiva questo punto, perché include esplicitamente le infrastrutture di trasporto fra le sorgenti sonore fisse.

Va infine precisato che, a livello di misurazione del rumore ambientale, il D.P.C.M. distingue chiaramente fra sorgenti sonore fisse e 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.

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 **specificata** 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. L'applicabilità del criterio differenziale al rumore da traffico stradale è stata dunque ampiamente contestata, e sicuramente non può essere sostenuta in termini assoluti (confrontando cioè il rumore rilevato in presenza di traffico con quello che si ha in completa assenza dello stesso), anche e soprattutto perché considerando il traffico stradale nel suo insieme viene a mancare la **specificata individuazione delle sorgenti** che è invece chiaramente richiesta dal D.P.C.M..

### A3 - Legge n. 447 del 26 Ottobre 1995

La Legge Quadro sull'inquinamento acustico, è stata approvata dalla Camera dei Deputati il 25 maggio 1995 e, con modifiche molto limitate, dalla Commissione Ambiente del Senato il 26 luglio 1995. La firma della legge e la conseguente pubblicazione sulla G.U. sono datate rispettivamente 25 ottobre 1995 e 4 novembre 1995.

La legge, sebbene pienamente operativa soltanto dopo l'emanazione di tutti i previsti decreti attuativi, introdusse, sin dalla sua emanazione, alcune rilevanti innovazioni al quadro legislativo, chiarendo soprattutto determinati punti lasciati nel vago dal D.P.C.M. 1 marzo 1991.

I decreti attuativi avrebbero dovuto essere emanati tutti entro due anni dall'entrata in vigore della Legge Quadro, ed invece, a 6 anni dall'entrata in vigore, ne sono stati emanati solo poco più della metà. Mancano, in particolare, quelli relativi al rumore da traffico stradale. Sono pertanto qui illustrati i punti maggiormente rilevanti della Legge Quadro:

- L'art. 1 riporta le finalità della legge;



- L'art. 2 contiene le definizioni dei termini. In particolare, il comma c) definisce come sorgenti sonore **fisse**: *...le infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali, marittime, industriale, artigianali, agricole*;
- L'art. 3 definisce le competenze dello Stato.
- L'art. 4 definisce le competenze delle Regioni: entro il termine di 1 anno, esse debbono emanare una legge regionale sulla Classificazione del territorio in zone secondo il D.P.C.M. 1 marzo 1991; in tale legge regionale deve essere previsto esplicitamente il divieto di far confinare aree con limiti di rumorosità diversi di più di 5 dB(A), anche se appartenenti a comuni diversi. Inoltre devono essere precisati modalità, sanzioni e scadenze per l'obbligo di Classificazione del territorio per i comuni che adottano nuovi strumenti urbanistici generali o particolareggiati;
- L'art. 5 definisce le competenze delle Provincie;
- L'art. 6 definisce le competenze dei Comuni: essi sono tenuti ad adeguare entro 1 anno i regolamenti locali di igiene e sanità o di polizia municipale, in modo da renderli conformi alla Legge Quadro;
- L'art. 7 definisce i piani di risanamento acustico; tale articolo prevede anche che entro 2 anni, e successivamente con cadenza biennale, i Comuni con più di 50.000 abitanti siano tenuti a presentare una relazione sullo stato acustico del Comune;
- L'art. 8 reca disposizioni in materia d'Impatto Acustico; sono ricondotti entro i limiti di questa legge tutti i procedimenti di V.I.A. resi obbligatori dalla legge 8/7/86 n. 349, dal D.P.C.M. 10/8/88 n. 377 e dal D.P.C.M. 27/12/88; in ogni caso deve essere fornita al Comune una relazione di Impatto Acustico relativa alla realizzazione, modifica o potenziamento delle seguenti opere:
  - a) aeroporti, eliporti, aviosuperfici;
  - b) strade ed autostrade di ogni ordine e grado, escluse le interpoderali o private;
  - c) discoteche;
  - d) impianti sportivi e ricreativi;
  - e) ferrovie ed altri sistemi di trasporto su rotaia;va poi notato che è richiesto uno studio di compatibilità acustica anche come allegato alla richiesta di licenza edilizia, per quegli edifici situati in prossimità delle opere di cui ai precedenti punti a), b) e c) (restano dunque escluse le ferrovie!). In pratica, però, la relazione di compatibilità acustica è richiesta quasi ovunque, basta che ci sia una strada comunale nei dintorni;
- L'art. 9 riguarda ordinanze contingibili ed urgenti;
- L'art. 10 riguarda le sanzioni amministrative previste: il comma 5 di tale articolo stabilisce che le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, ivi comprese le autostrade, nel caso di superamento dei valori limite vigenti, hanno l'obbligo di presentare entro 6 mesi al Comune competente territorialmente piani di contenimento ed abbattimento del rumore; essi debbono indicare tempi di adeguamento, modalità e costi e sono obbligati ad

impegnare, in via ordinaria, una quota fissa non inferiore al 5% dei fondi di bilancio previsti per le attività di manutenzione e di potenziamento delle infrastrutture stesse per l'adozione di interventi di contenimento ed abbattimento del rumore;

- L'art. 11 prevede 4 Regolamenti d'Esecuzione, che saranno emanati entro 1 anno mediante appositi D.P.R., sulla disciplina dell'inquinamento acustico prodotto dalle specifiche sorgenti: stradali, ferroviarie, marittime ed aeree;
- L'art. 12 limita il volume dei messaggi pubblicitari tele o radio trasmessi;
- L'art. 13 regola i contributi delle Regioni agli enti locali;
- L'art. 14 regola le attività di controllo;
- L'art. 15 riguarda il regime transitorio: fino all'emanazione dei Regolamenti di Esecuzione di cui all'art. 11, si applica il D.P.C.M. 1 marzo 1991, fatta eccezione per le infrastrutture di trasporto, limitatamente al disposto di cui agli art. 2, comma 2, e 6, comma 2; ciò significa che il criterio differenziale non va applicato alle infrastrutture di trasporto (strade, ferrovie, aeroporti); esse tuttavia, essendo state comprese esplicitamente nella definizione di sorgenti fisse, sono comunque soggette ai limiti assoluti provvisori, che in determinati casi possono risultare più restrittivi dei limiti definitivi derivanti dalla zonizzazione acustica;
- L'art. 16 riguarda l'abrogazione di norme in conflitto con la Legge Quadro;
- L'art. 17 definisce l'entrata in vigore della legge: 60 giorni dopo la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale.

#### **A4 - D.P.C.M. 14 novembre 1997**

Sulla G.U. n. 280 del 1/12/1997 è stato pubblicato il DPCM del 14/11/1997, che sostituisce ed integra il "precedente" DPCM 01/03/1991, stabilendo i nuovi limiti assoluti e differenziali di rumorosità vigenti sul territorio, nonché i criteri d'assegnazione delle classi (che restano sostanzialmente gli stessi già visti).

Le principali novità del nuovo DPCM sono le seguenti:

- si definiscono per ciascun tipo di sorgente sonora due diversi limiti, detti di emissione e di immissione; i primi rappresentano il rumore prodotto nel punto recettore dalla sola sorgente in esame, mentre i secondi costituiscono la rumorosità complessiva prodotta da tutte le sorgenti (quello che nel DPCM 1 marzo 1991 era chiamato "rumore ambientale"); si osservi come queste definizioni risultino in parziale contrasto sia con la stessa Legge Quadro, sia con analoghe definizioni esistenti in normative di altri paesi: ad es., in Germania si definisce Livello di Immissione il rumore prodotto dalla singola sorgente sonora nel punto ricettore, mentre si definisce Livello di Emissione il rumore prodotto ad una distanza fissa normalizzata di 25 m dalla singola sorgente; il livello sonoro complessivo, prodotto da tutte le sorgenti, si chiama ancora

rumore ambientale; anche la Legge Quadro suggerisce una definizione analoga, sebbene non sufficientemente specifica;

- i limiti di immissione sono gli stessi già indicati dal DPCM 1 marzo 1991 (v. Tab. All. A1), così come la definizione delle classi di destinazione d'uso del territorio; in attesa che i comuni provvedano all'attribuzione di tali classi, si adottano i limiti provvisori previsti dal DPCM 1 marzo 1991;
- i limiti di emissione sono riportati in Tab. All. A4, 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; per esempio, se si ipotizza di trovarsi in una zona di classe IV (lim. diurno 65 dB(A)), una singola sorgente sonora non può superare (da sola) i 60 dB(A), mentre l'assieme di tutte le sorgenti sonore non può superare i 65 dB(A); non è chiaro tuttavia a che distanza dalla sorgente sonora stessa dovrà essere effettuata la verifica del limite d'emissione;

Tabella All. A4 – Valori limite di emissione validi in regime definitivo.

Classe	Classi di destinazione d'uso del territorio	Limiti assoluti di emissione (dB(A))	
		notturno	diurno
I	Aree particolarmente protette	35	45
II	Aree prevalentemente residenziali	40	50
III	Aree di tipo misto	45	55
IV	Aree di intensa attività umana	50	60
V	Aree prevalentemente industriali	55	65
VI	Aree esclusivamente industriali	65	65

- sono ribaditi i valori limite differenziali di immissione di 5 dB diurni e 3 dB notturni, validi all'interno delle abitazioni; tali limiti non si applicano nelle zone di classi IV, V e VI, ed inoltre quando il livello di immissione, misurato a finestre aperte, è inferiore a 50 dB(A) di giorno ed a 40 dB(A) di notte, ovvero quando, a finestre chiuse, tali valori sono inferiori rispettivamente a 35 dB(A) diurni e 25 dB(A) notturni; sulla base di tale affermazione, diventa possibile ipotizzare, nel caso di superamento dei limiti differenziali, non solo di intervenire alla fonte, ma anche di dotare le abitazioni disturbate di serramenti in grado di produrre una sufficiente attenuazione, in modo da rientrare nell'ultimo caso di esenzione previsto; i limiti differenziali non si applicano alle infrastrutture di trasporto, alla rumorosità prodotta in maniera occasionale ed estemporanea (feste, schiamazzi, litigi, etc.) e dai servizi ed impianti a servizio comune dell'edificio disturbato stesso (ascensore, centrale termica).
- le norme transitorie non stabiliscono limiti d'emissione validi fino all'adozione da parte dei comuni della suddivisione in zone del relativo territorio comunale; sembra pertanto che gli stessi entrino in vigore solo dopo che è stata effettuata la zonizzazione acustica;
- alcuni punti oscuri del DPCM sono chiariti dal successivo decreto sulla strumentazione e tecniche di misura (D.M. Amb. 16/3/1998).

### A5 - D.P.C.M. 3 dicembre 1997

Il D.P.C.M. del 03/12/1997 è uno dei decreti attuativi della Legge Quadro, avente per titolo "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici". In sostanza si tratta di un dispositivo molto semplice, che fissa la prestazioni minime in termini di isolamento al rumore aereo fra unità abitative adiacenti  $R_w$ , dell'isolamento di facciata  $D_{2m,nT,w}$ , del livello normalizzato di calpestio su solai separanti unità abitative diverse  $L_{n,w}$ , nonché del rumore massimo prodotto dagli impianti tecnologici a funzionamento saltuario  $L_{ASmax}$  e continuo  $L_{Aeq}$ , sempre con riferimento agli effetti nelle unità abitative adiacenti quella in cui sono installati.

I requisiti sono variabili in funzione delle destinazioni d'uso dei locali, definiti nella seguente Tab. All. A5

Tabella All. A5 – Classificazione degli ambienti abitativi.

categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili;
categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

I valori dei parametri acustici da rispettare sono riportati nella seguente Tab. All. A6.

**Tabella All. A6 – Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici.**

Categorie	Parametri				
	$R_w$	$D_{2m,nT,w}$	$L_{n,w}$	$L_{ASmax}$	$L_{Aeq}$
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

Si deve osservare che i valori numerici delle prime due colonne della precedente Tab. 6 sono minimi, perciò è auspicabile avere situazioni di maggiore protezione, mentre le successive tre colonne riportano dei massimi, che non debbono essere superati.

Per maggior chiarezza, sono descritte le 5 grandezze atte a quantificare la prestazione acustica degli edifici, richiamando le relative norme UNI per la definizione e le modalità di misura:

- Isolamento acustico normalizzato – da misurare su pareti divisorie cieche di unità abitative confinanti – requisito minimo da garantire per edifici di civile abitazione  $R_w > 50$  dB;
- Isolamento normalizzato di facciata – da misurare su facciate con serramenti rivolte all'esterno dell'edificio - requisito minimo per edifici di civile abitazione  $D_{2m,nT,w} > 48$  dB;



- Livello normalizzato di calpestio – da misurare su solai divisori di unità abitative diverse – requisito minimo per edifici di civile abitazione  $L_{n,w} > 63$  dB;
- Livello massimo Slow, ponderato “A”, del rumore prodotto da impianti a funzionamento discontinuo - requisito minimo per edifici di civile abitazione  $L_{ASmax} < 35$  dB;
- Livello equivalente ponderato “A” del rumore prodotto dagli impianti a funzionamento continuo - requisito minimo per edifici di civile abitazione  $L_{Aeq} < 25$  dB.

E' ovvio che tutti gli edifici realizzati dopo l'entrata in vigore del decreto siano progettati e realizzati con idonei accorgimenti costruttivi e soluzioni tipologiche tali da garantire il rispetto dei limiti prestazionali di cui sopra. Nel caso tali valori non siano raggiunti, potrà essere negata l'abitabilità o l'agibilità dell'edificio, ovvero potranno essere negate le autorizzazioni per l'esercizio d'attività produttive o commerciali.

Non è chiaro tuttavia se il rispetto dei limiti prestazionali debba essere dimostrato (o garantito) anche in sede di domanda di concessione edilizia, perché l'ottenimento dei risultati voluti dipende solo parzialmente dalle soluzioni progettuali definite in tale sede, ed in misura ben maggiore dalle tecniche esecutive delle strutture e degli impianti.

### **A6 - D.P.R. 18 novembre 1998, n. 459**

Il D.P.R. 18 novembre 1998, n. 459 fissa i limiti di rumorosità ammessi per le sorgenti di rumore ferroviario, nonché l'estensione delle cosiddette “fasce di pertinenza” circostanti le infrastrutture ferroviarie.

In pratica, si distingue fra linee ferroviarie già in esercizio e linee di nuova realizzazione; per queste ultime, si distingue ulteriormente fra linee a bassa ed alta velocità (> 200 km/h).

Per le linee ferroviarie esistenti e per quelle di nuova realizzazione a bassa velocità, sono previste due diverse fasce di pertinenza, con limiti differenziati. La fascia più interna ha ampiezza pari a 100 m a partire dalla mezzzeria dl binario più esterno, ed all'interno della stessa vige un limite di immissione del solo rumore ferroviario pari a 70 dB(A) diurni e 60 dB(A) notturni. La fascia più esterna ha ampiezza di ulteriori 150 m (va dunque dai 100 ai 250 m dalla mezzzeria del binario più esterno): entro tale seconda fascia, il limite di immissione del solo rumore ferroviario scende a 65 dB(A) diurni e 55 dB(A) notturni. Si precisa inoltre che, nel caso di nuove edificazioni in prossimità di una linea già in esercizio, gli interventi eventualmente necessari onde garantire il rispetto dei limiti suddetti sono a carico di chi realizza i nuovi edifici, e non dell'ente gestore della infrastruttura ferroviaria.

In entrambe le fasce, comunque, i ricettori esposti (scuole, case di riposo, case di cura, ospedali) vengono tutelati con limiti molto più restrittivi (50 dBA diurni, 40 notturni). Per le scuole si applica solo il limite diurno.

Per le linee di nuova costruzione ad alta velocità, invece, esiste una unica fascia di pertinenza ampia 250 m, all'interno della quale vigono i limiti di immissione di 65 dB(A) diurni e di 55 dB(A) notturni, tranne che per i ricettori esposti di cui sopra, che mantengono i valori limite su indicati.

Le altre sorgenti di rumore devono rispettare i relativi limiti di immissione, come se la sorgente ferroviaria non ci fosse, entro le fasce di pertinenza di quest'ultima. Inoltre, al di fuori delle fasce di pertinenza, il rumore ferroviario concorre al raggiungimento dei limiti di immissione complessivi previsti sulla base della Classificazione acustica delle aree.

Questo decreto è estremamente importante anche per il fatto che costituisce il "capostipite" della serie di decreti che dovranno normare le altre infrastrutture fisse legate al trasporto, in particolare traffico stradale ed attività portuali. Il decreto sul rumore ferroviario stabilisce quindi un importante precedente, ed i concetti di area di pertinenza della infrastruttura e di differenziazione dei limiti di rumorosità applicabili all'infrastruttura da quelli applicabili alle altre sorgenti costituiscono sicuramente l'ossatura su cui verranno basati anche gli attesi decreti attuativi sul rumore stradale e sulle attività portuali (e le bozze recentemente circolate di tali decreti confermano tale ipotesi).

A rigore questo decreto è esplicitamente non applicabile al rumore prodotto dalle tranvie. Tuttavia, come mostrato nel successivo paragrafo, il Ministero dell'Ambiente ha fornito indicazioni che ne consentono l'estensione, su fascia di pertinenza più limitata, anche per il caso delle tranvie urbane.

### **A7 - D.M.Amb. 16 marzo 1998**

Il D.M. del 16/03/1998 ha sostituito l'allegato "A" al DPCM 1 marzo 1991 ed ha introdotto numerose innovazioni e complicazioni alle tecniche di rilievo.

Le complicazioni riguardano in particolare la definizione e la modalità di rilevamento dei fattori di penalizzazione per presenza di componenti impulsive, tonali e di bassa frequenza, che fortunatamente però non si applicano al rumore generato dai mezzi di trasporto. Non si riferisce pertanto qui in merito a tali complesse problematiche.

Per quanto riguarda il rilevamento del rumore prodotto dal traffico stradale, il decreto prevede un rilevamento in continuo per una settimana, con memorizzazione dei livelli equivalenti ponderati "A" ogni ora, e calcolo a posteriori del livello equivalente medio del periodo diurno e notturno. Non è prevista né l'analisi statistica del rumore, né il tracciamento di profili temporali con risoluzione inferiore all'ora. A parte dunque la necessità di protrarre il rilevamento per un'intera settimana (cosa giustificabile in alcuni casi, ma non certo in tutti), questa nuova normativa prevede un rilevamento molto semplice, attuabile anche con strumentazione di costo molto basso.

Nel presente lavoro le misure sono state eseguite in condizioni meteorologiche normali, con cielo sereno ed in assenza di precipitazioni atmosferiche, posizionando il microfono all'altezza di 4 metri dal suolo.

All'inizio e al termine delle singole sessioni di rilievi fonometrici si è proceduto a controllare il livello prodotto dal segnale di calibrazione, emesso dal Calibratore Delta OHM HD9101. In nessun caso la differenza tra i livelli misurati all'inizio e alla fine della sessione di misure ha superato i  $\pm 0,1$  dB(A). Ciò ci consente di affermare che durante tutta la sessione di misure non si sono verificati shock termici, elettrici, meccanici o di altra natura che abbiano alterato la fedeltà della catena strumentale e quindi di sostenere la validità delle misurazioni effettuate.

### A8 - D.P.R. n. 142 del 30 marzo 2004

Il D.P.R. n. 142 del 30 marzo 2004 è uno dei decreti attuativi della Legge Quadro, avente per titolo "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447".

Tale decreto stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore avente origine dall'esercizio delle infrastrutture stradali, nonché l'estensione delle cosiddette "fasce di pertinenza" circostanti le infrastrutture stradali medesime.

All'art. 4 sono dettati i limiti d'immissione per infrastrutture stradali di nuova realizzazione; in proposito il proponente dell'opera è subordinato all'individuazione dei corridoi progettuali che possano garantire la migliore tutela dei ricettori presenti all'interno della fascia di studio d'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. Nella seguente Tab. All. A7 sono riportati i valori limite d'immissione.

Tabella All. A7 - Valori limite d'immissione e fasce di pertinenza per le strade di nuova realizzazione (per le scuole vale il solo limite diurno).

Tipo di strada (secondo Codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo Dm6.11.01 Norme funz. e geom. per la costruzione delle strade)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - autostrada	-	250	50	40	65	55
B – extraurbana principale	-	250	50	40	65	55
C - extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	150	50	40	65	55
D - urbana di scorrimento	-	100	50	40	65	55
E - urbana di quartiere	-	30	definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6, comma 1, lettera a) della legge n. 447 del 1995			
F - locale	-	30				

All'art. 5 sono dettati i limiti d'immissione per le Strade esistenti e assimilabili, ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti. I valori limite di immissione indicati nella successiva Tab. 8 devono essere

conseguiti mediante un'attività pluriennale di risanamento, di cui al D.M.Amb del 29/11/2000.

Per le infrastrutture di nuova realizzazione in affianca mento di infrastrutture esistenti e delle varianti di infrastrutture esistenti, i limiti di immissione indicati nella successiva Tab. All. A8 si applicano a partire dalla data di entrata in vigore del D.P.R. n. 142 del 30 marzo 2004, fermo restando che il relativo impegno economico per le opere di mitigazione è da computarsi nell'insieme degli interventi effettuati nell'anno di riferimento del gestore. In via prioritaria l'attività pluriennale di risanamento dovrà essere attuata all'interno dell'intera fascia di pertinenza acustica per quanto riguarda scuole, ospedali, case di cura e case di riposo e, per quanto riguarda tutti gli altri ricettori, all'interno della fascia più vicina all'infrastruttura, con le modalità di cui all'articolo 3, comma 1, lettera i), e dall'articolo 10, comma 5, della legge 26 ottobre 1995, n. 447.

All'esterno della fascia più vicina all'infrastruttura, le rimanenti attività di risanamento dovranno essere armonizzate con i piani di cui all'articolo 7 della citata legge n.447 del 1995.

Tabella All. A8 - Valori limite d'immissione e fasce di pertinenza per Strade esistenti e assimilabili, ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti (per le scuole vale il solo limite diurno).

Tipo di strada (secondo Codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo norme Cm 1980 e direttive Put)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturno dB(A)	Diurno dB(A)	Notturno dB(A)
A - autostrada	-	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – exraurbana principale	-	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV Cnr 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D - urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
E - urbana di quartiere	-	30	definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al Dpcm in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6, comma 1, lettera a) della legge n. 447 del 1995			
F - locale	-	30				

All'Articolo 6 è indicato che il rispetto dei limiti nelle fasce di pertinenza delle infrastrutture, riportati nelle precedenti Tab. 7 e 8, e il rispetto dei valori stabiliti nella Tabella C del D.P.C.M. del 14/11/1997,



al di fuori delle stesse fasce di pertinenza, deve essere verificato in facciata degli edifici ad 1 metro di distanza ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione, nonché dei ricettori. I citati valori limite qualora non fossero tecnicamente conseguibili, seconde valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale, si dovrà vagliare l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori. In particolare deve essere assicurato il rispetto di 35 dBA (Leq notturno) per ospedali, case di cura e case di riposo, di 40 dBA (Leq notturno) per tutti gli altri ricettori a carattere abitativo e di 45 dBA (Leq diurno) per le scuole, valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri dal pavimento. Per i ricettori inclusi nelle fasce di pertinenza acustica delle infrastrutture devono invece essere individuate ed adottate opere di mitigazione sulla sorgente, lungo la via di propagazione del rumore e direttamente sul ricettore, per ridurre l'inquinamento acustico prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura, con l'adozione delle migliori tecnologie disponibili, tenuto conto delle implicazioni di carattere tecnico-economico.

All'Articolo 8 si definisce che gli interventi di risanamento acustico, nel caso di infrastrutture stradali esistenti (quelle effettivamente in esercizio o in corso di realizzazione o per la quale è stato approvato il progetto definitivo alla data di entrata in vigore del D.P.R. n. 142/2004), sono a carico del titolare della concessione edilizia o del permesso di costruire, se rilasciata dopo la data di entrata in vigore del D.P.R. n. 142/2004. Si dichiara inoltre che gli interventi di risanamento acustico sono sempre a carico del titolare della concessione edilizia o del permesso di costruire, per le strade di nuova realizzazione, ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti, se rilasciata dopo la data di approvazione del progetto definitivo dell'infrastruttura stradale medesima.

### **A9 - Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194**

Scopo del Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194 è il recepimento della direttiva 2002/49/CE del 25 giugno 2002 del Parlamento europeo e del Consiglio, relativa alla determinazione e gestione del rumore ambientale.

Tale recepimento è peraltro sin qui attuato solo parzialmente, in quanto è subito precisato che, laddove non esplicitamente modificate dal presente decreto, si continuano ad applicare le disposizioni della legge 26 ottobre 1995, n. 447, e successive modificazioni, nonché la normativa vigente in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico adottata in attuazione della citata legge n. 447 del 1995.

L'art. 1 definisce le finalità e il campo di applicazione del D.L., che è finalizzato a definire le competenze e le procedure per:

- l'elaborazione della mappatura acustica e delle mappe acustiche strategiche di cui all'articolo 3;
- l'elaborazione e l'adozione dei piani di azione di cui all'articolo 4;
- assicurare l'informazione e la partecipazione del pubblico in merito al rumore ambientale ed ai relativi effetti.

L'art. 2 contiene solo una lunga sequenza di definizioni, e richiama a sua volta ulteriori definizioni di terminologia trasportistica derivanti dall'art. 3 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285. E' degno di essere qui richiamato il fatto che, al posto dei "classici" descrittori acustici ambientali usati in Italia sin dal 1991, cioè il Leq diurno, il Leq notturno ed il livello differenziale, sono qui invece definiti il "nuovo" descrittore unico: Lden (Day-Evening-Night), che è un "singolo numero" che integra la storia temporale delle 24 ore, lungo la quale si applica una penalizzazione di 5 dB fra le 20 e le 22 e di 10 dB fra le 22 e le 06.

L'art. 3 fissa i termini temporali entro cui debbono essere redatte e trasmesse alla Regione le mappe acustiche di Lden. Questi termini sono:

- 30 giugno 2007 per gli agglomerati urbani che superano i 250.000 abitanti (Parma non rientra in questa categoria, il suo agglomerato urbano è inferiore ai 200.000 abitanti)
- 30 giugno 2007 per i grandi servizi pubblici di trasporto e le relative infrastrutture, riferiti ad assi stradali principali su cui transitano più di 6.000.000 di veicoli all'anno, ad assi ferroviari principali su cui transitano più di 60.000 convogli all'anno ed agli aeroporti principali.
- 31 dicembre 2006 nel caso in cui i grandi servizi pubblici di trasporto e le relative infrastrutture, di cui al punto precedente, si trovino in agglomerati urbani che superano i 250000 abitanti.
- 30 giugno 2012 per gli agglomerati urbani che superano i 100.000 abitanti.
- 30 giugno 2012 per i servizi pubblici di trasporto di qualsiasi dimensione.
- 31 dicembre 2011 nel caso in cui i servizi pubblici di trasporto e le relative infrastrutture, di cui al punto precedente, si trovino in agglomerati urbani che superano i 100000 abitanti.

Le modalità tecniche di redazione delle mappature acustiche saranno specificate con decreto entro 6 mesi dall'entrata in vigore di questo nuovo D.L. – pertanto attualmente nessuno sa bene come si debbano fare queste mappature del rumore.

L'art. 4 fissa in modo analogo le scadenze per la redazione e presentazione alla regione delle Mappe Strategiche (il nuovo documento che andrà a sostituire gli attuali Piani di Risanamento Acustico):

- 18 luglio 2008 per gli agglomerati urbani che superano i 250.000 abitanti (Parma non rientra in questa categoria, il suo agglomerato urbano è inferiore ai 200.000 abitanti);
- 18 luglio 2008 per i grandi servizi pubblici di trasporto e le relative infrastrutture, riferiti ad assi stradali principali su cui transitano più di 6.000.000 di veicoli all'anno, ad assi ferroviari principali su cui transitano più di 60.000 convogli all'anno ed agli aeroporti principali;
- 18 gennaio 2008 nel caso in cui i grandi servizi pubblici di trasporto e le relative infrastrutture, di cui al punto precedente, si trovino in agglomerati urbani che superano i 250000 abitanti;
- 18 luglio 2013 per gli agglomerati urbani che superano i 100.000 abitanti;
- 18 luglio 2013 per i servizi pubblici di trasporto di qualsiasi dimensione;

- 18 gennaio 2013 nel caso in cui i servizi pubblici di trasporto e le relative infrastrutture, di cui al punto precedente, si trovino in agglomerati urbani che superano i 100000 abitanti.

Anche per i piani d'azione, le modalità tecniche di redazione saranno specificate con decreto entro 6 mesi dall'entrata in vigore di questo nuovo D.L.

L'art. 5 stabilisce l'obbligatorietà dell'utilizzo del nuovo descrittore  $L_{den}$ , e subordinatamente anche del "vecchio"  $L_{night}$ , per la redazione delle mappe acustiche di cui all'art. 3. Tuttavia, le modalità tecniche di conversione e ricalcolo dei valori limite definiti dal vigente DPCM 18/11/1997 saranno emanate con DPCM entro 120 giorni dall'entrata in vigore di questo D.L. In assenza di tale decreto, si debbono continuare ad utilizzare i descrittori acustici "classici" già definiti sulla base dell'art. 3 della legge n. 447/1995.

L'art. 6 stabilisce che entro 6 mesi dall'entrata in vigore sarà emanato il decreto ministeriale che definisce le nuove metodiche di calcolo numerico applicabili per la stima previsionale di  $L_{den}$ . L'allegato 2, comunque, indica alcune metodiche di calcolo utilizzabili in attesa dell'emanazione di questo decreto ministeriale.

Il D.L. prevede infine di diventare effettivamente operativo solo a seguito dell'emanazione di un apposito DPR adottato ai sensi dell'articolo 17, comma 1, della legge 23 agosto 1988, n. 400, sentita la Conferenza unificata, che conterrà le modifiche necessarie per coordinare con le disposizioni del presente decreto la normativa vigente in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

In pratica quindi, sebbene questo nuovo D.L. sia estremamente importante, in quanto ha dato inizio ad una procedura di completa revisione del quadro legislativo, che porterà anche a ridefinire i limiti di rumorosità e a dover sviluppare nuove tecniche di simulazione numerica, per l'attuale progetto preliminare non si hanno al momento ripercussioni di alcun genere, in assenza dei citati decreti applicativi.

### **A10 - Decreto Ministero dell'Ambiente 29 novembre 2000**

Il decreto definisce i criteri per la predisposizione dei piani di contenimento e abbattimento del rumore nel settore delle infrastrutture di trasporto (stradale, ferroviario, aeroportuale). All'art. 1 la norma stabilisce i criteri tecnici da adottare da parte delle società e degli enti gestori delle infrastrutture di trasporto, ai fini della redazione di un piano di contenimento e abbattimento del rumore prodotto dall'infrastruttura stessa.

Nei successivi articoli sono definiti gli obblighi del gestore (art. 2), i criteri di priorità degli interventi (art. 3), gli obiettivi delle attività di risanamento (art. 4), gli oneri e le modalità di risanamento (art. 5), le attività di controllo (art. 6).

L'articolo più importante è il n. 2, che stabilisce le attività da svolgere e le scadenze temporali delle stesse. Si distingue anzitutto tra tre tipi di infrastrutture:

- Stradali e ferroviarie di importanza locale e regionale
- Stradali e ferroviarie di importanza nazionale e interregionale
- Aeroporti

La prima scadenza temporale è prevista dopo 18 mesi dall'entrata in vigore del decreto, quindi è il 4 agosto 2002: entro tale data l'ente gestore dell'infrastruttura deve presentare alla regione competente una relazione sulla verifica del rispetto dei limiti di rumorosità, con individuazione delle aree ove essi sono superati.

Entro ulteriori 18 mesi dalla presentazione di tale relazione, l'ente gestore deve poi presentare il piano di contenimento ed abbattimento del rumore. Tale termine di 18 mesi scatta anche successivamente, in seguito a modificazioni delle infrastrutture o dei flussi veicolari insistenti sulle stesse, tali da scatenare un superamento "ex novo" dei limiti di rumorosità.

Gli obiettivi di risanamento previsti dal piano suddetto debbono poi essere effettivamente conseguiti entro ulteriori 15 anni, anche se la Regione può, in determinate situazioni, fissare un termine diverso.

Un'ulteriore scadenza temporale è poi fissata dall'art.6 (Attività di controllo): entro il 31 marzo di ogni anno, e comunque entro tre mesi dall'entrata in vigore del decreto, gli enti gestori delle infrastrutture di trasporto debbono comunicare al Ministero dell'Ambiente, alla Regione ed al Comune, l'entità dei fondi accantonati annualmente e complessivamente a partire dalla data di entrata in vigore della L.447/95 e lo stato di avanzamento dei singoli interventi previsti, sia in corso che già conclusi.

Particolarmente interessanti sono poi i due allegati al decreto: l'allegato 1 contiene una metodica di quantificazione numerica dell'indice di priorità degli interventi di risanamento. Tale indice è ottenuto come somma dei prodotti fra la differenza fra livello sonoro prodotto dall'infrastruttura e limite di legge, ed il numero R di recettori compreso in ciascuna area caratterizzata da un valore uniforme di tale differenza. Il numero di ricettori R si calcola convenzionalmente come prodotto dell'area per l'indice demografico statistico ad essa pertinente, a parte il caso delle strutture sanitarie (n. di posti letto x 4) e delle scuole (n. degli alunni x 3).

L'allegato 2 descrive infine le modalità tecniche di valutazione della rumorosità mediante modelli di calcolo numerico, di cui sono descritte le caratteristiche funzionali minime, ed i criteri di progettazione acustica delle opere di mitigazione. E' importante osservare come in entrambi i casi i requisiti tecnici previsti coincidano esattamente con le capacità previsionali espletate dai modelli di calcolo Citymap, che furono sviluppati in collaborazione con il Ministero dell'Ambiente, e che sono stati utilizzati nel presente studio.

### **A11 - D.G. della Regione Emilia Romagna n. 2002/45 del 21/1/2002**

Il D.G. della Regione Emilia Romagna 2002/45 del 21/1/2002 " *Criteri per il rilascio delle autorizzazioni per particolari attività ai sensi dell'art. 11, comma 1, della L.R. del 09/05/2001, n. 15 recante disposizioni in materia d'inquinamento acustico*", detta gli indirizzi agli Enti locali per il rilascio, da parte



degli enti locali, delle autorizzazioni comunali in deroga ai limiti fissati dalla classificazione acustica del territorio per lo svolgimento di attività temporanee e di manifestazioni in luogo pubblico o aperto al pubblico e per spettacoli a carattere temporaneo ovvero mobile qualora comportino l'impiego di sorgenti sonore o effettuino operazioni rumorose.

In particolare per cantieri edili, stradali ed assimilabili sono previste le seguenti norme:

- all'interno dei cantieri edili, stradali ed assimilabili, le macchine in uso dovranno operare in conformità alle direttive CE in materia d'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto, così come recepite dalla legislazione italiana;
- all'interno degli stessi dovranno comunque essere utilizzati tutti gli accorgimenti tecnici e gestionali al fine di minimizzare l'impatto acustico verso l'esterno;
- le attività dei cantieri edili, stradali ed assimilabili devono essere eseguite nei giorni feriali dalle ore 7.00 alle ore 20.00; le lavorazioni particolarmente disturbanti (ad es. escavazioni e demolizioni, ecc.) e l'impiego di macchinari rumorosi (ad es. martelli demolitori, flessibili, betoniere, seghe circolari, gru, ecc.) deve essere svolto nei giorni feriali dalle ore 8.00 alle ore 13.00 e dalle ore 15.00 alle ore 19.00;
- negli orari in cui è consentito l'impiego di macchinari rumorosi non dovrà mai essere superato il valore limite di  $L_{Aeq} = 70$  dBA rilevato in facciata ad edifici con ambienti abitativi; ai cantieri per opere di ristrutturazione o manutenzione straordinaria di fabbricati si applica il limite di  $L_{Aeq} = 65$  dBA misurato nell'ambiente disturbato a finestre chiuse;
- le attività nei cantieri edili, stradali ed assimilabili, se avvengono nei limiti di orario e di rumore di cui sopra devono essere oggetto di preventiva comunicazione da rendersi contestualmente alla comunicazione d'inizio lavori; in tale comunicazione deve essere specificato: *"L'attivazione di macchine rumorose e l'esecuzione di lavori rumorosi saranno effettuate nel rispetto dei limiti di orario, giorni feriali dalle ore 8.00 alle ore 13.00 e dalle ore 15.00 alle ore 19.00, e nel rispetto dei limiti di emissione sonora di  $L_{Aeq} = 70$  dBA, rilevato in facciata ad edifici con ambienti abitativi"*;
- se le attività nei cantieri edili, stradali ed assimilabili, non avvengono nei limiti di orario e di rumore di cui sopra è obbligatorio richiedere specifica autorizzazione in deroga, nei tempi utili per l'ottenimento dell'autorizzazione medesima;
- l'autorizzazione in deroga può essere rilasciata, previa acquisizione del parere di ARPA entro 30 giorni dalla richiesta.

## **A12 - Direttiva Regionale 673/2004**

La Direttiva Regionale 673/2004 riguarda i Criteri tecnici per la redazione della documentazione di previsione d'impatto acustico e della valutazione del clima acustico ai sensi della LR 9 maggio 2001, n. 15 recante 'Disposizioni in materia d'inquinamento acustico'.

All'art. 3 di tale direttiva è considerata la documentazione di previsione di impatto acustico per nuove infrastrutture stradali, loro modifica o potenziamento da redigere nei casi previsti dalla Legge Quadro 447/1995, articolo 8, comma 2, lettera b) deve contenere, oltre a quanto previsto all'articolo 1, i dati e le informazioni di seguito elencate:

- indicazione della tipologia di strada secondo le categorie individuate dal D.Lgs. 285/92 e successive modifiche ed integrazioni;
- descrizione del tracciato stradale, con relative quote, nonché la previsione dei flussi di traffico nelle ore di punta, del flusso medio giornaliero, suddiviso per il periodo diurno e per il periodo notturno, della composizione per le diverse categorie di mezzi (leggeri e pesanti), specificando le relative velocità medie;
- misure fonometriche volte a caratterizzare lo stato ante operam. I dati devono permettere l'individuazione e caratterizzazione acustica delle singole sorgenti sonore preesistenti all'opera;
- eventuali modifiche dei flussi di traffico e variazioni, tramite stime previsionali, dei livelli equivalenti di lungo termine ( $L_{Aeq,TL}$ ) per intervalli orari significativi e per i due periodi della giornata, indotti in corrispondenza di infrastrutture stradali già in esercizio;
- individuazione in planimetria, anche con l'ausilio di rilievi fotografici, di un numero di punti sufficienti a descrivere l'impatto acustico dell'opera in prossimità di potenziali ricettori. Per tali punti devono essere forniti i dati previsionali dei livelli sonori desumibili da opportune procedure di calcolo. Inoltre, per le infrastrutture di valenza sovracomunale o di scorrimento, deve essere descritta la propagazione sonora tramite curve di isolivello ad un'altezza dal piano di campagna di quattro metri.

## ALLEGATO B – METODI DI ANALISI DELLO STATO AMBIENTALE

### B1 - Modello ISO 9613 per il disturbo causato dalle sorgenti fisse

La norma ISO 9613 (prima edizione 15 dicembre 1996), intitolata “Attenuation of sound during propagation outdoors”, consiste di due parti:

1. Calculation of the absorption of sound by the atmosphere;
2. General method of calculation.

La prima parte tratta con molto dettaglio l’attenuazione del suono causata dall’assorbimento atmosferico; la seconda parte tratta vari meccanismi d’attenuazione del suono durante la sua propagazione nell’ambiente esterno (diffrazione, schermi, effetto suolo). Il trattamento del suono descritto nella seconda parte è riconosciuto dalla stessa norma come “più approssimato ed empirico” rispetto a quanto descritto nella prima parte.

Scopo della ISO 9613-2 è fornire un metodo ingegneristico per calcolare l’attenuazione del suono durante la propagazione in esterno. La norma calcola il livello continuo equivalente della pressione sonora pesato in curva A che si ottiene assumendo sempre condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del suono, cioè propagazione sottovento o in condizioni di moderata inversione al suolo. In tali condizioni la propagazione del suono è curvata verso il terreno.

Il metodo contiene una serie di algoritmi in banda d’ottava per il calcolo dei seguenti effetti:

- attenuazione per divergenza geometrica;
- attenuazione per assorbimento atmosferico;
- attenuazione per effetto del terreno;
- riflessione del terreno;
- attenuazione per presenza di ostacoli che si comportano come schermi.

Le sorgenti sonore trattate dalla ISO 9613-2 sono sorgenti puntiformi descritte tramite i valori di direttività e di potenza sonora in banda d’ottava (dB):

- la potenza sonora in banda d’ottava (dB) è convenzionalmente specificata in relazione ad una potenza sonora di riferimento di un picowatt; i valori vanno inseriti per ogni banda d’ottava (62,5Hz ; 125Hz; 250Hz; 500Hz; 1kHz; 2kHz; 4kHz; 8kHz);
- la direttività (dB) è un termine che dipende dalla frequenza e dalla direzione e rappresenta la deviazione del livello equivalente di pressione sonora (SPL) in una specifica direzione rispetto al livello prodotto da una sorgente omnidirezionale.

Le equazioni di base utilizzate dal modello della ISO 9613-2 sono:

$$L_p(f) = L_w(f) + D(f) - A(f)$$

dove:

$L_p$  = livello di pressione sonora equivalente in banda d'ottava (dB) generato nel punto p dalla sorgente w alla frequenza f;

$L_w$  = livello di potenza sonora in banda d'ottava alla frequenza f (dB) prodotto dalla singola sorgente w relativa ad una potenza sonora di riferimento di un picowatt;

D = indice di direttività della sorgente w (dB);

A = attenuazione sonora in banda d'ottava (dB) alla frequenza f durante la propagazione del suono dalla sorgente w al ricevitore p;

Il termine di attenuazione A è espresso dalla seguente equazione:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

dove:

$A_{div}$  = attenuazione dovuta alla divergenza geometrica;

$A_{atm}$  = attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico;

$A_{gr}$  = attenuazione dovuta all'effetto del suolo;

$A_{bar}$  = attenuazione dovuta alle barriere;

$A_{misc}$  = attenuazione dovuta ad altri effetti (descritti nell'appendice della norma).

Il valore totale del livello sonoro equivalente ponderato in curva A si ottiene sommando i contributi di tutte le bande d'ottava e di tutte le sorgenti presenti secondo l'equazione seguente:

$$Leq(dBA) = 10 \log \left( \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^8 10^{0,1(L_p(ij) + A(j))} \right) \right)$$

dove:

n = numero di sorgenti;

j = indice che indica le otto frequenze standard in banda d'ottava da 63 Hz a 8kHz;

$A_f$  = indica il coefficiente della curva ponderata A.

### Divergenza geometrica

L'attenuazione per divergenza è calcolata secondo la seguente formula:

$$A_{div} = 20 \log \left( \frac{d}{d_0} \right) + 11 \quad dB$$

dove:

d = distanza tra la sorgente e il ricevitore in metri;

$d_0$  = distanza di riferimento (pari a 1 metro).



### Assorbimento atmosferico

L'attenuazione per assorbimento atmosferico è calcolata secondo la formula:

$$A_{atm} = \alpha \cdot d / 1000$$

dove:

d = distanza di propagazione in metri;

$\alpha$  = coefficiente di assorbimento atmosferico in decibel per chilometro per ogni banda d'ottava.

### Assorbimento del terreno

La ISO 9613-2 prevede due metodi per il calcolo dell'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno: il metodo completo e il metodo alternativo.

Il metodo completo si basa sull'ipotesi che nelle condizioni meteorologiche di propagazione del suono previste dalla norma l'attenuazione dovuta all'interferenza del suono si realizzi principalmente in due aree limitate una vicina alla sorgente e una vicina al recettore. Queste due aree hanno rispettivamente estensione massima pari a trenta volte l'altezza della sorgente sul suolo e trenta volte l'altezza del recettore sul suolo. L'equazione utilizzata è la seguente:

$$A_{gr} = A_s + A_r + A_m$$

dove :

$A_s$  = attenuazione calcolata nella regione della sorgente;

$A_r$  = attenuazione calcolata nella regione del recettore;

$A_m$  = attenuazione calcolata nella regione di mezzo (che può anche non esserci).

La Tab. ALL. B1 riporta lo schema di calcolo descritto nella norma.

Tabella ALL. B1 – Schema di calcolo per la determinazione dell'attenuazione nella regione della sorgente e del ricevitore.

Hz	As, Ar (dB)	Am (dBI)
63	-1,5	-3q
125	-1,5+G·a(h)	-3q(1-Gm)
250	-1,5+G·b(h)	-3q(1-Gm)
500	-1,5+G·c(h)	-3q(1-Gm)
1000	-1,5+G·d(h)	-3q(1-Gm)
2000	-1,5(1-G)	-3q(1-Gm)
4000	-1,5(1-G)	-3q(1-Gm)
8000	-1,5(1-G)	-3q(1-Gm)

$$a(h) = 1,5 + 3 \cdot e^{-0,12(h-5)^2} (1 - e^{-d/50}) + 5,7 \cdot e^{-0,09h^2} (1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} \cdot d^2})$$

$$b(h) = 1,5 + 8,6 \cdot e^{-0,09h^2} (1 - e^{-d/50})$$

$$c(h) = 1,5 + 14 \cdot e^{-0,46h^2} (1 - e^{-d/50})$$

$$d(h) = 1,5 + 5 \cdot e^{-0,9h^2} (1 - e^{-d/50})$$

dove :

h = nel calcolo di A<sub>s</sub> rappresenta l'altezza sul suolo in metri della sorgente, nel calcolo di A<sub>r</sub> rappresenta l'altezza sul suolo in metri del ricevitore;

d = è la proiezione sul piano della distanza in metri tra sorgente e ricevitore;

$$q = 1 - \frac{30(h_s + h_r)}{d}$$

q = se d ≤ 30·(h<sub>s</sub> + h<sub>r</sub>) il termine q vale 0 altrimenti vale

G = Ground factor, fattore che descrive le proprietà acustiche del terreno compreso tra 0 (Hard ground) e 1 (Porous Ground).

Il metodo alternativo, rispetto a quello completo, è maggiormente semplificato e calcola l'attenuazione dovuta al terreno ponderata in curva A (e non quindi in banda d'ottava):

$$A_{gr} = 4,8 - \frac{2 \times h_m}{d} \times \left( 17 + \frac{300}{d} \right)$$

dove:

h<sub>m</sub> = altezza media del raggio di propagazione in metri;

d = distanza tra la sorgente e il ricevitore in metri;

#### Assorbimento dovuto a schermi

Le condizioni per considerare un oggetto come schermo sono le seguenti:

- la densità superficiale dell'oggetto è almeno pari a 10 Kg/m<sup>2</sup>;
- l'oggetto ha una superficie uniforme e compatta (si ignorano quindi molti impianti presenti in zone industriali);
- la dimensione orizzontale dell'oggetto normale al raggio acustico è maggiore della lunghezza d'onda della banda nominale in esame.

Il modello di calcolo valuta solo la diffrazione dal bordo superiore orizzontale secondo l'equazione :

$$A_{bar} = D_z - A_{gr}$$

dove:

$D_z$  = attenuazione della barriera in banda d'ottava;

$A_{gr}$  = attenuazione del terreno in assenza della barriera.

L'equazione che descrive l'effetto dello schermo è la seguente:

$$D_z = 10 \times \log(3 + (C_2 / \lambda) \times C_3 \times z \times K_{met}) \quad dB$$

dove:

$C_2$  = uguale a 20;

$C_3$  = vale 1 in caso di diffrazione semplice mentre in caso di diffrazione doppia vale:

$$C_3 = (1 + (5 \times \lambda / e)^2) / (1/3 + (5 \times \lambda / e)^2)$$

$\lambda$  = lunghezza d'onda nominale della banda d'ottava in esame;

$z$  = differenza tra il percorso diretto del raggio acustico e il percorso diffratto calcolato come mostrato nelle immagini seguenti;

$K_{met}$  = correzione meteorologica data da  $K_{met} = \exp(-(1/2000) \sqrt{d_{ss} \times d_{sr} \times d / (2z)})$ ;

$e$  = distanza tra i due spigoli in caso di diffrazione doppia.



Schema esemplificativo dei tipi di schermi e delle grandezze in gioco.

#### Attenuazione dovuta a propagazione attraverso vegetazione

L'attenuazione dovuta alla vegetazione è molto limitata e si verifica solo se la vegetazione è molto densa al punto da bloccare la vista. L'attenuazione si verifica solo nei pressi della sorgente e nei pressi del recettore secondo la seguente Tab. ALL. B2.

Tabella ALL. B2 – Confronto tra lo spessore della barriera “d” in metri e il corrispondente valore di attenuazione in dB/m per banda d’ottava (per valori di d superiori a 200 metri si assume comunque d = 200 metri).

(m)	63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	8000 (Hz)
10 ≤ d ≤ 20	0	0	1	1	1	1	2	3
20 ≤ d ≤ 200	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12

#### Attenuazione dovuta a propagazione attraverso siti industriali

L’attenuazione è linearmente proporzionale alla lunghezza del percorso curvo d che attraversa il sito industriale secondo la seguente Tab. ALL. B3.

Tabella ALL. B3 – Valore di attenuazione in dB/m per banda d’ottava (tale attenuazione non deve comunque superare 10 dB).

63 (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	8000 (Hz)
0	0,015	0,025	0,025	0,02	0,02	0,015	0,015

#### Attenuazione dovuta a propagazione attraverso siti edificati

L’attenuazione dovuta all’attraversamento di zone edificate è calcolata secondo la formula:

$$A_{\text{haus}} = 0,1 \times B \times d$$

dove:

B = densità degli edifici nella zona data dal rapporto tra la zona edificata e la zona libera;

d = lunghezza del raggio curvo che attraversa la zona edificata sia nei pressi della sorgente che nei pressi del recettore, calcolato come descritto in precedenza.

Si tenga presente che:

- il valore dell’attenuazione non deve superare i 10 dB;
- se il valore dell’attenuazione del suolo calcolato come se le case non fossero presenti è maggiore dell’attenuazione calcolata con l’equazione sopra, allora tale ultimo termine viene trascurato.

## **B2 - Modello SEL per il disturbo causato da sorgenti lineari - strade**

La valutazione del disturbo causato dal traffico stradale, oltre ai parametri sopra descritti e misurati sperimentalmente, è stata eseguita attraverso il modello SEL, che sulla base delle caratteristiche del traffico effettivo (numero dei mezzi all’ora, discretizzati tra veicoli industriali leggeri, veicoli industriali pesanti automobili, motociclette e motorini, velocità di percorrenza), e sulle condizioni al contorno



(tipologia del manto stradale, presenza o meno di edifici, morfologia), consente di ricostruire la situazione del rumore ambientale nello spazio.

Il modello necessita ovviamente di essere calibrato attraverso il confronto tra i valori misurati sperimentalmente mediante apparecchio misuratore (fonometro) e quelli calcolati in considerazione delle condizioni fisiche del punto di misura.

La relazione per il calcolo del livello sonoro equivalente nello spazio  $L_{Aeq}$ , mediante modello matematico SEL è la seguente:

$$L_{Aeq} = 10 \times \log \left[ \frac{1}{3600} \left( N_{auto} \times 10^{\frac{SEL(auto)}{10}} + N_{vil} \times 10^{\frac{SEL(vil)}{10}} + N_{vip} \times 10^{\frac{SEL(vip)}{10}} + N_{moto} \times 10^{\frac{SEL(moto)}{10}} \right) \right] \\ + \Delta L_v + \Delta L_s + \Delta L_G + \Delta L_z - \Delta L_{distanza} - \Delta L_{suolo} - \Delta L_{aria}$$

dove:

$\Delta L_v$  = fattore di correzione per le diverse velocità medie del flusso da traffico;

$\Delta L_s$  = fattore di correzione per il tipo di manto stradale;

$\Delta L_G$  = fattore di correzione per la pendenza della strada;

$\Delta L_z$  = fattore di correzione per il tipo di strada aperta o chiusa da mure cittadine;

$\Delta L_{distanza} = 10 \times \log[(d + D)/(D \times \cos \delta)]$ ;

$\Delta L_{suolo} = (1 - e^{-d/300}) \times (1 + 20/h_m)$ ;

$\Delta L_{aria} = 0,005 \times d$ ;

$d$  = distanza tra ciglio della strada e ricettore;

$h_m$  = altezza media sorgente ricettore;

$\delta$  = angolo formato dall'orizzontale e dalla congiungente tra sorgente e ricettore;

$N_{auto}$  = numero auto per ora;

$N_{vil}$  = numero veicoli industriali leggeri per ora;

$N_{vip}$  = numero veicoli industriali pesanti per ora;

$N_{moto}$  = numero motocicli e ciclomotori per ora;

$D$  = distanza tra ciglio della strada (punto di osservazione) e mezzera stradale;

$V_m$  = velocità media flusso traffico;

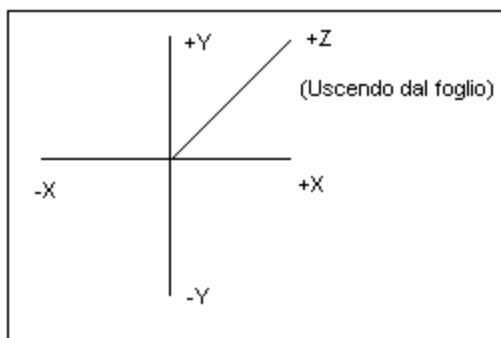
$h_r$  = altezza ricettore;

$h_s$  = altezza sorgente.

Tabella ALL. B4 - Valori medi di SEL per alcune tipologie di autoveicoli in funzione della velocità di marcia su superficie stradale pianeggiante di asfalto

	Acc.	Dec.	Acc.	Dec.	Velocità costante km/h			
Tipologia	0 ÷ 30	30 ÷ 0	30 ÷ 50	50 ÷ 30	50 ÷ 70	70 ÷ 90	90 ÷ 110	> 110
Motocicli	78,8	81,1	79,9	85,1	76,3	86,0	86,8	88,2
Autovetture	73,3	75,0	78,6	78,7	73,1	80,2	81,3	81,3
Camion 2 assi	86,8	88,6	90,7	88,7	80,2	77,1	77,8	78,3
Camion 3 assi	88,1	90,9	85,8	87,9	82,2	84,6	83,6	83,6
TIR	91,5	91,0	87,7	88,6	83,9	86,1	86,5	87,7

Il modulo di calcolo utilizza un sistema di coordinate cartesiano espresso in metri per l'implementazione della distribuzione del rumore nello spazio. Gli assi sono orientati come nella seguente figura:



Assi cartesiani di riferimento adottati nel modello.

Le coordinate dei vari oggetti (sorgenti, barriere, edifici, ecc.) sono espresse in metri.

Per la valutazione di alcuni effetti (orografia, effetto del terreno, fondo sonoro) sono stati assegnati al reticolo di calcolo una matrice (i,j) che contenga un valore della grandezza in esame per ogni cella.

Dati i valori dell'origine del reticolo di calcolo ( $x_0, y_0$ ), la dimensione della singola cella (dx,dy) e il numero totale di celle (nx,ny) le coordinate delle singole celle del reticolo sono espresse dalle relazioni seguenti:

$$x = x_0 + (i - 1) \cdot dx$$

$$y = y_0 + (j - 1) \cdot dy$$

### B3 - Descrizione della tecnica di misura fonometrica

La campagna di misura fonometrica si basa su una tecnica chiamata campionamento spazio-temporale. Mediante questa tecnica il valore del livello continuo equivalente  $L_{Aeq}$  su periodi medio lunghi non è misurato direttamente, come invece avviene in un rilevamento continuo, bensì è stimato

sulla base di una serie di dati rilevati in prefissati intervalli di tempo, solitamente molto brevi rispetto all'intero periodo a cui è riferito il  $L_{Aeq}$ .

Nella tecnica di campionamento sono distinti in genere i seguenti periodi temporali, definiti anche nel D.M.Amb. del 16.3.1998:

- Tempo a lungo termine  $T_L$ : la cui durata è stabilita in relazione agli obiettivi dell'indagine;
- Tempo di riferimento  $T_R$ : individuato all'interno di  $T_L$  rappresenta il periodo della giornata all'interno del quale si eseguono le misurazioni; il Decreto distingue inoltre tra tempo di riferimento diurno  $T_{Rd}$  (tra le 06 e le 22) e tempo di riferimento notturno  $T_{Rn}$  (tra le 22 e le 06), e si ha per cui:

$$\sum_{i=1}^r T_{Rdi} = T_{Ld} \quad \sum_{i=1}^r T_{Rni} = T_{Ln}$$

- Tempo di osservazione  $T_O$ : collocato all'interno di ogni singolo tempo  $T_{Ri}$  e definibile in uno o più tempi  $T_O$ :

$$\sum_{j=1}^o T_{Oj} \leq T_{Ri}$$

- Tempo di misurazione  $T_M$ : collocato all'interno di un tempo di ciascun tempo  $T_{Oj}$  e vale:

$$\sum_{k=1}^m T_{Mk} \leq T_{Oj}$$

Ad ogni k-esimo intervallo di misura  $T_{Mk}$ , di durata  $t_k$ , è associato il corrispondente livello equivalente  $L_{Aeq, TMk}$ . L'ipotesi alla base è che il valore del livello equivalente  $L_{Aeq}$  corrispondente all'insieme dei K-esimi livelli misurati  $L_{Aeq, TMk}$  coincida con il livello equivalente riferito al tempo di osservazione  $T_{Oj}$  contenente i k-esimi tempi  $T_{Mk}$ , ossia:

$$L_{Aeq, T_{Oj}} = 10 \log \left[ \frac{1}{T_{Mtot}} \cdot \sum_{k=1}^m t_k \cdot 10^{(L_{Aeq, TMk} / 10)} \right]$$

in cui  $T_{Mtot}$  è il tempo totale di misurazione contenuto in  $T_{Oj}$  pari a:

$$T_{Mtot} = \sum_{k=1}^m t_k$$

dall'insieme dei j-esimi livelli  $L_{Aeq, T_{Oj}}$  si ricava il livello equivalente riferito al tempo di riferimento  $T_{Ri}$ :

$$L_{Aeq, T_{Ri}} = 10 \log \left[ \frac{1}{T_{Ri}} \cdot \sum_{j=1}^o t_j \cdot 10^{(L_{Aeq, T_{Oj}} / 10)} \right]$$

analogamente si ricava il livello equivalente  $L_{Aeq, T_L}$  riferito al tempo di riferimento  $T_L$  mediante la relazione:

$$L_{Aeq,T_L} = 10 \log \left[ \frac{1}{r} \cdot \sum_{i=1}^r 10^{\left( L_{Aeq,T_{Ri}} / 10 \right)} \right]$$

In pratica, per ciascuna zona da analizzare, si sceglie una postazione particolarmente rilevante in termini di stretta relazione causa-effetto; in pratica, si sceglie un edificio affacciato sulla viabilità principale, in modo che il microfono rilevi un segnale massimamente correlato con il flusso veicolare e le attività industriali che costituiscono le sorgenti sonore principali.

Utilizzando uno strumento portatile, nel corso delle 24 ore sono eseguiti rilievi “spot”, in modo da verificare la distribuzione spaziale del livello sonoro nell’area. Ciascun rilievo “spot” ha una durata tipica di 10 - 15 minuti.

Ipotizzando che la legge di distribuzione spaziale del rumore resti invariata nel corso delle 24 ore, conoscendo il livello della posizione di riferimento negli stessi 10 – 15 minuti in cui si è svolto ciascun rilievo “spot”, diventa possibile calcolare per differenza anche il livello equivalente riferito all’intero tempo di riferimento diurno o notturno in ciascuna posizione secondaria, con un errore piuttosto contenuto, soprattutto se si è scelta con cura la postazione di rilievo primario, in modo che il segnale da essa rilevato sia ben correlato con le principali sorgenti di rumore della zona.

## **B4 - Catena strumentale**

La catena strumentale utilizzata per i rilievi fonometrici risponde alle norme IEC 804 e 651 Classe 1 ed è costituita da:

- FONOMETRO: Marca Delta OHM – Modello HD2010 – n. di serie 07022741018;
- PREAMPLIFICATORE: Marca Delta OHM – Modello HD2010PN;
- MICROFONO: Marca Delta OHM – Modello MK221 – n. di serie 35330;
- CALIBRATORE: Marca Delta OHM – Modello HD9101 – n. di serie 03017322;
- TARATURA: Effettuata dalla ditta Delta OHM – via Marconi, 5 Caselle di Selvazzano (PD) (*vedi certificato di taratura di seguito allegato*).

Le misure sono state eseguite da Tecnico competente in acustica in condizioni meteorologiche normali, in assenza di vento e precipitazioni atmosferiche, nel rispetto delle disposizioni contenute nel DM 16/03/98.

All'inizio e al termine delle singole sessioni di rilievi fonometrici si è proceduto a controllare il livello prodotto dal segnale di calibrazione, emesso dal Calibratore Delta OHM HD9101.

In nessun caso la differenza tra i livelli misurati all'inizio e alla fine della sessione di misure ha superato i  $\pm 0,1$  dB(A). Ciò consente di affermare che durante tutta la sessione di misure non si sono verificati shock termici, elettrici, meccanici o di altra natura che abbiano alterato la fedeltà della catena strumentale e quindi di sostenere la validità delle misurazioni effettuate.



## **ALLEGATO – CERTIFICATO TARATURA**



LABORATORI METROLOGICI

DELTA OHM srl 35030 Caselle di Selvazzano (PD)  
Via Marconi 5 - ITALY Tel. 0039-0498977150  
Fax 0039-049635596 - e-mail: info@deltaohm.com  
Web Site: www.deltaohm.com

Pagina 1 di 5  
Page 1 of 5

RAPPORTO DI TARATURA N. 20150001E  
*Calibration Report n.*

- data di emissione <i>date of issue</i>	2015-01-08
- destinatario <i>receiver</i>	Geas Studio Associato - Via Sette Ladroni, 4 - 46030 Cizzolo di Viadana (MN)
- richiesta <i>application</i>	565
- in data <i>date</i>	2014-12-22
<u>Si riferisce a</u> <i>Referring to</i>	
- oggetto <i>item</i>	Fonometro
- costruttore <i>manufacturer</i>	Delta Ohm S.r.l.
- modello <i>model</i>	HD2010
- matricola <i>serial number</i>	07022741018
- data delle misure <i>date of measurements</i>	2015/1/7
- registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	29866

Il presente rapporto di taratura riporta i risultati delle misure acustiche ed elettriche, eseguite secondo la procedura N. DHLE-E-07, per la verifica della conformità del fonometro alla norma internazionale IEC 61672.

Questo documento non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte della Delta Ohm Srl.

*This calibration chart reports acoustic and electrical measurement results, carried out according to procedure N. DHLE-E-07, for verification of sound level meter compliance with international standard IEC 61672.*

*This document may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Delta Ohm Srl.*

I risultati di misura riportati nel presente rapporto sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Laboratorio e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

*The measurement results reported in this calibration chart were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.*

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura  $k$  corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore  $k$  vale 2.

*The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor  $k$  corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor  $k$  is 2.*

Lo sperimentatore  
Operator  
Bicciato Bernardino



DELTA OHM srl 35030 Caselle di  
Selvazzano (PD)

Via Marconi 5 - ITALY Tel. 0039-  
0498977150

Fax 0039-049635596 - e-mail:  
info@deltaohm.com

Web Site: www.deltaohm.com

## LABORATORI METROLOGICI

Pagina 2 di 5  
Page 2 of 5

### RAPPORTO DI TARATURA N. 20150001E Calibration Report n.

I risultati di misura riportati nel presente Rapporto sono stati ottenuti applicando le seguenti procedure, sviluppate secondo le prescrizioni della Norma EN 61672-3:

*The measurement results reported in this Report were obtained following the procedures, developed according to EN 61672 standard requirements.*

DHLE - E - 07 rev. 1

La Norma Europea EN 61672-1 unitamente alla EN 61672-2 sostituiscono la EN 60651:1994 + A1:1994 + A2:2001 e la EN 60804:2000 (precedentemente denominate IEC 60651 ed IEC 60804) non più in vigore. La parte terza della Norma (EN 61672-3) riporta l'elenco e le modalità di esecuzione delle misure necessarie per la verifica periodica del corretto funzionamento degli strumenti.

#### Incertezze

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento e riportate nella tabella successiva, sono espresse come due volte lo scarto tipo ( $2\sigma$ ), corrispondente, nel caso di distribuzione normale, ad un livello di confidenza di circa 95%.

*Measurement uncertainties are specified for each test in the following table.*

Misuratore di livello sonoro ( Fonometro )	Livello sonoro [dB]	Frequenza di taratura [Hz]	Incertezza associata alla stima [dB]
Regolazione della sensibilità acustica	94, 104, 114, 124	250, 1000	0.20
Verifica della sorgente sonora associata	94, 104, 114, 124	250, 1000	0.15
Risposta in frequenza	25 ± 140	31.5 ± 16000	0.39 ± 0.72 *
Rumore auto-generato della catena microfono-fonometro		-	2.0
Rumore auto-generato del solo fonometro	-	-	1.0
Prove elettriche	25 ± 140	31.5 ± 16000	0.12 ± 0.19 **
Calibratori	94 / 114	1 000	0.11

\* In funzione della frequenza

\*\* In funzione della specifica prova

#### Campioni di riferimento

Campioni di Prima Linea	Costruttore	Modello	Numero di serie	Certificato Numero
Microfono campione	B&K	4180	2101416	INRIM 14-0697-01
Pistonofono campione	B&K	4228	2163696	INRIM 14-0697-02
Multimet	HP	3458A	2823A21870	INRIM 14-0695-01-02

Campioni di seconda linea	Costruttore	Modello	Numero di serie
Cal. Monofrequenza	B&K	4231	2191058
Cal. multifrequenza	B&K	4226	2141950
Cal. multifrequenza	B&K	4226	1806636

#### Strumentazione in taratura

Strumento	Costruttore	Modello	Numero di serie
Fonometro	Delta Ohm S.r.l.	HD2010	07022741018
Preamplificatore	Delta Ohm S.r.l.	HD2010PN	-
Microfono	MG	MK221	35330
Calibratore			

RAPPORTO DI TARATURA N. 20150001E  
Calibration Report n.

**Parametri ambientali**  
**Environmental parameters**

Condizioni ambientali di riferimento:  
Reference environmental conditions:

T = 23°C ± 2°C, P = 1013.25hPa ± 35hPa, R.H. = 50% ± 10%.

Lo strumento in taratura è stato posto in equilibrio termico con l'ambiente da almeno 24 h.

The instrument has been held at thermal equilibrium with ambient for at least 24h.

T [°C]	P [hPa]	R.H. [% U.R.]
23	1027	48.5

**1.0 MISURE ACUSTICHE**  
**ACOUSTIC MEASUREMENTS**

Le misure acustiche sono state realizzate in accoppiatore chiuso applicando le correzioni necessarie per ottenere la risposta in campo libero.

Acoustic measurements were performed in a closed coupler applying the corrections needed to get the free-field response.

Il campo di misura principale è: 50 dB ± 130 dB

Primary measurement range is:

Il livello di riferimento per la messa in punto è: 94 dB

Reference level for calibration is:

La frequenza di riferimento è: 1000Hz

Reference frequency is:

Lo strumento viene inizialmente calibrato applicando il livello di pressione sonora di riferimento (94.0 dB ad 1 kHz) generato dal calibratore di seconda linea, ed eseguendo il programma di calibrazione automatica.

First of all the instrument was calibrated, as described in the instruction manual, applying the reference sound pressure level (94.0 dB at 1 kHz) generated by the secondary calibrator, and carrying out the automatic calibration program.

La risposta in frequenza del fonometro con microfono viene verificata in ponderazione C, al livello di pressione sonora di riferimento pari a 94 dB, variando la frequenza del segnale sonoro nel range 31.5 Hz - 16 kHz a passi di una ottava includendo il valore 12.5 kHz.

The frequency response of the sound level meter with microphone in C weighting was verified at the reference sound pressure level of 94 dB, changing the sound signal frequency within the range 31.5 Hz - 16 kHz at octave steps including the 12.5 kHz value.

Frequenza [Hz]	ΔSPL [dB]	Incertezza [dB]	Toll. Cl. 1 [dB]
31.5	0.1	0.39	± 2.0
63	0.0		± 1.5
125	0.0		± 1.4
250	-0.1		± 1.1
500	0.0		± 1.6
1000	0.0	0.69	+ 2.1 ; -3.1
2000	0.3		+ 3.0 ; -6.0
4000	-0.4		+ 3.5 ; -17
8000	-1.0		
12500	-0.4		
16000	-2.3	0.72	

Il livello di pressione sonora generato dall'eventuale calibratore in dotazione viene verificato in ponderazione Z.

Sound pressure level generated by the associated calibrator was verified with weighting Z.

SPL nominale [dB]	SPL misurato [dB]

Si determina il minimo livello sonoro equivalente ponderato A misurabile dal fonometro applicando la correzione associata al rumore ambientale residuo.

The minimum measurable A weighted equivalent sound level was verified applying a correction for environmental residual noise.

Leq fondo [dBA]	Leq mis [dBA]	Leq corr [dBA]
15.0	19.0	16.8

**2.0 MISURE ELETTRICHE**  
**ELECTRICAL MEASUREMENTS**

Le misure elettriche sono state realizzate sostituendo il microfono con un adattatore capacitivo di impedenza elettrica equivalente. Salvo diversa indicazione le prove sono state effettuate nel campo misure principale.

Electrical measurements were carried out replacing the microphone with a capacitive adapter of equivalent impedance. Measurements were carried out in the reference range unless otherwise stated.

**2.1 Rumore autogenerato**  
**Self-generated noise**

Le misure di livello sonoro, riportate nella tabella seguente, sono state ottenute cortocircuitando l'ingresso dell'adattatore capacitivo nel campo di massima sensibilità.

Sound level measurements shown in the following table were obtained in the measurement range of maximum sensitivity, applying a short circuit to the input of the capacitive adapter.

24.1	dBZ
18.4	dBA
22.4	dBZ

**2.2 Indicatore di sovraccarico**  
**Overload indicator**

La verifica dell'indicatore di sovraccarico, viene eseguita confrontando la risposta del fonometro a singoli semi-cicli, positivo e negativo, alla frequenza di 4 kHz e di ampiezza tale da attivare l'indicazione di sovraccarico nel campo misure di minore sensibilità.

The overload indicator was verified comparing the sound level meter response to positive and negative single cycles, at a frequency of 4 kHz, with an input level corresponding to the first overload indication in the least-sensitive measurement range.





DELTA OHM srl 35030 Caselle di  
Selvazzano (PD)

Via Marconi 5 - ITALY Tel. 0039-  
0498977150

Fax 0039-049635596 - e-mail:

info@deltaohm.com

Web Site: www.deltaohm.com

## LABORATORI METROLOGICI

Pagina 4 di 5

Page 4 of 5

### RAPPORTO DI TARATURA N. 20150001E

#### Calibration Report n.

Livello di sovraffacco [dBV]	Semi-ciclo	Differenza [dBV]	Incertezza [%]	Toll. Cl. 1 [%]
22.19	Pos	0.0	0.17	±1.8
22.19	Neg			

#### 2.3 Linearità del campo di misura principale Linearity in the reference level range

La verifica della linearità del fonometro nel campo di misura principale è stata effettuata con ponderazione A ed un segnale con frequenza pari a 4 kHz.

Sound level meter level linearity on the reference level range was verified with A weighting applying a 4 kHz input signal.

Leq. appl. [dB(A)]	ΔLeq [dB(A)]	Incertezza [dB]	Toll. Cl. 1 [dB]
94.0	0.0	0.11	± 1.1
128.1	0.1	0.12	
127.1	0.1		
126.1	0.1		
125.1	0.1		
124.1	0.1		
119.1	0.1		
114.1	0.1		
109.1	0.1		
104.1	0.1		
99.0	0.0		
94.0	0.0		
89.0	0.0		
84.0	0.0		
79.0	0.0		
74.0	0.0		
69.0	0.0		
64.0	0.0		
59.0	0.0		
54.0	0.0		
53.0	0.0		
52.1	0.1		
51.1	0.1		
50.1	0.1		
48.6	0.1		

(\*1) Indicazione di sotto-campo corrispondente a 0.280 mV.

#### 2.4 Linearità dei campi di misura secondari Linearity on secondary measurement ranges

La linearità dei campi misura secondari è stata verificata in ponderazione A applicando un segnale in ingresso ad 1kHz al livello di riferimento.

Level linearity on the secondary ranges was verified with A weighting applying a 1 kHz input signal at the reference level.

94.0 dB

Campo di misura [dB(A)]	ΔLeq [dB(A)]	Incertezza [dB]	Toll. classe 1 [dB]
60+ 140	0.0	0.12	± 1.1
40+ 120	0.0		
30+ 110	-0.1		
20+ 100	-0.1		

I campi misura secondari vengono inoltre verificati applicando un segnale in ingresso alla frequenza di 1 kHz di ampiezza corrispondente al limite superiore del campo misure diminuito di 5dB. Besides secondary ranges were verified applying a 1 kHz input signal with a level 5dB lower than the upper limit of the measurement range.

Campo di misura [dB(A)]	ΔLeq [dB(A)]	Incertezza [dB]	Toll. classe 1 [dB]
60+ 140	0.1	0.12	± 1.1
50+ 130	0.0		
40+ 120	0.0		
30+ 110	-0.1		
20+ 100	-0.1		

#### 2.5 Ponderazioni in frequenza Frequency weightings

Le risposte delle ponderazioni in frequenza, sono state verificate applicando un segnale ad 1kHz di 45 dB inferiore al limite superiore del campo di riferimento, quindi variandone la frequenza nell'intervallo 31.5 Hz - 16000 Hz in passi di ottava incluso il punto a 12500 Hz e variandone corrispondentemente l'ampiezza in ragione inversa dell'attenuazione del filtro in esame.

Frequency weightings responses were verified applying a 1kHz signal 45dB lower than the upper limit in the reference range and changing the frequency in the 31.5Hz - 16kHz range with octave steps, including 12.5kHz, and modifying the input level to compensate for the filter attenuation.

Freq.	Risposta in frequenza ΔSPL [dB]			Incertezza	Toll. Cl. 1
[Hz]	A	C	Z	[dB]	[dB]
31.5	-0.1	-0.1	-0.8	0.21	± 2.0
63	0.0	-0.1	-0.3		± 1.5
125	0.0	-0.1	-0.1		± 1.4
250	-0.1	-0.1	-0.1		
500	-0.1	-0.1	-0.1	0.11	± 1.1
1000	0.0	0.0	0.0		
2000	-0.1	0.0	-0.1	0.21	± 1.6
4000	0.0	0.0	-0.1		
8000	-0.1	-0.1	-0.1		+ 2.1 ; - 3.1
12500	-0.3	-0.3	-0.2		+ 3.0 ; - 6.0
16000	-0.3	-0.3	-0.5		+ 3.5 ; - 17



DELTA OHM srl 35030 Caselle di  
Selvazzano (PD)  
Via Marconi 5 - ITALY Tel. 0039-  
0498977150  
Fax 0039-049635596 - e-mail:  
info@deltaohm.com  
Web Site: www.deltaohm.com

## LABORATORI METROLOGICI

Pagina 5 di 5  
Page 5 of 5

### RAPPORTO DI TARATURA N. 20150001E Calibration Report n.

#### 2.6 Accuratezza in condizioni di riferimento Accuracy at the reference conditions

Si confrontano le indicazioni del fonometro con le diverse ponderazioni di frequenza in risposta ad un segnale sinusoidale ad 1kHz di ampiezza tale da fornire una indicazione di livello sonoro ponderato A con costante FAST pari al livello di riferimento. Si effettua inoltre il medesimo confronto con costante di tempo SLOW e nella misura del livello equivalente

Sound level meter indication with each frequency weighting was compared to the indication with A weighting and FAST time-weighting in response to a 1kHz sinusoidal signal with an amplitude corresponding to the reference level. Besides the indications with SLOW time-weighting and measuring the equivalent level were compared to the reference level.

94 dB.

Ponderazioni in frequenza ASPL FAST [dB]			Incertezza [dB]	Toll. Cl. 1 [dB]
A	C	Z		
0.0	0.0	-0.1	0.15	± 0.4

Ponderazioni temporali AL [dBA]			Incertezza [dB]	Toll. Cl. 1 [dB]
FAST	SLOW	Leg		
0.0	0.0	-0.1	0.15	± 0.3

#### 2.7 Risposta ai treni d'onda Toneburst response

Si verifica la risposta del fonometro ai treni d'onda con le costanti FAST e SLOW e nella misura del livello di esposizione sonora. Il segnale in ingresso viene ricavato da un segnale sinusoidale continuo, alla frequenza di 4 kHz di livello pari al limite superiore del campo misure diminuito di 3dB. L'indicazione del fonometro considerata sarà quella relativa al valore massimo con ponderazione A.

Sound level meter response to tonebursts was verified with FAST and SLOW time-weightings and measuring the SEL. The input signal was extracted from a 4kHz sinusoidal signal at a level corresponding to 3dB less than the upper limit of the reference range. The measured maximum A weighted level was considered.

Costante di tempo	Durata Burst [ms]	ASPL <sub>Max</sub> [dB]	Incertezza [dB]	Toll. Cl. 1 [dB]
FAST	200	-0.1	0.19	± 0.8
	2	-0.2		+ 1.3 ; - 1.8
	0.25	-0.3		+ 1.3 ; - 3.3
SLOW	200	-0.3	0.19	± 0.8
	2	-0.1		+ 1.3 ; - 3.3
	0.25	-0.2		+ 1.3 ; - 3.3

#### 2.8 Risposta ai treni d'onda con costante IMPULSE Toneburst response with IMPULSE time-weighting

Si verifica la risposta del fonometro ai treni d'onda con ponderazione IMPULSE. Il segnale in ingresso viene ricavato da un segnale sinusoidale continuo, alla frequenza di 4 kHz di livello pari al limite superiore del campo misure. L'indicazione del fonometro considerata sarà quella relativa al valore massimo con ponderazione A.

Sound level meter response to tonebursts was verified with IMPULSE time-weighting. The input signal was extracted from a 4kHz sinusoidal signal at a level corresponding to the upper limit of the reference range. The measured maximum A weighted level was considered.

Costante di tempo	Durata Burst [ms]	ASPL <sub>Max</sub> [dB]	Incertezza [dB]	Toll. Cl. 1 [dB]
IMPULSE	20	-0.2	0.19	± 1.8
	5	-0.3		± 2.3
	2	-0.3		

#### 2.9 Livello sonoro di picco ponderato C Peak sound level

La verifica del livello di picco con ponderazione C viene effettuata nel campo misure di minima sensibilità. Si confronta la risposta del fonometro a singoli cicli sinusoidali ad 8 kHz e la risposta a mezzi cicli, positivo e negativo, a 500Hz ricavati da segnali sinusoidali di ampiezza tale da fornire una indicazione di livello sonoro ponderato C con costante FAST corrispondente al massimo livello misurabile diminuito di 8 dB.

Peak C sound level was verified in the least-sensitive measurement range. The sound level meter responses to 8kHz single cycles and to 500Hz half cycles, positive and negative, were compared applying an input level giving an indication 8dB lower than the upper limit.

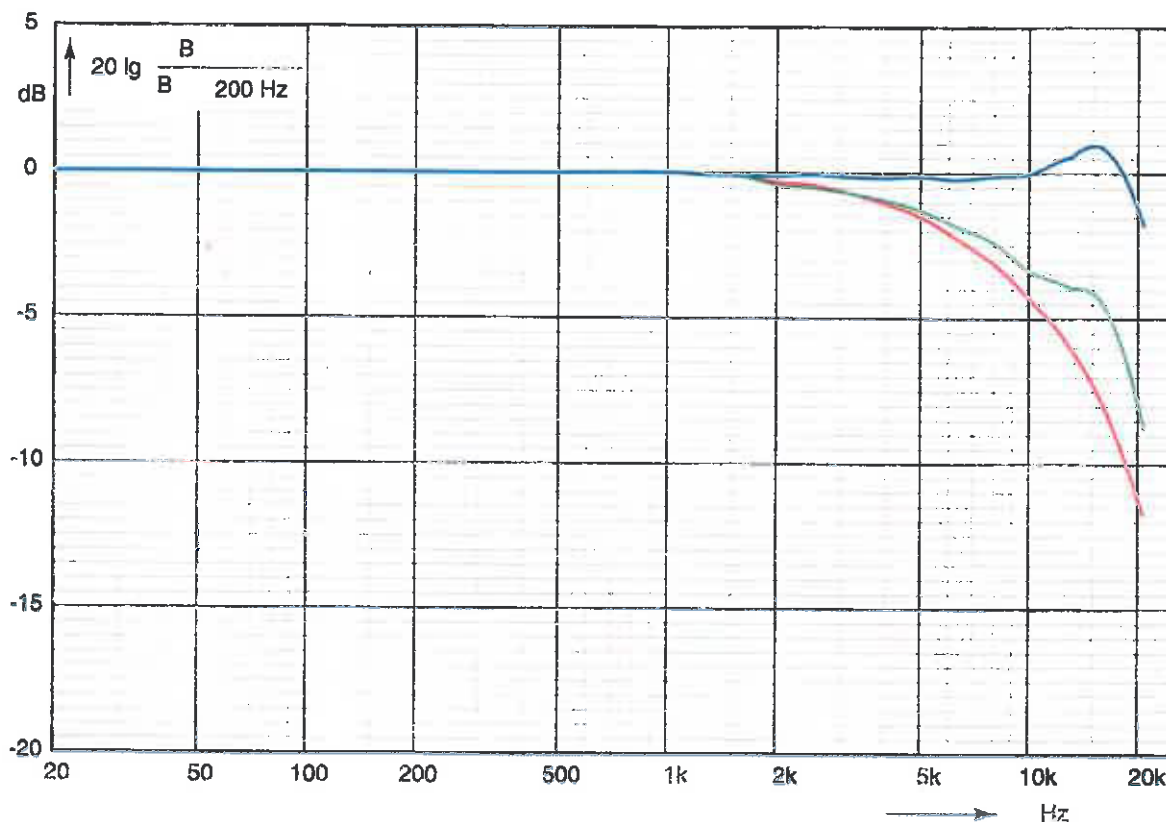
Frequenza [Hz]	Ciclo	ASPL [dB]	Incertezza [dB]	Toll. Cl. 1 [dB]
8000	singolo	-0.5	0.17	± 2.4
500	½ Positivo	-0.2		± 1.4
500	½ Negativo	-0.2		

NOTE:

# Technical data of microphone capsule mod. MK 221

Unit No.: 35330

CE



## Frequency response for microphone with protection grid

- in free field, sound incidence along the capsule axis
- in diffused field
- pressure propagation constant, by the electrostatic method

## Propagation factor B and propagation constant a

of the capsule at 200 Hz, 100 kPa, 200 V polarization voltage

propagation constant referred to  $B = 10 \text{ mV/Pa}$

no load capsule

$B_i$  50.4 mV/Pa  $a_i$  14.0 dB

Capsule capacity at 200 V polarization voltage 17.5 pF

Tester: *[Signature]*

Date: 24.11.2008

Testet by:

MICROTECH GEFELL GMBH 

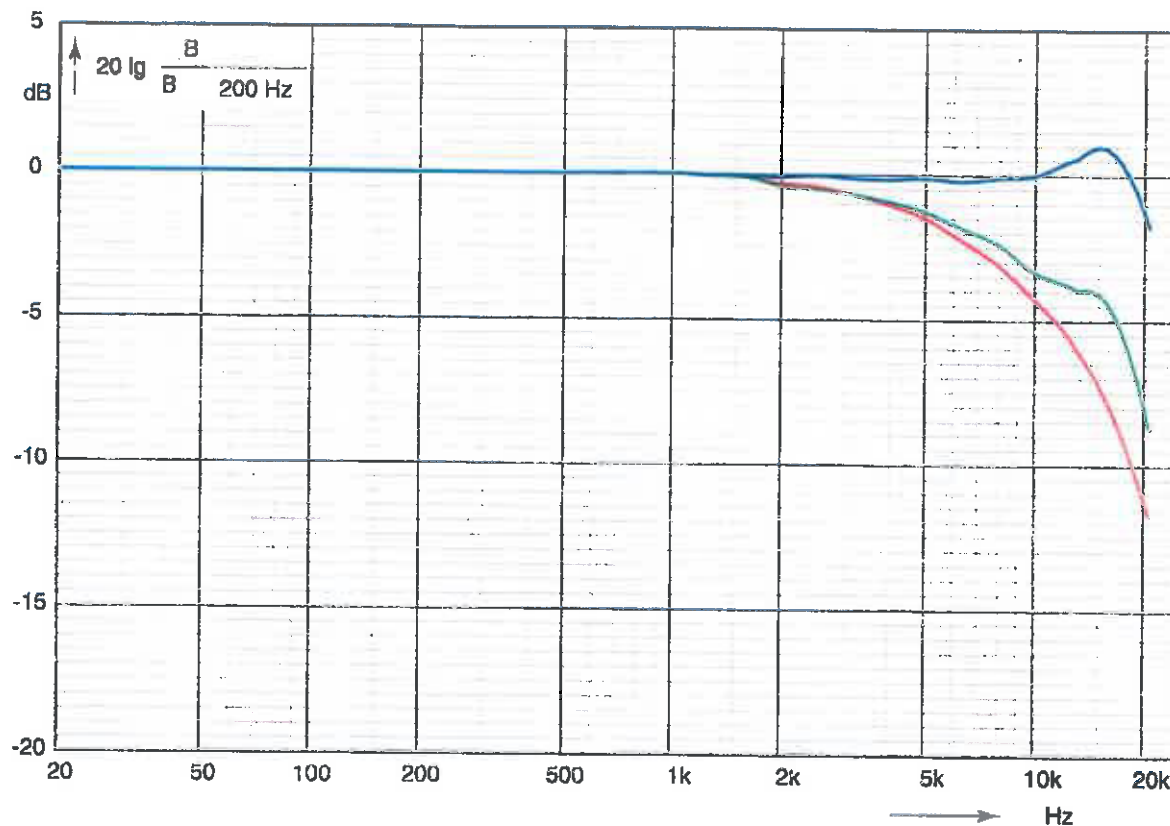
**Delta**  
**OHM SRL**

DELTA OHM srl  
Via Marconi, 5  
I 35030 CASELLE DI SELVAZZANO  
PADOVA Italy

# Technical data of microphone capsule mod. MK 221

Unit No.: 35330

CE



## Frequency response for microphone with protection grid

- in free field, sound incidence along the capsule axis
- in diffused field
- pressure propagation constant, by the electrostatic method

## Propagation factor B and propagation constant a

of the capsule at 200 Hz, 100 kPa, 200 V polarization voltage  
propagation constant referred to  $B = 10 \text{ mV/Pa}$

no load capsule

$B_L$  50.4 mV/Pa  $a_L$  14.0 dB

Capsule capacity at 200 V polarization voltage 17.5 pF

Tester: *[Signature]*

Date: 24.11.2008

Testet by:

MICROTECH GEFELL GMBH 

**Delta**  
**OHM SRL**

DELTA OHM srl  
Via Marconi, 5  
I 35030 CASELLE DI SELVAZZANO  
PADOVA Italy