









# S.S. N. 9 "VIA EMILIA"

## VARIANTE DI CASALPUSTERLENGO ED ELIMINAZIONE PASSAGGIO A LIVELLO SULLA S.P. EX S.S. N.234

### PROGETTO ESECUTIVO

  Ing. Renato Vaira <small>(Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4663 W)</small>	ING. RENATO DEL PRETE  Ing. Renato Del Prete <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073</small>	DOTT. GEOL. DANILO GALLO  Dott. Geol. Danilo Gallo <small>Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588</small>	<b>INTEGRAZIONE PRESTAZIONI</b> Ing. Renato Del Prete	<b>PROGETTISTA</b> Ing. Valerio Bajetti <small>(I.T. S.r.l.)</small>
			<b>PROGETTAZIONE STRADALE</b> Ing. Gaetano Ranieri <small>(Ga&amp;M S.r.l.)</small>	<b>PROGETTAZIONE IDRAULICA</b> Ing. Fabrizio Bajetti <small>(I.T. S.r.l.)</small>
  Ing. Valerio Bajetti <small>Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211</small>	<b>SETAC</b> Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni  Prof. Ing. Luigi Monterisi <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771</small>	  E&G Engineering & Graphics S.r.l.  Ing. Gabriele Incecchi <small>Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102</small>	<b>PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MAGGIORI</b> Ing. Renato Vaira <small>(Studio Corona S.r.l.)</small>	<b>PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MINORI</b> Ing. Nicola Ligas <small>(I.T. S.r.l.)</small>
			<b>COMPUTI</b> Ing. Valerio Bajetti <small>(I.T. S.r.l.)</small>	<b>CANTIERISTICA</b> Ing. Gaetano Ranieri <small>(Ga&amp;M S.r.l.)</small>
<b>CONSORZIO UNING</b> SOCIETÀ DESIGNATA: <b>GA&amp;M</b>  Prof. Ing. Matteo Ranieri <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137</small>	<b>ECOPLAN</b> <small>Studi e Progettazioni Ambientali</small>  Arch. Nicoletta Frattini <small>Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433</small>	<b>ARKE'</b> INGEGNERIA s.r.l. <small>via Ingegnere Tommaso Grossi, 21 70139 Bari</small>  Ing. Gioacchino Angarano <small>Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970</small>	<b>GEOLOGIA</b> Dott. Danilo Gallo	<b>GEOTECNICA</b> Ing. Gianfranco Sodero <small>(Studio Corona S.r.l.)</small>
			<b>AMBIENTE</b> Dott. Emilio Macchi <small>(ECOPLAN S.r.l.)</small>	<b>SICUREZZA</b> Ing. Gaetano Ranieri <small>(Ga&amp;M S.r.l.)</small>
VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO    Dott. Ing. Fabrizio CARDONE	IL RESPONSABILE DELLA INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE   Ing. Renato DEL PRETE	PROGETTISTA   Ing. Valerio BAJETTI	GEOLOGO   Dott. Danilo GALLO	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE   Ing. Gaetano RANIERI

ED01

## E - MITIGAZIONI AMBIENTALI ED - ALLEGATI DA PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO DELL'OPERA

CODICE PROGETTO			NOME FILE			REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	ED01-T00IA03AMBRE01_A.dwg			A	
<b>COMI</b>	<b>E</b>	<b>1701</b>	CODICE ELAB.	<b>T00IA03AMBRE01</b>	<b>A</b>		
D							
C							
B							
A	EMISSIONE		DICEMBRE 2017	ECOPLAN s.r.l.	PROF. ING. LUIGI MONTERISI	ING. VALERIO BAJETTI	
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	



## S.S. N. 9 "Via Emilia" Variante di Casalpusterlengo ed eliminazione passaggio a livello sulla SP ex S.S. N. 234

### PROGETTO DEFINITIVO

#### CONTRIBUTI SPECIALISTICI

**TECNOSTUDIO BIEFFE S.R.L.**  
VIA MAZZETTI 7  
FONTANELLATO (PR)

COMPONENTE STRADALE  
E STRUTTURALE;  
SICUREZZA, CANTIERE.  
RILIEVI E COMPUTAZIONE.

**CONSORZIO MUZZA  
BASSA LODIGIANA**  
VIA NINO DALL'ORO, 4 -  
LODI

COMPONENTE  
IDRAULICA

**STUDIO GEOLOGICO G.  
GRAZIANO E M. MASI**  
VIA AQUILEIA N. 34/A,  
PALERMO,

APPROFONDIMENTO  
GEOLOGICO DELLE  
MATRICI AMBIENTALI  
SUOLO E SOTTOSUOLO

**ARCH. MADDALENA  
GIOIA GIBELLI**  
VIA SENATO, 45  
MILANO

COMPONENTE  
PAESAGGISTICA  
ED AMBIENTALE

**P I GIOVANNI PERRI**  
VIA PRIORATO, 16  
FONTANELLATO ( PR )

COMPONENTE  
IMPIANTISTICA,  
TECNOLOGICA ED  
ILLUMINOTECNICA

**CI.TRA S.R.L.**  
VIALE LOMBARDA, 5  
MILANO,  
IN COLLABORAZIONE CON  
**L.C.E. SRL**  
VIA DEI PLATANI, 7  
OPERA

COMPONENTE  
TRASPORTISTICA  
ED ACUSTICA

#### I PROGETTISTI

**Arch. Savino GARILLI** PROVINCIA DI LODI  
Iscritto all'Ordine degli Architetti della Provincia di Piacenza al n° 280

**Ing. Antonio SIMONE** COMUNE DI CASALPUSTERLENGO  
Iscritto all'ordine degli Ingegneri della provincia di Foggia al n° 1270

#### STUDI AMBIENTALI E PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

**Arch. Savino GARILLI** PROVINCIA DI LODI  
Iscritto all'Ordine degli Architetti della Provincia di Piacenza al n° 280

#### COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

**Geom. Fiorenzo BERGAMASCHI**  
Iscritto al Collegio dei Geometri della Provincia di Parma al n° 1606  
via Mazzetti, 7  
FONTANELLATO (PR)

**VISTO:IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO**  
Ing Nicola DINNELLA

DATA

PROTOCOLLO

#### IL GEOLOGO

**Dott. Geol. Gianluca CANTARELLI**  
Iscritto all'Ordine dei Geologi dell' Emilia Romagna al n° 359  
via Malpelli, 2 FIDENZA (PR)

## RELAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO DELL'OPERA

CODICE PROGETTO

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

<b>D</b>	RECEPIMENTO PRESCRIZIONI ISTRUTTORIA ANAS	MAGGIO 2012			
<b>C</b>	RECEPIMENTO PRESCRIZIONI CONFERENZA DEI SERVIZI	FEBBRAIO 2011			
<b>B</b>	VERIFICA DI OTTEMPERANZA AL DECRETO VIA	APRILE 2010			
<b>A</b>	PRIMA CONSEGNA PROGETTO	MARZO 2009			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO RESP. TECNICO	CONTROLLATO RESP. D'ITINERARIO	APPROVATO RESP. DI SETTORE

Codice  
Elaborato

**IAOO 1850**

Data Revisione:

FEBBRAIO 2011

REV.

**C**

FOGLIO

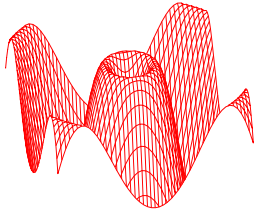
**01** DI **74**

Scala:

ELABORATO DI TESTO

NOME FILE

IAOO 1850 RELAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO CART.DWG



**L.C.E.** Laboratorio Certificazione Elettronica s.r.l.

Laboratori, uffici e sede legale: via dei Platani n. 7/9 - 20090 Opera (MI)

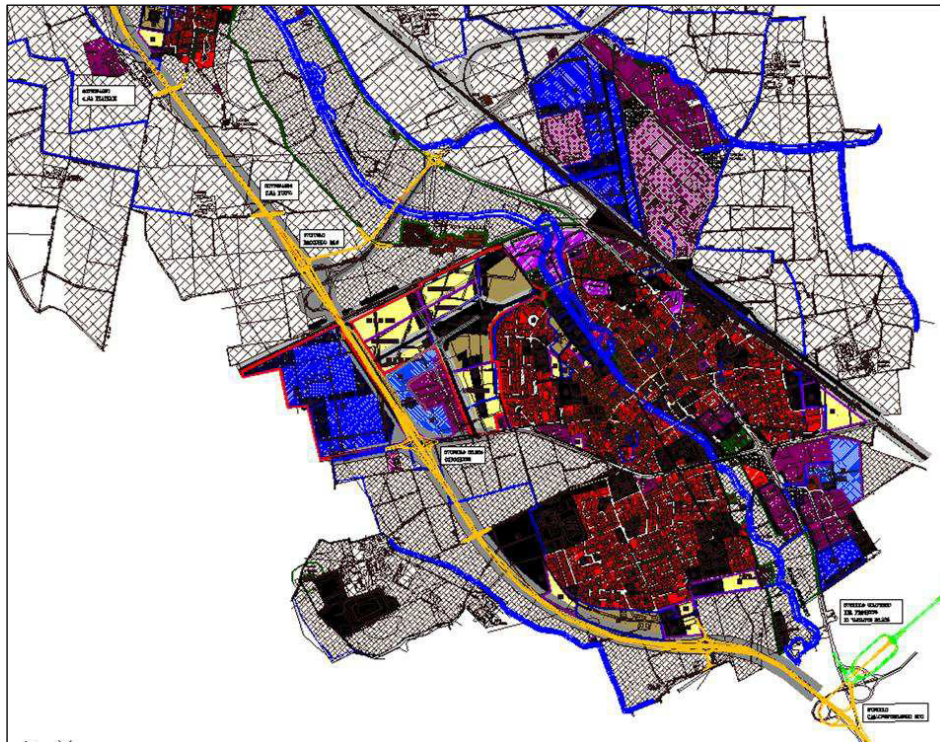
Cod. fisc. e P. IVA n. 03531170961

Tel: 02-57602858 □ Fax: 02-57607234 - www.lce.it

## **Progetto**

*Variante della SS9 - Via Emilia*

*all'altezza dell'abitato del comune di Casalpusterlengo (LO)*



# **VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO**

**Febbraio 2011**

**Relazione Tecnica**



**Il presente documento è stato elaborato dalla:**

***L.C.E. srl***

*di Sergenti Marco & C. - Centro SIT 68/E*

*Laboratori: via dei Platani n.7/9 - 20090 Opera (MI) Sede legale: P.za Falcone n. 9 - 20090 Opera (MI)*

*Cod. fisc. e P. IVA n. 03531170961 □ Iscriz. Trib. N. 319820*

*Tel: (+39) 02-57602858 □ Fax: (+39) 02-57607234 □ <http://www.lce.it> □ E-mail: [info@lce.it](mailto:info@lce.it)*

**Ne hanno curato la stesura:**

**SERGENTI Marco**

(Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 556 del 10.02.1998)

**Staff:**

Mirco Canevari, Claudio Colombo, Claudio Costa, Daniele Fumagalli, Gabriele Macchi, Riccardo Pani.

*Rif. 10-0665*



## Sommario

<b>SOMMARIO</b> .....	<b>3</b>
<b>1 PREMESSA</b> .....	<b>5</b>
1.1 MODALITÀ E CRITERI GENERALI .....	5
<b>2 DEFINIZIONI TECNICHE</b> .....	<b>6</b>
<b>3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>11</b>
<b>4 CRITERI DI VALUTAZIONE</b> .....	<b>13</b>
4.1 I LIMITI ASSOLUTI DI ZONA.....	13
4.2 IL CRITERIO DIFFERENZIALE.....	15
4.2.1 Generalità.....	15
4.3 IL DECRETO SUI LIMITI SONORI DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI.....	16
<b>5 INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b> .....	<b>18</b>
5.1 LOCALIZZAZIONE .....	18
5.2 IL PIANO REGOLATORE GENERALE .....	20
5.3 LA CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DEL TERRITORIO.....	21
<b>6 DESCRIZIONE DEL PROGETTO</b> .....	<b>22</b>
6.1 GENERALITÀ .....	22
6.2 IL PROGETTO .....	22
<b>7 INQUADRAMENTO DELLA PROBLEMATICHE DI EMISSIONE</b> .....	<b>23</b>
7.1 LA SITUAZIONE ATTUALE.....	23
7.2 LA SITUAZIONE FUTURA.....	24
7.3 RILIEVI FONOMETRICI .....	29
7.4 ATTIVITÀ DELLE SORGENTI .....	29
7.5 LOCALIZZAZIONE DEI RECETTORI SENSIBILI .....	29
<b>8 MODELLISTICA MATEMATICA SUL RUMORE</b> .....	<b>30</b>
8.1 GRANDEZZE CONSIDERATE AI FINI DELL'ATTENUAZIONE ACUSTICA.....	30
8.2 SPECIFICHE DEL MODELLO MATEMATICO USATO .....	32
8.2.1 <i>Tecnica di ritracciamento dei raggi (Raytracing)</i> .....	32
8.2.2 <i>Le tipologie di sorgenti</i> .....	33
8.2.3 <i>La diffrazione degli ostacoli</i> .....	34
8.2.4 <i>L'assorbimento di elementi</i> .....	34
8.2.5 <i>Quote di calcolo delle mappe</i> .....	35
8.3 RIFERIMENTI NORMATIVI DEL MODELLO UTILIZZATO .....	35
<b>9 ACCURATEZZA DELLE MISURE E DELLE SIMULAZIONI</b> .....	<b>36</b>
9.1 ACCURATEZZA DELLE MISURE ACUSTICHE.....	36
9.1.1 <i>Incertezza dello strumento</i> .....	36
9.1.2 <i>Incertezza della parte microfonica</i> .....	36
9.1.3 <i>Variabilità delle condizioni emissive della sorgente</i> .....	36
9.1.4 <i>Variabilità delle condizioni atmosferiche</i> .....	37
9.1.5 <i>Direttività dell'onda acustica incidente</i> .....	37
9.1.6 <i>Campo sonoro nel punto di misura</i> .....	37
9.1.7 <i>Calcolo delle incertezze associate alle misure</i> .....	37
9.2 ACCURATEZZA DELLE SIMULAZIONI ACUSTICHE .....	38
9.2.1 <i>Tipo di modello e utilizzo dello stesso</i> .....	38
9.2.2 <i>Dati di potenza sonora delle sorgenti</i> .....	38
9.2.3 <i>Dati non considerati nei modelli</i> .....	39



9.2.4 Inserimento dati morfologici .....	39
9.2.5 Riferimenti normativi del modello .....	39
9.2.6 Scelta dei parametri di calcolo .....	40
9.2.7 Calcolo delle incertezze associate alle simulazioni.....	40
9.3 MIGLIORAMENTO DELL'ACCURATEZZA .....	42
9.4 QUALI PARAMETRI MISURARE .....	42
9.5 LA DURATA DELLE MISURE .....	42
9.6 IL LIVELLO DI ACCURATEZZA.....	43
<b>10 PREVISIONE DEI LIVELLI SONORI NEL TERRITORIO CIRCOSTANTE .....</b>	<b>44</b>
10.1 PREMESSA .....	44
10.2 SITUAZIONE ATTUALE - RUMORE AMBIENTALE DIURNO .....	44
10.3 SITUAZIONE FUTURA.....	45
<b>11 GLI INTERVENTI DI RISANAMENTO .....</b>	<b>46</b>
11.1 PREMESSA.....	46
11.2 GENERALITÀ SULLE BARRIERE ACUSTICHE.....	46
11.2.1 Principio fisico.....	47
11.2.2 Ulteriori elementi.....	47
11.2.3 Tipologia delle barriere .....	50
11.3 SITUAZIONE FUTURA CON INTERVENTI .....	57
11.4 VALORI PUNTUALI .....	65
<b>12 CONCLUSIONI.....</b>	<b>68</b>
<b>13 ALLEGATO A .....</b>	<b>69</b>



## 1 Premessa

Nell'ambito delle richieste della Legge quadro in materia d'inquinamento acustico n. 447 del 26/10/95 art. 8, si è provveduto ad eseguire una valutazione dei livelli di rumore che verranno emessi dal traffico indotto dalla variante della SS 9/Via Emilia all'altezza dell'abitato del comune di Casalpusterlengo (LO) e che avrà funzione di Tangenziale per il comune stesso.

### 1.1 Modalità e criteri generali

Nella presente relazione abbiamo cercato di attenerci, per quanto possibile, alle linee guida sulle Valutazioni di Impatto Acustico contenute nella Delibera Regionale n. VII/8313 del 8/3/2002 "Modalità e criteri di redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e di valutazione previsionale del clima acustico", e soprattutto la modellazione è stata incentrata in modo da consentire la verifica del punto principale della delibera:

"a) per la previsione di impatto acustico, la valutazione comparativa tra lo scenario con presenza e quello con assenza delle opere ed attività"

In sostanza un confronto tra il rumore residuo attuale con il coinvolgimento di tutte le sorgenti attualmente presenti sul territorio e il rumore ambientale futuro con la presenza delle sorgenti oggetto della presente relazione.

Per evitare possibili difficoltà nella lettura di questo articolato documento abbiamo predisposto uno specchio riassuntivo con i riferimenti delle richieste della DGR e dei relativi paragrafi nella relazione.

Come verrà meglio chiarito nel seguito, la presente valutazione è stata realizzata mediante l'impiego di modelli matematici studiati espressamente per la problematica acustica, che tengono conto di tutti i parametri che concorrono nella propagazione delle onde sonore.

I livelli di pressione acustica considerati sono quelli medi relativi ai periodi d'attività dell'area, ottenibili attraverso una misura di  $L_{eq}(A)$  (Livello Equivalente pesato A) misurato durante tale periodo.



## 2 Definizioni tecniche

### 2.1 Inquinamento acustico

Introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle altre 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.

### 2.2 Ambiente abitativo

Ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane; vengono esclusi gli ambienti di lavoro salvo quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti esterne o interne non connesse con attività lavorativa propria.

### 2.3 Ambiente di lavoro

E' un ambiente confinato in cui operano uno o più lavoratori subordinati, alle dipendenze sotto l'altrui direzione, anche al solo scopo di apprendere un'arte, un mestiere od una professione.

Sono equiparati a lavoratori subordinati i soci di enti cooperativi, anche di fatto, e gli allievi di istituti di istruzione o laboratori-scuola.

### 2.4 Rumore

Qualunque emissione sonora che provochi sull'uomo effetti indesiderati, disturbanti o dannosi o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo dell'ambiente.

### 2.5 Sorgente sonora

Qualsiasi oggetto, dispositivo, macchina, impianto o essere vivente, atto a produrre emissioni sonore.

### 2.6 Sorgente specifica

Sorgente sonora selettivamente identificabile che costituisce la causa del potenziale inquinamento acustico.

### 2.7 Tempo a lungo termine ( $T_L$ )

Rappresenta un insieme sufficientemente ampio di  $T_R$  all'interno del quale si valutano i valori di attenzione. La durata di  $T_L$  è correlata alle variazioni dei fattori che influenzano la rumorosità a lungo periodo.

### 2.8 Tempo di riferimento ( $T_R$ )

Rappresenta il periodo della giornata all'interno del quale si eseguono le misure. La durata della giornata è articolata in due tempi di riferimento: quello diurno compreso tra le ore 6.00 e le ore 22.00 e quello notturno compreso tra le ore 22.00 e le ore 6.00.





## 2.9 Tempo di osservazione ( $T_o$ )

E' un periodo di tempo compreso in  $T_R$  nel quale si verificano le condizioni di rumorosità che si intendono valutare.

## 2.10 Tempo di misura ( $T_M$ )

All'interno di ciascun tempo di osservazione, si individuano uno o più tempi di misura ( $T_M$ ) di durata pari o minore del tempo di osservazione, in funzione delle caratteristiche di variabilità del rumore ed in modo tale che la misura sia rappresentativa del fenomeno.

## 2.11 Livelli dei valori efficaci di pressione sonora ponderata "A" $L_{AS}, L_{AF}, L_{AI}$

Esprimono i valori efficaci in media logaritmica mobile della pressione sonora ponderata "A"  $L_{pA}$  secondo le costanti di tempo "slow", "fast", "impulse".

## 2.12 Livelli dei valori massimi di pressione sonora $L_{ASmax}, L_{AFmax}, L_{AImax}$

Esprimono i valori massimi della pressione sonora ponderata in curva "A" e costanti di tempo "slow", "fast", "impulse".

## 2.13 Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A"

Valore del livello di pressione sonora ponderata "A", misurata in db(A), di un suono costante che, nel corso di un periodo specificato T, ha la medesima pressione quadratica media di un suono considerato, il cui livello varia in funzione del tempo

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt$$

dove  $L_{Aeq}$  è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" considerato in un intervallo di tempo che inizia all'istante  $t_1$  e termina all'istante  $t_2$ ;  $p_A(t)$  è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata "A" del segnale acustico in Pascal (Pa);  $p_0$  20 Pa è la pressione sonora di riferimento.

## 2.14 Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine TL ( $L_{A,qTL}$ )

Il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine ( $L_{AeqTL}$ ) può essere riferito:

- al valore medio su tutto il periodo, con riferimento al livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A", misurata in relativo a tutto il tempo TL, espresso dalla relazione

$$L_{Aeq,TL} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1(L_{Aeq,Tr})} \right]$$



essendo N i tempi di riferimento considerati.

- b) al singolo intervallo orario nei TR. In questo caso si individua un TM di 1 ora all'interno del TO nel quale si svolge il fenomeno in esame. ( $L_{Aeq,TL}$ ) rappresenta il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" risultante dalla somma degli M tempi di misura TM, espresso dalla seguente relazione:

$$L_{Aeq,TL} = 10 \log \left[ \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M 10^{0.1(L_{Aeq,TM})_i} \right]$$

dove  $i$  è il singolo intervallo di 1 ora nell'  $i$ -esimo TR.

E' il livello che si confronta con i limiti di attenzione.

### 2.15 Livello sonoro di un singolo evento LAE, (SEL)

E' dato dalla formula

$$SEL = L_{AE} = 10 \log \left[ \frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

dove:

$t_2 - t_1$  è un intervallo di tempo sufficientemente lungo da comprendere l'evento;

$t_0$  è la durata di riferimento (1 s)

### 2.16 Livello di rumore ambientale ( $L_A$ )

E' 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, con l'esclusione degli eventi sonori singolarmente identificabili di natura eccezionale rispetto al valore ambientale della zona. E' il livello che si confronta con i limiti massimi di esposizione:

- 1) nel caso dei limiti differenziali, è riferito a  $T_M$
- 2) nel caso di limiti assoluti è riferito a  $T_R$

### 2.17 Livello di rumore residuo ( $L_R$ )

E' il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", che si rileva quando si esclude la specifica sorgente disturbante. Deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale e non deve contenere eventi sonori atipici.



### 2.18 Livello differenziale di rumore ( $L_D$ )

$$L_D = (L_A - L_R)$$

### 2.19 Livello di emissione

E' il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", dovuto alla sorgente specifica. E' il livello che si confronta con i limiti di emissione.

### 2.20 Fattore correttivo ( $K_i$ )

E' la correzione in dB(A) introdotta per tenere conto della presenza di rumori con componenti impulsive, tonali o di bassa frequenza il cui valore è di seguito indicato:

per la presenza di componenti impulsive  $K_I = 3$  dB

per la presenza di componenti tonali  $K_T = 3$  dB

per la presenza di componenti in bassa frequenza  $K_B = 3$  dB

I fattori di correzione non si applicano alle infrastrutture dei trasporti.

### 2.21 Presenza di rumore a tempo parziale

Esclusivamente durante il tempo di riferimento relativo al periodo diurno, si prende in considerazione la presenza di rumore a tempo parziale, nel caso di persistenza del rumore stesso per un tempo totale non superiore ad un'ora. Qualora il tempo parziale sia compreso in 1 ore il valore del rumore ambientale, misurato in  $L_{eq}(A)$  deve essere diminuito di 3 dB(A); qualora sia inferiore a 15 minuti il  $L_{eq}(A)$  deve essere diminuito di 5 dB(A).

### 2.22 Livello di rumore corretto ( $L_C$ )

E' definito dalla relazione

$$L_C = L_A + K_I + K_T + K_B$$



### 3 Normativa di riferimento

La normativa sulle problematiche di inquinamento acustico è in rapida evoluzione e attualmente possiamo considerare queste le leggi di riferimento.

#### *Legge quadro*

- Legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26/10/95

#### *Disposizioni Regionali*

- Deliberazione n. VII/9776 del 2/7/2002 "Criteri tecnici di dettaglio per la redazione della classificazione acustica del territorio comunale"
- Deliberazione n. VII/8313 del 8/3/2002 "Modalità e criteri di redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e di valutazione previsionale del clima acustico"
- Legge Regionale 10 agosto 2001 n. 13 - "Norme in materia di inquinamento acustico"

#### *Limiti massimi di esposizione al rumore*

- D.P.C.M. 1/3/91 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"

#### *Valori limite delle sorgenti sonore*

- D.P.C.M. 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"

#### *Impianti a ciclo continuo*

- D.P.C.M. 11/12/96 "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo continuo"

#### *Luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo*

- D.P.C.M. 18/9/97 "Determinazione dei requisiti delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante"
- D.P.C.M. 19/12/97 "Proroga dei termini per l'acquisizione delle apparecchiature di controllo e registrazione nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 18 settembre 1997"
- D.P.C.M. 16/4/99 n. 215 "Regolamento recante norme per la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi"

#### *Rumore aeroportuale*

- D.M. 31/10/97 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale"
- D.M. 20/5/99 "Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico"

#### *Rumore da traffico ferroviario*

- D.P.C.M. 18/11/98 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"

#### *Rumore da traffico stradale*

- D.P.R. 30/03/04 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"



#### *Requisiti acustici passivi degli edifici*

- D.P.C.M. 5/12/97 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”

#### *Risanamento Acustico*

● D.M. 29/11/2000 “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”

#### *Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico*

- D.M. 16/3/98 “Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico”

#### *Rumore in ambiente lavorativo*

● Decreto Legislativo n. 277 “Attuazione delle direttive CEE in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizioni ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro”

#### *Tecnico competente in acustica*

● D.P.C.M. 31/3/98 “Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b), e dell'art. 2, commi 6, 7 e 8, della legge 26 ottobre 1995, n. 447 “Legge quadro sull'inquinamento acustico” “

#### *Altre norme*

- Codice Civile (art. 844) sull'esercizio di attività rumorose eccedenti il limite della normale tollerabilità
- Codice Penale (art. 659) sul disturbo delle occupazioni e del riposo
- Testo unico delle leggi di pubblica sicurezza (R.D. 18.6.31 n. 773 - art. 66)
- Testo unico delle leggi sanitarie (R.D. 27.7.34 - art. 216)
- Sent. 517 della Corte Costituzionale del dicembre 1991 sulla competenza delle Regioni in materia di “zonizzazione acustica del territorio”
- Sent. n.151/86, 153/86, 210/87 della Corte Costituzionale sulla salvaguardia dell'ambiente



## 4 Criteri di valutazione

### 4.1 I limiti assoluti di zona

Il D.P.C.M. 1/3/91 e il successivo D.P.C.M. 14/11/97 prevedono la classificazione del territorio comunale in zone di sei classi:

#### *Classe 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 allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.

#### *Classe II - 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 e artigianali.

#### *Classe III - 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.

#### *Classe IV - Aree di intensa attività umana*

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali; le aree con limitata presenza di piccole industrie.

#### *Classe V - Aree prevalentemente industriali*

Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali con scarsità di abitazioni.

#### *Classe VI - Aree esclusivamente industriali*

Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali prive di insediamenti abitativi.

Viene poi fissata una suddivisione dei livelli massimi in relazione al periodo di emissione del rumore, definito dal decreto come "Tempo di riferimento":

- *periodo diurno dalle ore 6.00 alle ore 22.00;*
- *periodo notturno dalle ore 22.00 alle ore 6.00.*

I limiti massimi di immissione prescritti nel D.P.C.M. 14/11/97, fissati per le varie aree, sono rappresentati nella tabella seguente



<b>Classe di destinazione d'uso del territorio</b>	<b>Periodo diurno (6-22)</b>	<b>Periodo notturno (22-6)</b>
Classe I - Aree particolarmente protette	50 dBA	40 dBA
Classe II - Aree destinate ad uso residenziale	55 dBA	45 dBA
Classe III - Aree di tipo misto	60 dBA	50 dBA
Classe IV - Aree di intensa attività umana	65 dBA	55 dBA
Classe V - Aree prevalentemente industriali	70 dBA	60 dBA
Classe VI - Aree esclusivamente industriali	70 dBA	70 dBA

**Tabella 1** - Limiti massimi di immissione per le diverse aree (D.P.C.M. 14/11/97)

Mentre, per quel che riguarda i limiti di emissione (misurati in prossimità della sorgente sonora) abbiamo i seguenti limiti.

<b>Classe di destinazione d'uso del territorio</b>	<b>Periodo diurno (6-22)</b>	<b>Periodo notturno (22-6)</b>
Classe I - Aree particolarmente protette	45 dBA	35 dBA
Classe II - Aree destinate ad uso residenziale	50 dBA	40 dBA
Classe III - Aree di tipo misto	55 dBA	45 dBA
Classe IV - Aree di intensa attività umana	60 dBA	50 dBA
Classe V - Aree prevalentemente industriali	65 dBA	55 dBA
Classe VI - Aree esclusivamente industriali	65 dBA	65 dBA

**Tabella 2** - Limiti massimi di emissione per le diverse aree (D.P.C.M. 14/11/97)

I livelli di pressione sonora, ponderati con la curva di pesatura A, devono essere mediati attraverso il Livello Equivalente (Leq).

Nel caso in cui non sia stata ancora adottata la classificazione acustica del territorio e possibile fare riferimento al P.R.G. ed in base alla destinazione dei territori coinvolti, si applicano per le sorgenti fisse i limiti di accettabilità (art. 6 D.P.C.M. 1/3/91) riportati nella tabella seguente.



<b>Classe di destinazione d'uso del territorio</b>	<b>Periodo diurno (6-22)</b>	<b>Periodo notturno (22-6)</b>
<i>Tutto il territorio nazionale</i>	70 dBA	60 dBA
<i>Zona A (art. 2 D.M. n. 1444/68)</i>	65 dBA	55 dBA
<i>Zona B (art. 2 D.M. n. 1444/68)</i>	60 dBA	50 dBA
<i>Aree esclusivamente industriali</i>	70 dBA	70 dBA

**Tabella 3** - Limiti massimi per le diverse aree in attesa di zonizzazione (D.P.C.M. 1/3/91)

Precisiamo con il Comune di Casalpusterlengo ed il comune di Somaglia altresì coinvolto dal progetto, hanno adottato il piano di classificazione acustica e quindi non vi è necessita di riferimento al D.P.C.M. 1/3/91

## **4.2 Il criterio differenziale**

### **4.2.1 Generalità**

Questo tipo di criterio è un ulteriore parametro di valutazione che si applica alle zone non esclusivamente industriali che si basa sulla differenza di livello tra il “rumore ambientale” e il “rumore residuo”.

Il “rumore ambientale” viene definito come il livello equivalente di pressione acustica ponderato con la curva A del rumore presente nell’ambiente con la sovrapposizione del rumore relativo all’emissione delle sorgenti disturbanti specifiche. Mentre con “rumore residuo” si intende il livello equivalente di pressione acustica ponderato con la curva A presente senza che siano in funzione le sorgenti disturbanti specifiche.

Il criterio differenziale non si applica nei seguenti casi, in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile:

- se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dBA durante il periodo diurno e 40 dBA durante il periodo notturno;
- se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dBA durante il periodo diurno e 25 dBA durante il periodo notturno.

Non si dovrà tenere conto di eventi eccezionali in corrispondenza del luogo disturbato.

Le differenze ammesse tra il livello del “rumore ambientale” e quello del “rumore residuo” misurati nello stesso modo non devono superare i 5 dBA nel periodo diurno e 3 dBA nel periodo notturno.

La misura deve essere eseguita nel “tempo di osservazione” del fenomeno acustico.

Con il termine “tempo di osservazione” viene inteso il periodo, compreso entro uno dei tempi di riferimento (diurno, notturno), durante il quale l’operatore effettua il controllo e la verifica delle condizioni di rumorosità. Nella misura del “rumore ambientale” ci si dovrà basare su un tempo significativo ai fini della determinazione del livello equivalente e comunque la misura dovrà essere eseguita nel periodo di massimo disturbo.





### 4.3 Il Decreto sui limiti sonori delle infrastrutture stradali

Di recente emanazione abbiamo il DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 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".

Per le strade di nuova costruzione , vengono previsti i seguenti limiti e fasce di pertinenza:

Tipo di strada (codice della strada)	Sottotipi ai fini acustici (secondo norme CNR1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica	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 m	50	40	65	55
B – Extraurbana principale		250 m	50	40	65	55
C-Estraurbana Secondaria	C1	250 m	50	40	65	55
	C2	150 m	50	40	65	55
D – Urbana di scorrimento		100 m	50	40	65	55
E – Urbana di quartiere		30 m	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al DPCM 14/11/97, e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane così prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della Legge Quadro n. 447 del 26/10/95.			
F - Locale		30 m				

**Tabella 4 – Tabella limiti D.P.R. 30/3/2004**

Per le scuole rimane valido esclusivamente il limite diurno.

La tangenziale è classificata come strada "Extraurbana principale" mentre gli svincoli ed i raccordi sono classificati come strade "Extraurbana secondaria", "Locale" e "Vicinale".

Riportiamo di seguito una tabella identificativa di ogni tratto abbinato alla relativa classificazione.



Asse	Denominazione	Categoria (dm 5-11-2001)
1	Variante SS9	B
3	Raccordo svincolo SV.01 con SS9 attuale	C1
43	Raccordo svincolo SV.01 con SP141	C2
4	Variante SP141	C2
44	SC Raccordo con l'abitato di Zorlesco nord	F2 U
5	SC Raccordo SC Borasca	F2 U
2	Raccordo svincolo SV.02 con SP22	C1
80	Raccordo SP141	C2
7	SC delle Coste	Vicinale

**Tabella 5** – Tabella limiti D.P.R. 30/3/2004



## 5 Inquadramento territoriale

### 5.1 Localizzazione

Casalpusterlengo (LO) si trova a circa 53 km a sud-est da Milano e 21 km a sud-est di Lodi.

L'ubicazione dell'area di progetto è il tracciato della SS9 e le relative fasce di pertinenza; la strada scorre lungo la parte ovest del territorio comunale attraversando zone edificate ed agricole.

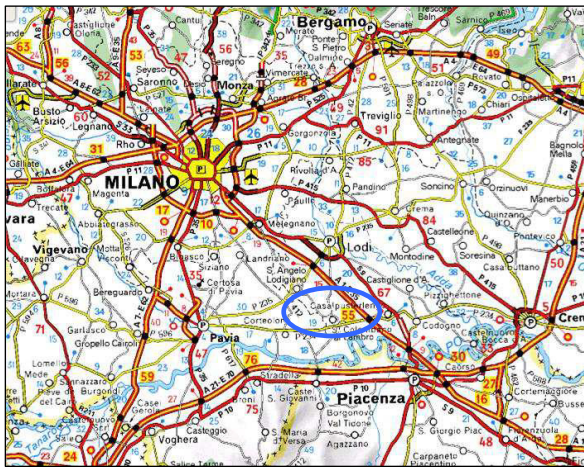


Figura 1 – Localizzazione di Casalpusterlengo (LO)



Figura 2 – Localizzazione SS9 in Casalpusterlengo (LO)

Casalpusterlengo è uno dei maggiori centri del Lodigiano: conta circa 14.000 abitanti, distribuiti su una superficie di 25,8 kmq.

Il territorio è attraversato in direzione sud-est – nord-ovest dalla roggia Brembiolo che, sfruttata sin dall'antichità a fini colturali, ha determinato le forme insediative e le modalità d'uso del suolo.

Il paesaggio rurale si è venuto costruendo sulle basi dell'organizzazione territoriale di matrice romana, caratterizzata da un impianto di suddivisione poderale a maglie ortogonali, che traspare ancora oggi dalla lettura dei confini di proprietà e dei tracciati delle strade più antiche.

All'interno di questa maglia si sono collocate le cascine maggiori, tutt'oggi esistenti e produttive: Cascina Borasca, Cascina Nuova, Cascina San Nazzaro (non più produttiva), Cascina Beatrice, Cascina Coste Fornaci (non più produttiva), Cascina Coste di Mezzo, Cascina Coste della Chiesa, Cascina San Giovanni, Cascina Lampugnana (non più produttiva) e Cascina del Lago (non più produttiva).

Ancora oggi le attività economiche dell'area si incentrano attorno all'agricoltura ed all'allevamento, anche se la particolare posizione all'intersezione tra l'asse nord-sud Milano-Piacenza e l'asse est-ovest Cremona-Pavia ha portato all'inserimento di importanti tracciati stradali e ferroviari: la SS 9 "Via Emilia" oggetto del presente studio, la SS 234 "Via Mantovana" e le linee ferroviarie Milano-Piacenza e Pavia-Cremona.



Ciò ha determinato la nascita di un tessuto produttivo ed industriale compatto ed organizzato secondo le proprie regole insediative, accompagnato da una nuova maglia viaria parallela a tali assi di comunicazione ed indifferente rispetto al disegno poderale precedente.

Attualmente gli addetti dell'industria raccolgono poco meno della metà del totale, seguiti dal commercio e dal terziario; tuttavia la percentuale di addetti nel settore agricolo nell'area di Casalpusterlengo è circa il doppio di quella dell'intera provincia di Lodi.

In Casalpusterlengo le aziende si concentrano in corrispondenza delle linee ferroviarie, della via Emilia e della via Mantovana.

Sopra la linea ferroviaria Milano-Piacenza un'area produttiva dove, accanto ai grandi insediamenti della Lever e dell'ex Manville Italia, si moltiplicano piccoli insediamenti artigianali di varia tipologia.

In prossimità della linea ferroviaria per Pavia, non lontano da insediamenti industriali, si trova la ditta Samor, che occupa lo spazio compreso tra i corsi d'acqua Brembiolo e Brembiolino.

L'incrocio tra la via Emilia e la via Mantovana definisce un'altra zona a vocazione produttiva, prevalentemente artigianale e di deposito, eccetto per l'industria Sivam, di più rilevanti dimensioni.

Un'altra zona produttiva è localizzata lungo la via Mantovana nella zona di via Labriola.

Per quanto riguarda invece la frazione di Zorlesco, il nucleo storico si caratterizza per l'uso prevalentemente residenziale, con la sola presenza di alcune aziende agricole inglobate nell'edificato e di alcune attività produttive e commerciali disposte lungo la via Emilia.



## 5.2 Il Piano Regolatore Generale

Nella figura di seguito viene riportato il PRG vigente e per ogni dettaglio specifico si rimanda all'elaborato originale.

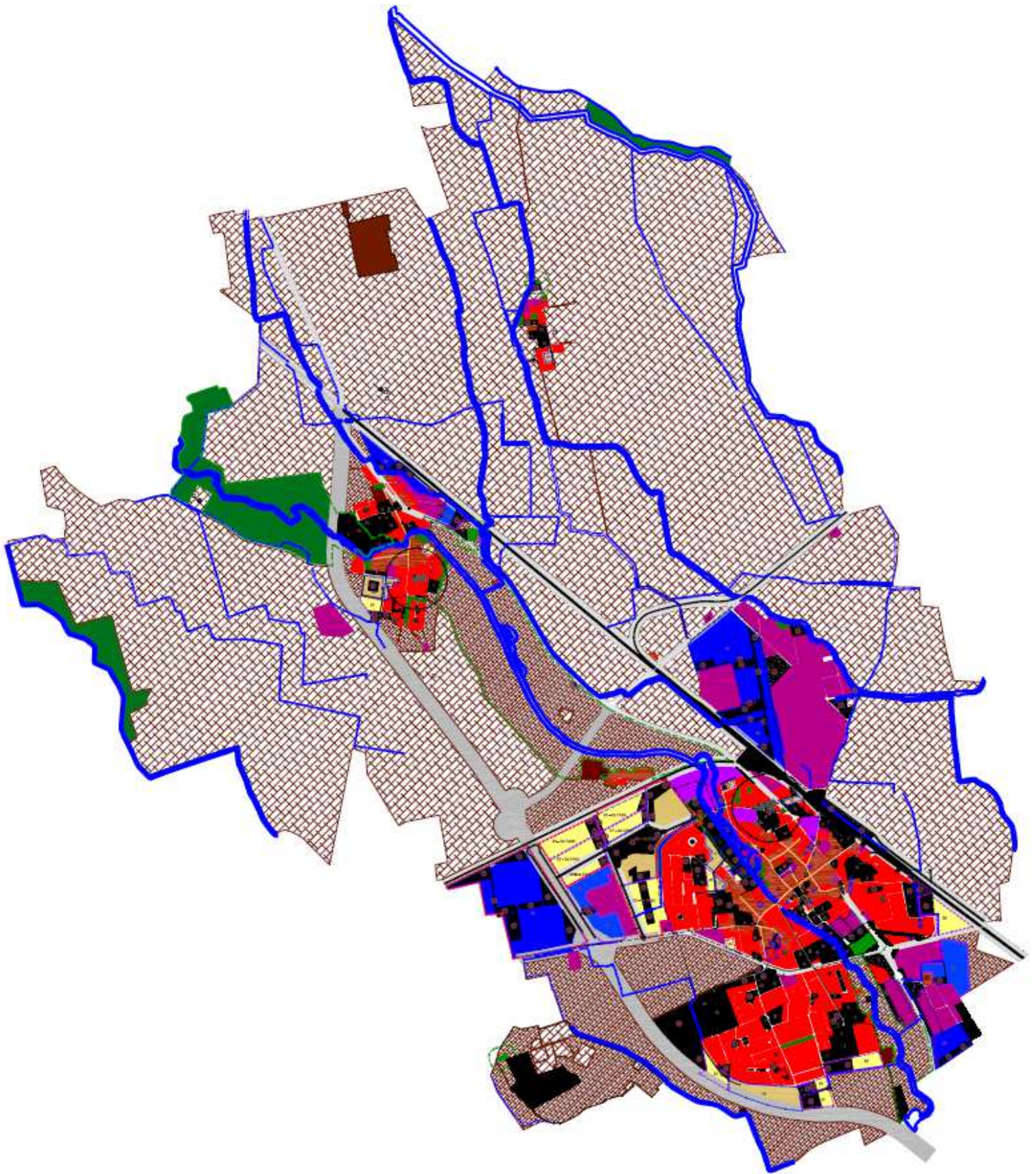
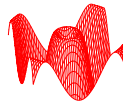
Dalla lettura della tavola si osserva che il tracciato in progetto della variante va ad attraversare in prevalenza zone agricole e più in dettaglio:

- nel tratto iniziale compreso tra il sovrappasso sulla linea ferroviaria Milano-Bologna ed il sottopasso "Cascina Beatrice" alla SP 141 il versante est è occupato dall'area urbana della frazione di Zorlesco, mentre il versante ovest ha destinazione agricola; inoltre, in corrispondenza della Roggia Brembiolo, si attraversa una zona verde di rilevanza comprensoriale;

- nel successivo tratto fino al sovrappasso sulla linea ferroviaria Pavia-Cremona si attraversano terreni a destinazione agricola;

- nel successivo tratto fino all'intersezione con la SS 234 il versante est è occupato da una zona a vocazione residenziale, per il quale è stato redatto il disegno urbanistico, e da una zona produttiva già esistente, mentre sul versante ovest è presente una zona a vocazione industriale ed artigianale;

- nel tratto finale compreso tra l'intersezione con la SS 234 e lo svincolo "Casalbusterlengo Sud" sul versante est sorge l'abitato di Casalbusterlengo, mentre il versante ovest ha destinazione agricola.





# LEGENDA

## ZONE TERRITORIALI OMOGENEE

	Zona A - Zona di centro storico e vecchi nuclei - Art. 13
	Zona B - Zona di completamento - Art. 14
	Zona Bc1 - Zona di completamento industriale ed artigianale - Art. 15
	Zona Bc2 - Zona di completamento per la grande industria - Art. 16
	Zona Bt - Zona di trasformazione degli insediamenti produttivi preesistenti - Art. 17
	Zona C1 - Zona di conferma dei piani attuativi - Art. 18
	Zona C2 - Zona di nuovo insediamento - Art. 19
	Zona D1 - Zona di conferma dei piani attuativi per impianti produttivi e funzioni compatibili - Art. 20
	Zona D2 - Zona di nuovo insediamento - Art. 21
	Zona E1 - Zona agricola di sviluppo - Art. 23
	Zona E2 - Zona agricola di tutela ambientale e paesistica - Art. 24
	Zona E3 - Zona per attività di ricerca e di supporto all'agricoltura - Art. 25
	Zona E4 - Zona agricola, dismessa o in fase di dismissione, soggetta a trasformazioni - Art. 26

## ZONE SOTTOPOSTE A PIANIFICAZIONE ATTUATIVA

	Piano attuativo in previsione - Art. 19 e Art. 21
	Piano attuativo vigente - Art. 18, Art. 20 e Art. 41
	Ambito per gli insediamenti di rilevanza comprensoriale - Art. 12

## VIABILITA' DI PROGETTO

	Nuova viabilità stradale di scorrimento
	Nuova viabilità stradale di quartiere
	Nuova viabilità stradale locale
	Percorsi ciclopedonali in sede protetta esistenti
	Nuovi percorsi ciclopedonali in sede protetta - principali
	Nuovi percorsi ciclopedonali in sede protetta - secondari
	Nuovi svincoli a rotatoria
	Progetto di Variante alla SS n.9 - Via Emilia

## ZONE PUBBLICHE DI INTERESSE GENERALE

	Aree per servizi pubblici di interesse generale e standard urbanistici relativi alla residenza - Art. 7
	Aree per servizi pubblici di interesse generale e standard urbanistici relativi agli insediamenti produttivi extragroccoli - Art. 7
	Perimetro attrezzature pubbliche e collettive di rilevanza comprensoriale - Art. 12 e Art. 27
	Perimetro aree di valorizzazione commerciale - Art. 32
	Aree per servizi ed impianti tecnologici - Art. 28
	Aree per servizi ed impianti tecnologici per le telecomunicazioni - Art. 7 e Art. 28
	Aree climateriali - Art. 27
	Aree ferroviarie

## SIMBOLOGIA

	Edifici ed aggregati edilizi di interesse storico e monumentale vincolati ai sensi della L. 1089/58 - Art. 30
	Edifici ed aggregati edilizi di interesse storico ed ambientale
	Edifici, aggregati edilizi e insediamenti rurali di rilevanza comprensoriale ai sensi dell'Art. 10, comma 12 del P.T.C.C. - Art. 30
	Ville con giardino o parco - Art. 30
	Distributori carburante - Art. 19 e Art. 27
	Pozzo - Art. 37
	Assi commerciali principali - Art. 32

	Servizio esistente		Servizio da realizzare
	Istruzione - Asilo nido		
	Istruzione - Scuola per l'infanzia		
	Istruzione - Scuole di base		
	Istruzione - Scuole medie		
	Istruzione - Scuola superiore		
	Istruzione - Scuole speciali, Centri di formazione professionali		
	Culturali - Ricreativi		
	Socio - sanitari		
	Amministrativi		
	Pubblica sicurezza e caserme		
	Uffici postali		
	Religiosi		
	Attrezzature sportive		
	Aree verdi		
	Aree a verde attrezzato		
	Orti urbani		
	Parcheggi		
	Stazione ferroviaria		
	Servizi tecnologici		

## ZONE DI RISPETTO, VINCOLI E LIMITI ALL'EDIFICAZIONE

	Perimetro della zona di rispetto climateriale - Art. 27
	Fascia di rispetto stradale e ferroviaria - Art. 27
	Linea di rispetto ferroviaria - Art. 27
	Fascia di rispetto della Variante SS n.9 - Art. 27
	Limite di edificabilità - Art. 32
	Fascia di rispetto idrico - Art. 29 e Art. 34
	Linea di rispetto idrico
	Fascia di tutela ambientale lungo i corsi d'acqua - Art. 29 e Art. 30
	Perimetro del Parco Locale di Interesse Sovracomunale del Brembello - Art. 31
	Zona a giardini e verde privato - Art. 30
	Zona a verde stradale - Art. 27
	Linea di rispetto dei pozzi - Art. 37



### **5.3 La Classificazione Acustica del Territorio**

Il Comune di Casalpusterlengo (LO) ha approvato il Piano di Classificazione Acustica del Territorio e ne riportiamo di seguito la tavola.

Nella stessa tavola il piano di zonizzazione di Casalpusterlengo è stato unito a quello di Somaglia in quanto i controlli da effettuare per la valutazione dell'impatto acustico della tangenziale coinvolgono anche territori ed edifici relativi anche a questo secondo Comune.

Per ogni dettaglio specifico si rimanda agli elaborati originali.



### Legenda fasce di pertinenza

Fasce di pertinenza stradale

Strade di nuova realizzazione  
250m dal limite di carreggiata

Strade esistenti

100m dal limite di carreggiata (fascia A)

50m dalla fascia A (fascia B)

Fasce di pertinenza ferroviaria

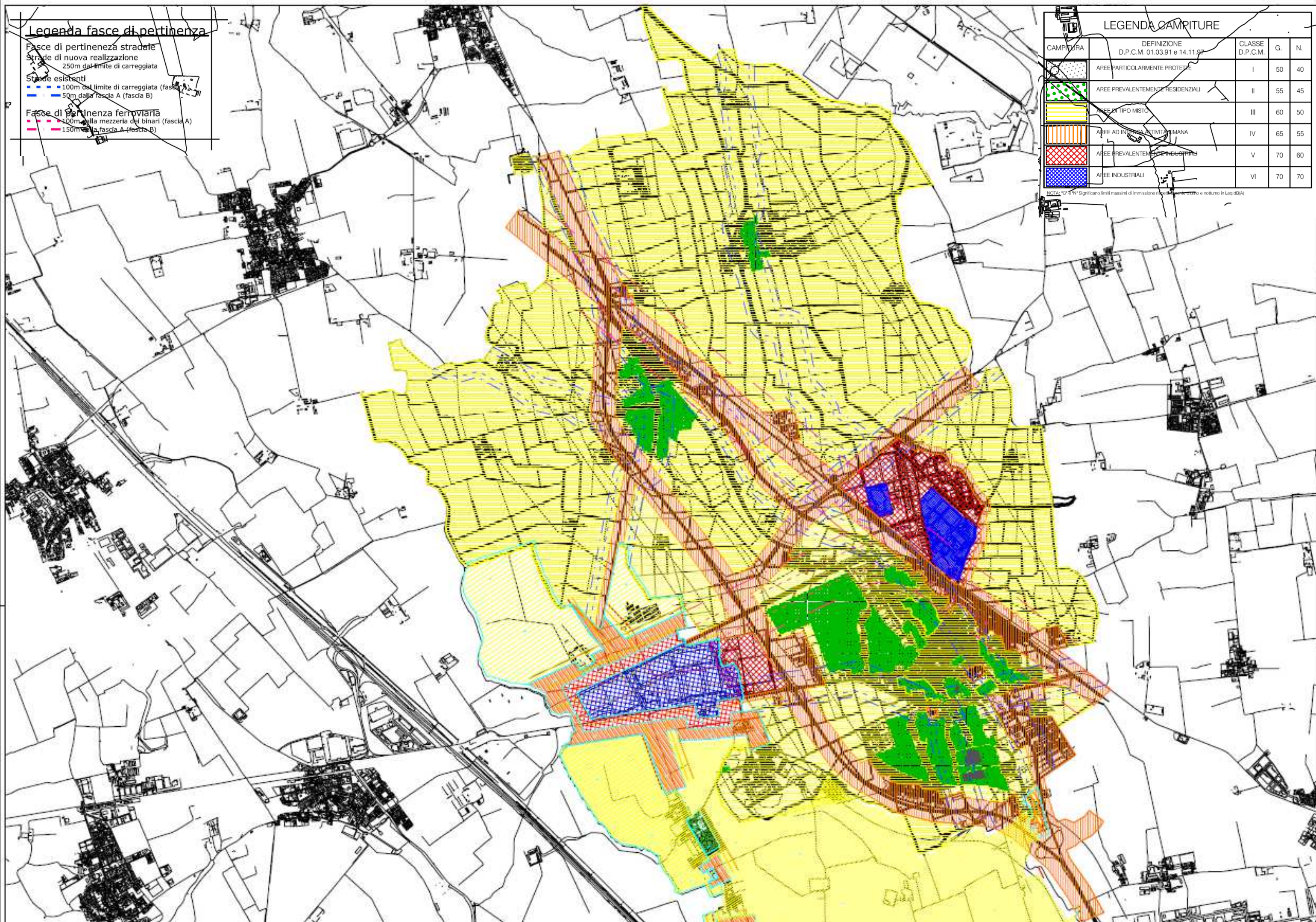
100m dalla mezzera dei binari (fascia A)

150m dalla fascia A (fascia B)

### LEGENDA CAMPITURE

CAMPITURA	DEFINIZIONE D.P.C.M. 01.03.91 e 14.11.97	CLASSE D.P.C.M.	G.	N.
	AREE PARTICOLARMENTE PROTETTE	I	50	40
	AREE PREVALENTEMENTE RESIDENZIALI	II	55	45
	AREE DI TIPO MISTO	III	60	50
	AREE AD INTENSA ATTIVITA' UMANA	IV	65	55
	AREE PREVALENTEMENTE INDUSTRIALI	V	70	60
	AREE INDUSTRIALI	VI	70	70

NOTA: "G" e "N" significano limiti massimi di immissione sonora diurna e notturna in Leq (dBA)





## **6 Descrizione del progetto**

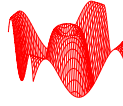
### **6.1 Generalità**

L'intervento in progetto si inquadra in un ridisegno complessivo della viabilità primaria intorno all'abitato di Casalpusterlengo e comprende due nuove infrastrutture stradali: la variante alla SS 9 "Via Emilia" ed una bretella di raccordo tra questa e l'attuale tracciato.

### **6.2 Il progetto**

Riportiamo di seguito la planimetria di progetto a scopo illustrativo e per ogni particolare specifico è necessario fare riferimento agli elaborati originali di progetto.

Tutto ciò che è descritto negli elaborati di progetti strutturali e paesaggistici è stato riportato nel modello di simulazione.





## 7 Inquadramento della problematica di emissione

### 7.1 La situazione attuale

Al fine di verificare ciò che è richiesto dalla Delibera Regionale n. VII/8313 del 8/3/2002 “Modalità e criteri di redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e di valutazione previsionale del clima acustico”, ed in particolare una valutazione comparativa tra lo scenario con presenza e quello con assenza delle opere ed attività, sono state studiate le sorgenti sonore presenti sul territorio.

La sorgente principale presente e oggetto di successiva variante è la SS9-Via Emilia.

Il modello di simulazione richiede in ingresso i dati di traffico previsti sulla futura infrastruttura viaria. Questi possono essere stimati sulla base delle indagini ed i calcoli svolti nello studio di traffico.

In tale studio si individua un cordone costituito da quattro sezioni, presso le quali sono stati effettuati dei conteggi automatici di traffico e delle interviste O/D: percorrendolo da nord in senso orario si intersecano il ramo nord della SS 9, il ramo est della SS 234, il ramo sud della SS 9 ed il ramo ovest della SS 234.

I rilevamenti dei volumi di traffico evidenziano che le ore più trafficate sono quella dalle 17.00 alle 18.00 durante il periodo diurno, e quella dalle 22.00 alle 23.00 durante il periodo notturno. A tali fasce orarie si farà dunque sempre riferimento nell'analisi dell'impatto acustico della variante.

Sulla base dei conteggi di traffico ed ipotizzando che si trasferisca sulla variante la totalità dei veicoli attualmente transitanti sulle direttrici nord-sud, sud-ovest e nord-ovest e la metà dei veicoli attualmente transitanti sulle direttrici nord-Casalpusterlengo e sud-Casalpusterlengo, si ricavano i volumi di traffico bidirezionali nelle due ore di punta diurna e notturna riportati nella tabella seguente:

<b>Fascia Oraria</b>	<b>Tratta</b>	<b>Leggeri (veic/h)</b>	<b>Pesanti (veic/h)</b>
17.00 – 18.00	Zorlesco	694	57
	Casalpusterlengo	844	71
22.00 – 23.00	Zorlesco	228	19
	Casalpusterlengo	220	18

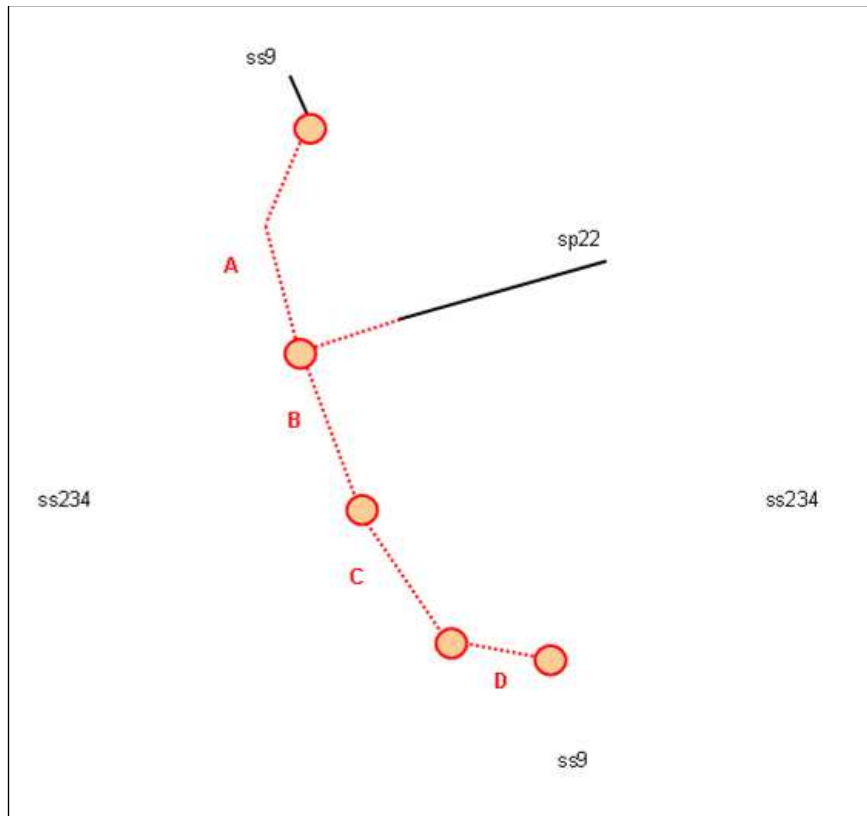
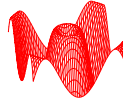
**Tabella 6** – Traffico allo stato attuale

La tratta denominata “Zorlesco” è quella compresa tra la progressiva iniziale e lo svincolo con la SS 234, mentre la tratta “Casalpusterlengo” è quella compresa tra lo svincolo con la SS 234 e la progressiva finale.

La velocità media di tali flussi è stimabile dell'ordine degli 80 km/h.

### 7.2 La situazione futura

Riportiamo di seguito i calcoli previsionali relativi ai flussi di traffico sul futuro tracciato della Via Emilia.



**Figura 3 – Schema Nuova Tangenziale**



ORA	Giorno Feriale Medio			Sabato			Domenica		
	Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
00-01	61	3	64	141	4	145	131	1	132
01-02	27	3	30	137	3	140	109	1	110
02-03	15	4	19	88	2	90	88	1	89
03-04	16	6	22	53	5	58	54	1	55
04-05	63	12	75	37	3	40	24	0	24
05-06	158	24	182	86	5	91	40	1	41
06-07	338	33	371	148	9	157	67	1	68
07-08	404	32	436	199	11	210	81	1	82
08-09	328	35	363	229	11	240	134	2	136
09-10	277	35	312	266	10	276	195	2	197
10-11	277	36	313	279	13	292	213	1	214
11-12	285	32	317	292	8	300	192	1	193
12-13	272	28	300	228	7	235	119	0	119
13-14	242	29	271	189	5	194	129	1	130
14-15	245	34	279	216	4	220	185	1	186
15-16	265	31	296	244	4	248	228	1	229
16-17	295	28	323	258	4	262	252	2	254
17-18	315	20	335	293	4	297	285	2	287
18-19	281	13	294	276	4	280	281	2	283
19-20	211	9	220	240	2	242	211	2	213
20-21	159	7	166	183	2	185	169	3	172
21-22	117	5	122	158	1	159	161	2	163
22-23	98	3	101	142	1	143	123	2	125
23-24	86	3	89	155	1	156	120	1	121

Giorno Feriale Medio			Sabato			Domenica		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
4,835	465	5,300	4,537	123	4,660	3,591	32	3,623

**Tabella 7 – STIMA DELL'ANDAMENTO MEDIO GIORNALIERO - TRATTO A - SS9 NORD/SP22 - DIR: NORD**



ORA	Giorno Feriale Medio			Sabato			Domenica		
	Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
00-01	48	3	50	106	2	108	113	1	114
01-02	24	2	27	70	2	72	84	0	85
02-03	14	4	18	49	2	51	70	1	71
03-04	13	6	20	46	3	49	51	0	51
04-05	32	13	46	44	4	48	42	1	43
05-06	83	22	105	70	9	79	46	2	48
06-07	200	29	229	129	11	140	74	2	76
07-08	308	32	340	191	8	199	95	2	96
08-09	288	31	319	237	14	251	157	1	157
09-10	282	35	317	296	11	308	234	2	235
10-11	273	39	312	311	9	319	263	1	264
11-12	273	36	308	296	8	304	228	3	230
12-13	243	34	277	259	4	264	158	2	160
13-14	262	34	296	210	6	216	142	1	144
14-15	277	36	313	221	4	225	174	0	174
15-16	295	35	331	260	5	265	177	2	179
16-17	365	29	394	261	4	265	193	1	194
17-18	422	25	447	292	4	296	216	2	218
18-19	376	17	393	278	2	280	225	2	227
19-20	268	12	280	257	3	260	174	1	174
20-21	186	8	194	202	2	204	173	4	177
21-22	155	5	160	170	1	171	168	2	170
22-23	123	5	127	166	2	168	134	1	135
23-24	95	3	98	155	2	156	113	3	117

Giorno Feriale Medio			Sabato			Domenica		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
4,905	495	5,400	4,576	121	4,697	3,504	34	3,538

**Tabella 8 – STIMA DELL'ANDAMENTO MEDIO GIORNALIERO - TRATTO A - SS9 NORD/SP22 - DIR: SUD**



ORA	Giorno Feriale Medio			Sabato			Domenica		
	Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
00-01	84	4	88	194	6	200	181	2	183
01-02	37	4	41	188	3	191	150	1	151
02-03	20	5	25	121	3	124	121	1	122
03-04	22	8	30	73	7	80	74	1	75
04-05	86	16	102	51	4	55	34	0	34
05-06	217	34	251	119	7	126	55	2	57
06-07	466	45	511	205	12	217	93	1	94
07-08	556	44	600	274	16	290	112	1	113
08-09	452	49	501	316	15	331	185	3	188
09-10	382	48	430	367	14	381	268	2	270
10-11	382	50	432	385	17	402	293	2	295
11-12	393	44	437	403	12	415	264	1	265
12-13	374	39	413	315	9	324	164	0	164
13-14	333	40	373	261	7	268	178	1	179
14-15	337	47	384	298	6	304	255	2	257
15-16	366	42	408	337	6	343	315	1	316
16-17	407	38	445	356	6	362	347	2	349
17-18	434	27	461	403	5	408	393	2	395
18-19	388	18	406	380	6	386	388	2	390
19-20	291	13	304	330	2	332	291	3	294
20-21	218	9	227	252	2	254	233	5	238
21-22	162	7	169	218	1	219	222	3	225
22-23	135	4	139	196	1	197	169	2	171
23-24	119	4	123	214	1	215	165	1	166

Giorno Feriale Medio			Sabato			Domenica		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
6,66	639	7,300	6,256	168	6,424	4,950	41	4,991

**Tabella 9 – STIMA DELL'ANDAMENTO MEDIO GIORNALIERO - TRATTO B - SP22/SS234 - DIR: NORD**





ORA	Giorno Feriale Medio			Sabato			Domenica		
	Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
00-01	65	4	69	146	3	148	154	1	156
01-02	33	3	37	96	2	98	115	1	116
02-03	19	6	25	67	3	70	96	2	97
03-04	18	9	27	63	4	68	70	0	71
04-05	44	18	63	60	5	66	58	1	59
05-06	113	30	143	96	12	108	63	2	65
06-07	274	39	313	177	15	192	102	2	104
07-08	422	44	466	261	12	273	130	2	132
08-09	395	42	437	325	20	344	215	1	216
09-10	387	48	435	406	16	422	320	2	322
10-11	373	54	427	426	12	438	361	1	362
11-12	374	49	422	406	12	417	312	3	315
12-13	334	46	380	355	6	361	217	2	219
13-14	359	46	405	287	8	296	195	2	197
14-15	379	50	429	303	5	308	238	1	239
15-16	405	49	453	357	7	364	243	3	245
16-17	500	40	540	358	5	363	264	2	266
17-18	578	35	613	400	6	406	296	2	299
18-19	515	23	539	381	2	383	309	2	311
19-20	368	17	384	352	4	356	238	1	239
20-21	255	10	266	276	3	279	237	5	242
21-22	212	7	219	233	1	235	230	3	233
22-23	168	6	174	227	2	230	183	1	184
23-24	130	4	134	212	2	214	156	4	160

Giorno Feriale Medio			Sabato			Domenica		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
6,721	679	7,400	6,271	166	6,437	4,801	47	4,848

**Tabella 10 – STIMA DELL'ANDAMENTO MEDIO GIORNALIERO - TRATTO B - SP22/SS234 - DIR: SUD**



### **7.3 Rilievi fonometrici**

Per tutto quello che riguarda la parte di rilievi fonometrici eseguita sul territorio si rimanda alla relazione di monitoraggio acustico da accompagnare allo studio in oggetto.

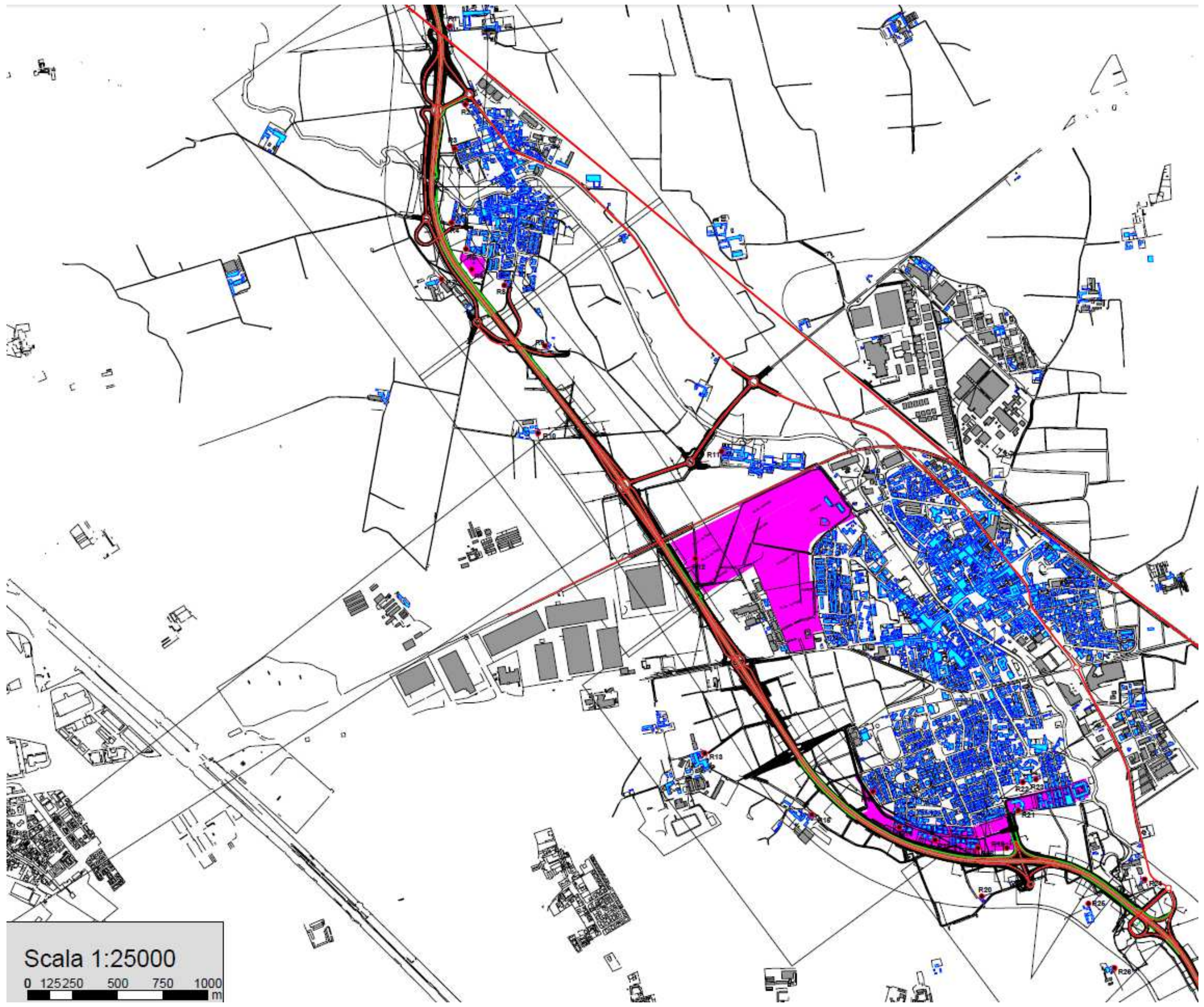
### **7.4 Attività delle sorgenti**

Trattandosi di strada vengono studiati sia l'ambito diurno (06:00-22:00) che l'ambito notturno (22:00-06:00).

### **7.5 Localizzazione dei recettori sensibili**

L'analisi delle aree attraversate o adiacenti al nuovo tracciato stradale ha permesso di localizzare gli edifici a destinazione residenziale situati all'interno dell'area di pertinenza acustica della strada e le strutture particolarmente sensibili (scuole ed ospedali).

Tra questi sono stati quindi scelti i ricettori critici da analizzare. Riportiamo di seguito la mappa complessiva dei ricettori individuati.



Scala 1:25000  
0 125 250 500 750 1000  
m



## 8 Modellistica matematica sul rumore

Diamo una breve descrizione del modello matematico utilizzato ai fini delle previsioni di impatto acustico in esame.

### 8.1 Grandezze considerate ai fini dell'attenuazione acustica

#### - Direttività della sorgente

Molto spesso nelle emissioni di rumore che avvengono a media ed alta frequenza osserviamo una certa direttività nell'emissione sonora della sorgente.

Dovremo quindi tenere conto di questa eventualità e considerare come livello di potenza sonora non tanto quello globale fornito ma un livello corretto che tenga conto di questa direttività

$$L_{WD} = L_W + D_C$$

dove:

$L_{WD}$  è il livello di potenza sonora corretto (dB);

$L_W$  è il livello di potenza sonora medio (dB);

$D_C$  è la correzione da applicare al livello di potenza sonora (dB).

La condizione in cui il fattore correttivo  $D_C=0$  dB indica che la sorgente è omnidirezionale o che comunque non possiede una spiccata direttività.

I termini che compongono  $D_C$  sono fondamentalmente due: l'indice di direttività (*directivity index*  $D_i$ ) e l'indice di emissione sull'angolo solido ( $D_\Omega$ ).

$$D_C = D_i + D_\Omega$$

Il fattore di correzione  $D_\Omega$  sarà:

$D_\Omega = 0$  dB emissione su  $4\pi$  radianti (radiazione sferica sull'intero spazio);

$D_\Omega = 3$  dB emissione su  $2\pi$  radianti (una superficie riflettente);

$D_\Omega = 6$  dB emissione su  $\pi$  radianti (due superfici riflettenti);

$D_\Omega = 9$  dB emissione su  $\pi/2$  radianti (tre superfici riflettenti).



Questi fattori correttivi vanno bene seguendo il metodo di calcolo proposto in queste pagine, in quando l'influenza dell'assorbimento del terreno viene tenuta in conto nei prossimi paragrafi. Nel caso di metodi diversi in cui l'attenuazione del terreno non viene contemplata i valori saranno i seguenti:

$D_{\Omega} = 0$  dB emissione su  $4\pi$  radianti (radiazione sferica sull'intero spazio);

$D_{\Omega} = 3$  dB emissione su  $2\pi$  radianti (una superficie riflettente che non sia il terreno);

$D_{\Omega} = 3$  dB emissione su  $\pi$  radianti (due superfici riflettenti di cui una il terreno);

$D_{\Omega} = 6$  dB emissione su  $\pi$  radianti (due superfici riflettenti di cui nessuna sia il terreno);

$D_{\Omega} = 6$  dB emissione su  $\pi/2$  radianti (tre superfici riflettenti di cui una il terreno);

$D_{\Omega} = 9$  dB emissione su  $\pi/2$  radianti (tre superfici riflettenti).

### **Elementi di attenuazione sul percorso dell'onda acustica**

Il livello di pressione sonora  $L_p$  presente nella posizione del ricevitore sarà fornita dal valore di partenza della potenza sonora a cui devono essere detratti i contributi di attenuazione.

$$L_p = L_{wd} + A$$

dove:

$L_p$  è il livello di pressione sonora al ricevitore (dB);

$L_{wd}$  è il livello di potenza sonora corretto (dB);

$A$  è la correzione da applicare che tiene conto dei fattori di attenuazione (dB).

I fattori di assorbimento che concorrono nella formazione del nostro termine  $A$  possono essere riassunti nella seguente relazione:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{ter} + A_{rifi} + A_{dif} + A_{misc}$$

dove:

$A_{div}$  è l'attenuazione per la divergenza geometrica (dB);

$A_{atm}$  è l'attenuazione per le condizioni meteorologiche (dB);

$A_{ter}$  è l'attenuazione del terreno (dB);

$A_{rifi}$  è l'attenuazione per la riflessione su ostacoli (dB);

$A_{dif}$  è l'attenuazione per effetti schermanti (dB);

$A_{misc}$  è l'attenuazione per effetti diversi (dB).

Le condizioni del vento non entrano in questo contesto supponendole di entità non influente, per aree ad intensa presenza di vento si correggerà la direzionalità di emissione della sorgente.

## **8.2 Specifiche del modello matematico usato**

Il modello matematico per acustica usato è Soundplan ver. 6.4 agg. Settembre 2006 prodotto dalla Braunstein + Bernt GmbH.



E' il modello acustico più diffuso e testato nel mondo e consente attraverso i suoi moduli di poter sopperire a tutte le problematiche di emissione delle diverse sorgenti presenti sul territorio.

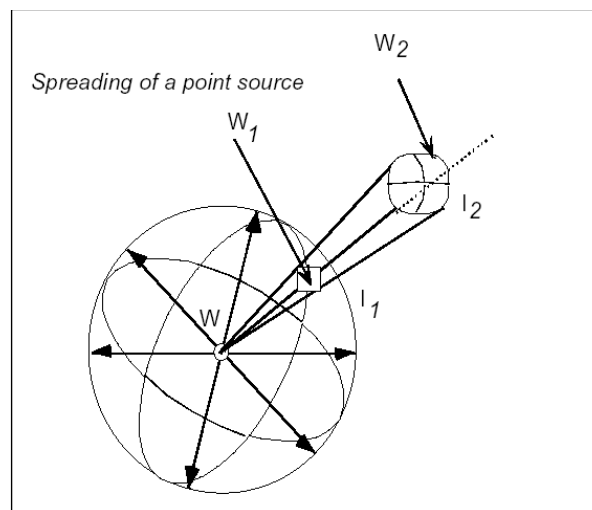
Il problema di un qualunque modello matematico è che questi sono nati per sparare fuori numeri e se non c'è un operatore in grado di capire se l'output sono cose sensate o meno il risultato può essere disastroso. Non a caso abbiamo sviluppato un capitolo dedicato alle incertezze associate alle valutazioni.

### 8.2.1 Tecnica di ritracciamento dei raggi (*Raytracing*)

Nel calcolo del livello presente nei diversi punti della rappresentazione spaziale della zona è stata utilizzata la tecnica di ritracciamento.

Vengono in sostanza sparati dei raggi che partono dalle diverse sorgenti e quando un raggio colpisce un ostacolo il punto di proiezione diventa esso stesso una sorgente di tipo puntiforme.

La situazione viene descritta nella figura seguente.



**Figura 4** – Emissione dei raggi di tracciamento

Viene infine calcolato il contributo dei diversi raggi che arrivano all'ascoltatore ipotetico come somma energetica dei livelli.

### 8.2.2 Le tipologie di sorgenti

Come sappiamo le sorgenti possono essere considerate fondamentalmente di tre tipi:

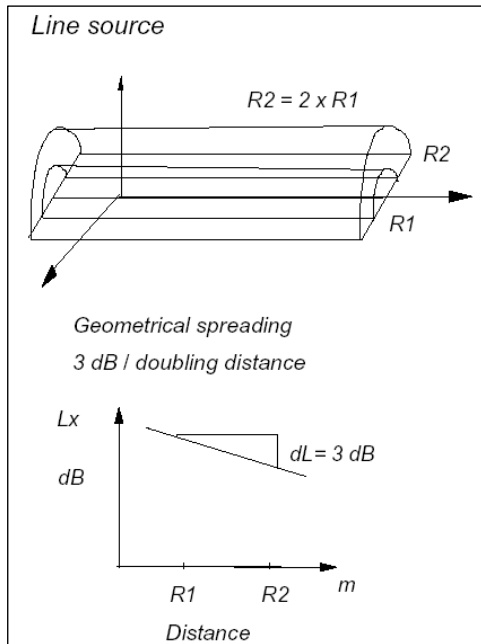
- ✓ *puntiformi*
- ✓ *lineiformi*
- ✓ *areali*

Per le sorgenti puntiformi vale la legge generale della divergenza geometrica per cui abbiamo che ad ogni raddoppio della distanza un'attenuazione di 6 dB del livello sonoro.

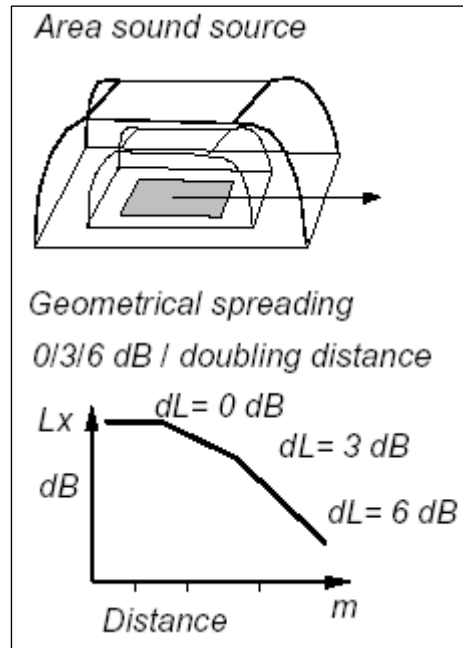


Nel caso di sorgente lineare, come in pratica sono rappresentate tutte le sorgenti variee abbiamo una situazione che viene descritta nella figura seguente.

Per le sorgenti areali la propagazione è una composizione delle diverse tipologie e diviene molto importante nella valutazione di impianti e strutture industriali.



**Figura 5** – Emissione di una sorgente lineiforme

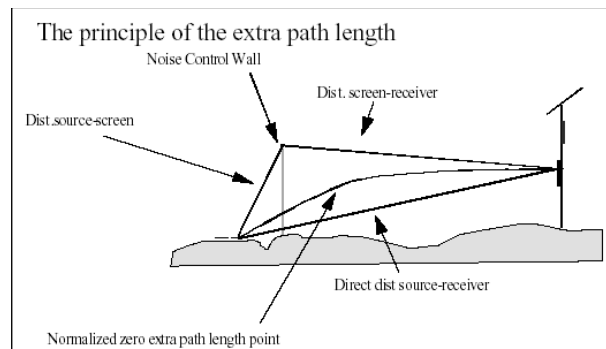


**Figura 6** – Emissione di una sorgente areale

### 8.2.3 La diffrazione degli ostacoli

Elemento importante soprattutto per la caratterizzazione degli eventuali risanamenti sono le metodologie di calcolo per le barriere e gli eventuali ostacoli.

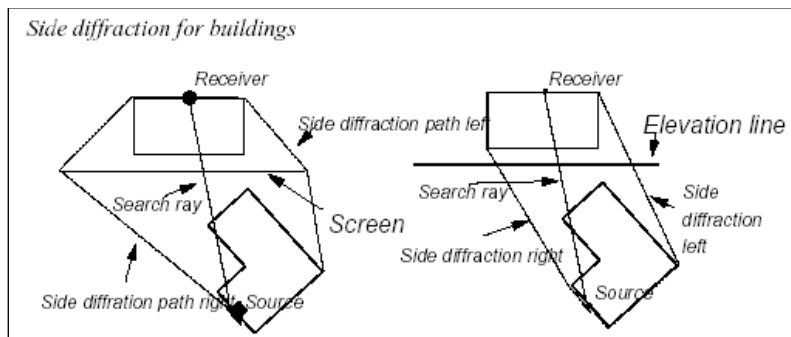
Nella figura sottostante si possono notare i diversi percorsi dell'onda acustica nel suo cammino quando incontra una barriera.



**Figura 7** – Diffrazioni verticali



All'interno del programma di calcolo vengono considerate non solo le diffrazioni dei bordi superiori di eventuali ostacoli (barriere, edifici, ecc.) ma anche le diffrazioni laterali, cosa molto importante nel caso di strutture industriali.

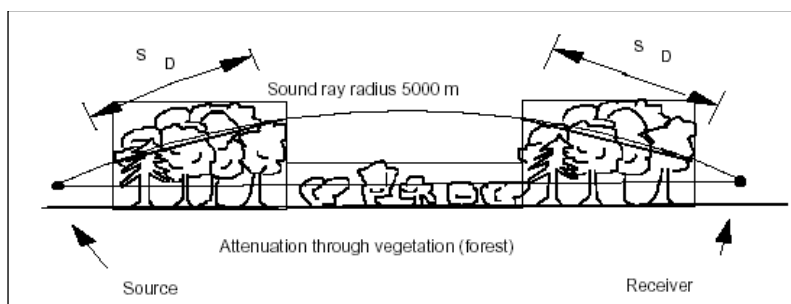


**Figura 8** – Diffrazioni laterali

### 8.2.4 L'assorbimento di elementi

Lungo il suo percorso l'onda sonora può incontrare elementi che assorbono parte dell'energia come può avvenire nel caso di boschi o di aree particolari con moltitudine di ostacoli.

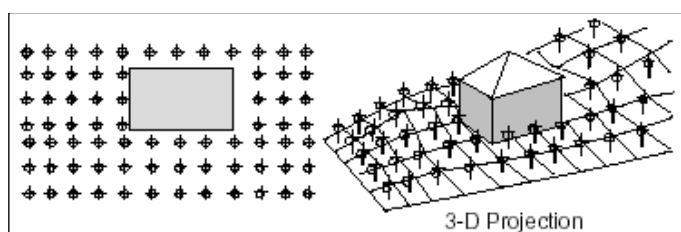
Nel programma è possibile considerare queste aree fornendo un valore di assorbimento per frequenza o semplicemente impostando la tipologia del fogliame.



**Figura 9** – Calcolo di una mappa ad una certa quota dal terreno

### 8.2.5 Quote di calcolo delle mappe

Le mappature sono ottenute ad una certa altezza relativa dal terreno in modo che anche in condizioni di morfologie particolari i livelli sono quelli che si misurerebbero andando su quel punto con un cavalletto di altezza pari alla quota scelta.



**Figura 10** – Calcolo di una mappa ad una certa quota dal terreno





### **8.3 Riferimenti normativi del modello utilizzato**

Per quanto riguarda l'accuratezza del modello utilizzato va precisato che questo è stato verificato in molte condizioni reali anche nel nostro paese, e gli algoritmi di calcolo sono conformi alle seguenti linee guida e normative Europee:

*ISO 9613-1 "Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Method of calculation of the attenuation of sound by atmospheric absorption"*

*ISO 9613-2 "Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: A general method of calculation"*

*VDI 2714 "Sound propagation outdoors"*

*VDI 2720 "Noise control by screening"*

*RLS90 "Guideline for noise protection along highways"*

*SHALL 03 "Guideline for calculating sound immersion of railroads"*

*VDI 2751 "Sound radiation of industrial buildings"*



## 9 Accuratezza delle misure e delle simulazioni

### 9.1 Accuratezza delle misure acustiche

I problemi relativi all'accuratezza della misura sono diversi ed in particolare dobbiamo tenere in considerazione:

- *incertezza dello strumento;*
- *incertezza del sistema microfonic per esterni;*
- *variabilità dell'emissione della sorgente;*
- *condizioni atmosferiche;*
- *direttività dell'onda sonora incidente;*
- *campo sonoro nel punto di misura.*

#### 9.1.1 Incertezza dello strumento

Evitando di scavare troppo nelle problematiche metrologiche degli strumenti per il rilevamento del rumore, diciamo che la sola parte di analisi del segnale (il corpo dello strumento con il suo sistema di alimentazione senza microfono) una volta che è stato verificato presso un centro SIT ha un notevole livello di accuratezza che potremmo riassumere entro i 0,3 dB(A).

#### 9.1.2 Incertezza della parte microfonica

Questa parte è sicuramente quella che della catena strumentale può avere più problemi. Infatti dobbiamo pensare che il microfono ed in particolare la membrana è sottoposta a escursioni termiche notevoli e non sempre il funzionamento continua a essere lineare. Anche l'umidità incide pesantemente sulla risposta del microfono in quanto questo è fondamentalmente un condensatore che ha come dielettrico l'aria e quando questa è umida variano le condizioni di movimento della membrana e della conducibilità dielettrica.

Dalle osservazioni svolte in molti anni di misure e in molteplici verifiche su sistemi di monitoraggio per esterni, la variabilità di risposta dei microfoni per esterni può essere contenuta entro 1 dB(A).

#### 9.1.3 Variabilità delle condizioni emissive della sorgente

Se non avvengono fatti strani, come ad esempio per un'infrastruttura può essere un incidente stradale (anche se questi sono all'ordine del giorno), la ripetibilità emissiva di un insieme di sorgenti sul territorio è notevole e da giorno a giorno (almeno per i feriali) abbiamo valori medi globali che si discostano entro 1 dB(A).

La maggior variabilità del rumore emesso la si ha nel periodo notturno, dove i flussi di traffico sono di molto inferiori a quelli diurni e le velocità salgono.

#### 9.1.4 Variabilità delle condizioni atmosferiche

Per il fatto stesso che le misure vengono eseguite all'aperto, questi elementi sono più importanti di quanto sembri. Una variazione della velocità dell'aria, anche modesta, può comportare una variazione di livello di alcuni dB(A), per cui è bene che le misure avvengano in condizioni pressoché stabili.



In condizioni di controllo dei parametri dove si hanno temperature comprese tra i 5 e i 35 °C, velocità dell'aria inferiore a 1 m/s e umidità compresa tra il 30 e il 90% con un normale sistema per esterni possiamo stare sotto un'incertezza di 0,5 dB(A).

### 9.1.5 Direttività dell'onda acustica incidente

Questa componente non è di grande rilevanza quando parliamo di rumore proveniente da infrastrutture viarie (che costituiscono, statisticamente, un contributo pari al 90% del clima acustico del territorio) in quanto le frequenze in gioco vanno dai 100 ai 1000 Hz.

### 9.1.6 Campo sonoro nel punto di misura

Questo elemento può avere una certa importanza se nelle vicinanze del punto di misura vi sono superfici riflettenti. Sicuramente i valori rilevati ad una stessa distanza dal bordo dell'infrastruttura ma in due contesti di campo sonoro diversi possono portare a differenze di alcuni dB(A).

L'importante è che se questa misura è finalizzata alla taratura del modello matematico, ne si tenga conto in fase di simulazione.

### 9.1.7 Calcolo delle incertezze associate alle misure

Tenuto conto delle grandezze che intervengono nella determinazione del misurando, l'incertezza

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^n u_i^2(y)$$

associata alle misure acustiche può essere espressa attraverso la relazione seguente

La quantità  $u_i(y)$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) è il contributo all'incertezza standard associata al valore stimato  $y$  di *output* risultante dall'incertezza standard associata  $x_i$

$$u_i(y) = c_i u(x_i)$$

dove  $c_i$  è il coefficiente di sensibilità associato al valore stimato di *input*  $x_i$ , ad esempio la derivata parziale della funzione modello  $f$  rispetto ad  $X_i$ , valutata al valore stimato di *input*  $x_i$ ,

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = \frac{\partial f}{\partial X_i} \Big|_{X_i = x_i \dots X_N = x_N}$$

Il coefficiente di sensibilità  $c_i$  descrive l'estensione con la quale il valore dei dati di uscita  $y$  è influenzato dalle variazioni del valore stimato di *input*  $x_i$ . Nel nostro caso, con le ampiezze di incertezza espresse nei punti precedenti, in condizioni meteo normali abbiamo un'incertezza totale sulla misura acustica pari a

$$u(m) = 1.64 \text{ dBA}$$



## 9.2 Accuratezza delle simulazioni acustiche

Gli elementi che concorrono all'incertezza dei dati forniti da una valutazione previsionale possono essere fondamentalmente riassunti nei seguenti punti:

- *tipo di modello e utilizzatore di questo;*
- *dati delle potenze delle sorgenti in gioco;*
- *dati non considerati nella propagazione sonora;*
- *corretto inserimento della morfologia del territorio;*
- *riferimenti normativi del modello;*
- *taratura del modello;*
- *scelta dei parametri di calcolo.*

### 9.2.1 Tipo di modello e utilizzo dello stesso

Vi sono in commercio diversi modelli matematici dedicati all'acustica con costi e prestazioni svariate. Non spetta a me dire quale è quello buono e quello non buono per lo specifico uso, di certo ve ne sono alcuni che sono molto approssimativi su queste problematiche e che, quantomeno, non danno modo di percepire un possibile errore valutativo.

In questo senso conta molto l'esperienza del modellista che oltre che tecnico competente ai sensi di legge deve avere anche una conoscenza profonda delle problematiche di propagazione delle onde sonore.

### 9.2.2 Dati di potenza sonora delle sorgenti

E' sicuramente il punto di partenza di una buona valutazione revisionale, se abbiamo un dato di partenza sbagliato difficilmente troveremo un dato di uscita corretto.

Questo elemento richiede forzatamente la distribuzione spettrale di emissione perché nei processi di propagazione la lunghezza d'onda è la componente che determina i fattori diffrattivi.

Nel caso del rumore emesso da infrastrutture stradali abbiamo una serie di linee guida che variano in relazione alla nazione dove sono state sviluppate. Alcune lavorano sullo spettro altre sul valore globale.

La sorgente viene supposta con distribuzione lineare (per alcuni modelli la distribuzione è pseudo-lineare) e quindi abbiamo una propagazione di tipo cilindrico.

Il modelli propagativi da cui, inseriti i dati di volume di traffico, velocità e composizione, si ottengono i livelli sonori, sono fondamentalmente empirici e quindi fortemente dipendenti dalla tipologia e dalla manutenzione delle autovetture che in alcune zone potrebbero essere diverse da altre: per esempio in paesi come la Germania abbiamo un numero limitato di piccole cilindrato rispetto al nostro paese.

### 9.2.3 Dati non considerati nei modelli

Spesso i modelli lavorano su condizioni meteorologiche standardizzate per cui diventa difficile rapportarli alle misure di taratura se queste sono state eseguite in condizioni molto diverse.



#### 9.2.4 Inserimento dati morfologici

Diventa difficile riprodurre la reale morfologia del territorio quando questo possiede una notevole variabilità: è il caso di zone con variazioni altimetriche, dove l'inserimento corretto dei valori di quota della strada e del terreno intorno creano non pochi problemi.

L'assorbimento del terreno è anch'esso uno dei parametri delicati difficile da quantificare.

#### 9.2.5 Riferimenti normativi del modello

Questo potrebbe sembrare un problema da poco, spesso siamo portati a pensare che la grande diversità tra una simulazione e l'altra sia fondamentale legata all'algoritmo di calcolo che viene utilizzato dal modello stesso, e invece dobbiamo osservare come esistano grandi differenze a seconda dei riferimenti normativi utilizzati.

Prendiamo ad esempio una situazione semplice:

- strada extraurbana;
- 10.000 veicoli sulle 24 ore di cui 9360 dalle ore 6 alle 22 e 640 dalle ore 22 alle 6;
- 20% di veicoli pesanti di giorno;
- 10% di pesanti di notte;
- velocità veicoli leggeri 70 km/h;
- velocità veicoli pesanti 50 km/h;
- simulazioni eseguite a 4 metri di altezza a distanza di 25, 50 e 100 metri dalla strada.

Nella tabella seguente è possibile osservare i valori ottenuti usando lo stesso modello ma con i riferimenti normativi diversi.

<b>Norma</b>	<b>Diurno a 25 m</b>	<b>Notturmo a 25 m</b>	<b>Diurno a 50 m</b>	<b>Notturmo a 50 m</b>	<b>Diurno a 100 m</b>	<b>Notturmo a 100 m</b>
<i>RLS 90</i>	66.6	56.1	61.4	<b>50.8</b>	57	46.4
<i>DIN 18005</i>	67.6	56.8	63.6	52.8	59.1	48.3
<i>Nordic</i>	70.0		64.8		58.4	
<i>RVS</i>	64.4	58.2	60.4	54.2	56.2	50
<i>NMPB</i>	72.5	61.7	67.4	56.5	60.8	49.9

**Figura 11** – Confronto tra valori ottenuti mediante uno stesso modello e con diversi riferimenti normativi

La ISO 9613 esprime, in condizioni meteorologiche favorevoli, l'accuratezza associabile alla previsione, in relazione alla distanza ed all'altezza del ricevitore come riportato nella tabella sottostante.



<b>Altezza media di ricevitore e sorgente (m)</b>	<b>Distanza (m) <math>0 &lt; d &lt; 100</math></b>	<b>Distanza (m) <math>100 &lt; d &lt; 1000</math></b>
$0 < h < 5$	$\pm 3 \text{ dB}$	$\pm 3 \text{ dB}$
$5 < h < 30$	$\pm 1 \text{ dB}$	$\pm 3 \text{ dB}$

Figura 12 – Accuratezza associabile alle previsioni secondo la ISO 9613

### 9.2.6 Scelta dei parametri di calcolo

Anche in questo caso vi possono essere diversità tra i risultati ottenuti modificando i parametri di calcolo del modello, come ad esempio avviene quando si vuole abbreviare i tempi di calcolo e si eseguono delle interpolazioni con una griglia molto estesa.

Il software comunque esegue l'interpolazione e quindi il risultato apparentemente sembra corretto ma in punti specifici le differenze possono essere notevoli.

### 9.2.7 Calcolo delle incertezze associate alle simulazioni

In questo caso, per quanto sopra esposto, diventa difficile quantificare in modo preciso e numerico i diversi parametri che concorrono a determinare l'incertezza dei valori di uscita di una simulazione matematica. In particolare sono così diversi i comportamenti umani di fronte a queste problematiche che conviene considerare questo parametro come un'incertezza di **Tipo B**.

Un'analisi delle differenze ottenibili dai diversi modelli matematici fu sviluppata nel 1995 al congresso dell'Associazione Italiana di Acustica" (supplemento degli atti del congresso), la memoria era "INTERCOMPARISON OF TRAFFIC NOISE COMPUTER SIMULATION" – R. Pompoli, A. Farina, P. Fausti, M. Bassanino, S. Invernizzi, L. Menini.

A questo test parteciparono 23 soggetti che attraverso i diversi modelli posseduti fornirono i risultati su situazioni semplici predefinite dagli autori.

Nella figura sottostante riportiamo da quella memoria i grafici dei risultati su tre posizioni diverse di una simulazione.

Sulle ascisse abbiamo il numero del partecipante al test mentre sulle ordinate il livello previsto in un particolare punto ad una certa distanza dall'infrastruttura viaria.

Come si può osservare le differenze possono essere anche maggiori di 10 dB(A).

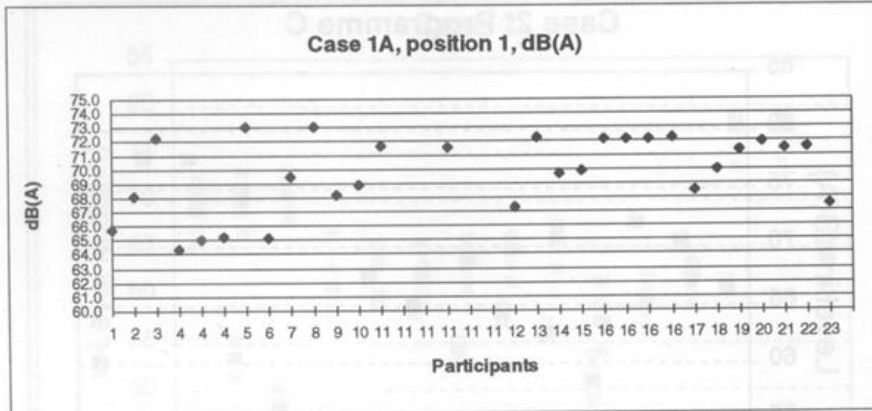


Fig. 17:  $L_{med} = 69.7$  dB(A)     $L_{max} - L_{min} = 8.7$  dB(A)    Std.Dev. = 2.66

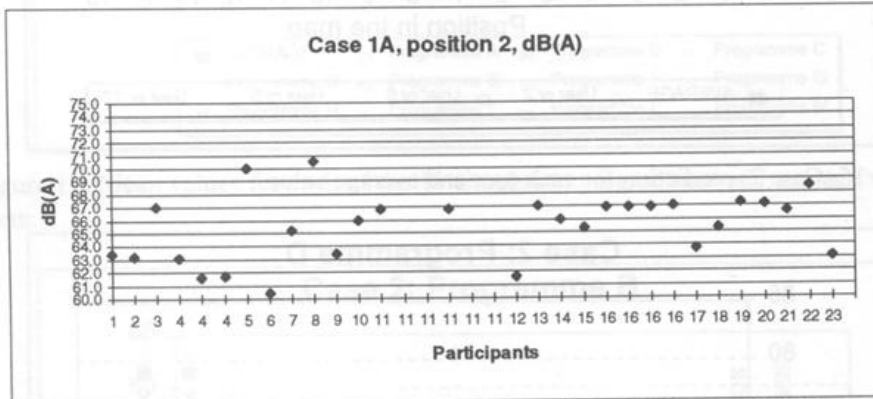


Fig. 18:  $L_{med} = 65.5$  dB(A)     $L_{max} - L_{min} = 10.1$  dB(A)    Std.Dev. = 2.47

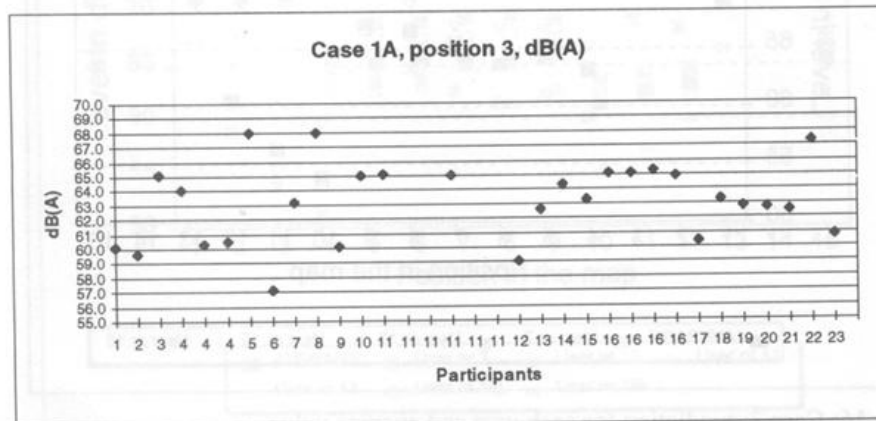


Fig. 19:  $L_{med} = 63.1$  dB(A)     $L_{max} - L_{min} = 10.9$  dB(A)    Std.Dev. = 2.69

Figura 13 – Differenze ottenibili attraverso diversi modelli matematici



### **9.3 Miglioramento dell'accuratezza**

Visti i valori non certo esigui di incertezza associata alle simulazioni è bene porsi l'obbiettivo di comprendere quali possono essere i parametri che ci consentono di migliorare l'accuratezza.

L'elemento principale che ci consente di limitare la variabilità dei risultati delle simulazioni sono le misure di taratura del modello e la veridicità dei dati di potenza sonora delle sorgenti.

Le misure di taratura del modello sono molto più importanti di quanto si possa credere : danno un riferimento metrologico alla simulazione che, come abbiamo visto, resta altrimenti in balia del riferimento normativo usato, del modello matematico acquistato e delle capacità personali del modellista.

Questo vuol dire che più costringiamo il modello ad adeguarsi alla misura acustica di taratura più accurato sarà il risultato ottenuto.

In pratica se la misura viene eseguita vicino ai ricevitori l'incertezza viene a diminuire per arrivare quasi a quella della sola misura: l'errore di cui potrebbe essere affetta sarà presente solo negli scenari futuri in relazione alle inesattezze dei dati delle sorgenti sonore inserite e agli effetti di diffrazione degli schermi che verranno posti.

### **9.4 Quali parametri misurare**

A parte il rispetto delle richieste del DPCM del 16/3/98 (Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico) può essere importante avere una serie di indicatori statistici e spettrali che ci possono descrivere meglio la situazione di inquinamento acustico.

Avere questi dati su base oraria può in certi casi non essere sufficientemente descrittivo del fenomeno sonoro, e allora sarà necessario utilizzare intervalli di tempo inferiore anche se solo finalizzati ad un approfondimento delle problematiche emissive.

### **9.5 La durata delle misure**

Il DPCM del 16/3/98 sulle Tecniche di rilevamento, nel caso di traffico stradale, ci indica misure di una settimana e possiamo dire che questo periodo è effettivamente rappresentativo per poter osservare le differenze di rumore emesso nelle giornate festive e prefestive rispetto ai giorni feriali.

Per una situazione di identificazione del clima acustico presente sul territorio, vista la ripetitività già accennata, possono essere sufficienti una misura a 24 ore e alcune a breve termine.

Se le sorgenti sono principalmente di tipo industriale e l'andamento temporale è di tipo stazionario, allora saranno sufficienti un buon numero di misure a breve termine.

### **9.6 Il livello di accuratezza**

Per la modellazione della situazione esistente, il livello di accuratezza, seguendo queste indicazioni, migliora fino a portarsi vicino all'accuratezza della sola misura. E' chiaro che quando si affrontano le simulazioni di stato futuro, con l'introduzione di sorgenti specifiche e con gli elementi di bonifica acustica (dossi o barriere), si possono introdurre nuove incertezze che vanno a peggiorare il valore di accuratezza globale.





La differenza in questa situazione si può avere su come un modello calcola, a differenza di un altro, le attenuazioni delle barriere. Analizzando le relazioni di Fresnel si può dire che l'ampiezza di errore dovrebbe essere limitata entro 1 dB(A), il che ci porta verso un'incertezza totale sulla simulazione pari a

$$u(s) = 2.88 \text{ dBA}$$

Questo valore è la migliore accuratezza ottenibile ma, ribadiamo, solo nelle seguenti condizioni:

- *strumentazione a norma tarata (presso un Centro SIT) possibilmente negli ultimi sei mesi;*
- *misura di almeno 24 ore in vicinanza dei recettori più esposti;*
- *ulteriori misure di taratura di durata inferiore;*
- *morfologia non troppo complicata;*
- *condizioni atmosferiche stabili;*
- *corretto valore dello spettro di potenza delle diverse sorgenti modellizzate;*
- *situazione di normalità delle sorgenti in gioco.*

Nel momento stesso in cui la misura non viene eseguita in prossimità dei recettori, per motivi di diverso genere, non ultimo l'impossibilità di accedere in proprietà private, il valore di incertezza sulla situazione preesistente può arrivare a 7- 8 dB(A).



## 10 Previsione dei livelli sonori nel territorio circostante

### 10.1 Premessa

Nell'analizzare i valori di pressione sonora sul territorio abbiamo considerato l'ambito di utenza dell'infrastruttura, quindi sia il periodo diurno che il periodo notturno.

I valori riportati nelle seguenti tavole sono stimati a 4 metri di altezza come previsto dal DM 16/3/98.

### 10.2 Situazione attuale - Rumore ambientale diurno

Lo scenario attuale vede solo l'infrastruttura ad oggi presente sul territorio e quindi in mancanza della variante da realizzarsi.

La situazione emissiva è stata valutata come mappe di isolivello per evidenziare meglio la propagazione sonora nel territorio circostante.

In Allegato:

#### **Mappe Situazione Attuale a 4 metri - Rumore ambientale in ambito diurno (06.00-22.00)**

Nelle tavole in allegato è possibile osservare la distribuzione attuale dei livelli sonori in ambito diurno ad un'altezza di 4 metri.

#### **Mappe Situazione Attuale a 4 metri - Rumore ambientale in ambito notturno (22.00-06.00)**

Nelle tavole in allegato è possibile osservare la distribuzione attuale dei livelli sonori in ambito notturno ad un'altezza di 4 metri.



### 10.3 Situazione futura

Lo scenario ipotizzato è la realizzazione della variante così come nell'impostazione di progetto e con le relative emissioni.

La situazione emissiva è stata valutata sia come livelli puntuali sui ricettori più esposti sia come mappe di isolivello per evidenziare meglio la propagazione sonora nel territorio circostante.

In Allegato:

#### **Mappe Situazione Futura a 4 metri - Rumore ambientale in ambito diurno (06.00-22.00)**

Nelle tavole in allegato è possibile osservare la distribuzione delle isofoniche nello stato futuro in ambito diurno ad un'altezza di 4 metri.

#### **Mappe Situazione Futura a 4 metri - Rumore ambientale in ambito notturno (22.00-06.00)**

Nelle tavole in allegato è possibile osservare la distribuzione delle isofoniche nello stato futuro in ambito notturno ad un'altezza di 4 metri.



## 11 Gli interventi di risanamento

### 11.1 Premessa

In questo capitolo vengono date indicazioni generali sugli interventi di contenimento adottati

### 11.2 Generalità sulle barriere acustiche

Le barriere acustiche rappresentano una delle soluzioni più utilizzate per il controllo del rumore in ambiente esterno, in modo particolare del rumore stradale e ferroviario. Sebbene negli ultimi anni siano stati fatti progressi nella riduzione del rumore alla sorgente e nella corretta impostazione della pianificazione territoriale, gli interventi sulla via di propagazione del rumore, quali le barriere acustiche, costituiscono sempre una delle soluzioni più rapide ed efficaci.

Una barriera acustica è un dispositivo per la riduzione del rumore che si interpone sul percorso di propagazione diretta per via aerea del suono dalla sorgente al ricevitore, caratterizzato sia da proprietà direttamente connesse alla funzione primaria (caratteristiche acustiche), sia da altre proprietà quali meccaniche, di sicurezza, di compatibilità ambientale etc. (caratteristiche non acustiche).

In ogni caso occorre tener presente che l'efficacia di una barriera è limitata ai soli edifici in ombra rispetto alla sorgente: ciò significa in pratica che l'efficacia delle barriere è limitata a quelle abitazioni alle quali lo schermo toglie la vista degli autoveicoli in transito. Di norma, l'altezza di una barriera antirumore e dell'ordine dei 2–4 m ed in alcune realizzazioni più estreme può raggiungere i 5–6 m, pertanto in tutte le strade costeggiate da abitazioni non è possibile prevedere soluzioni efficaci oltre il primo piano. La protezione di edifici più alti, ma prossimi alle linee di traffico, specialmente per carreggiate molto larghe, richiederebbe la realizzazione di imponenti tunnel afoni (barriere più tetto a *baffles* fonoisolanti-fonoassorbenti) di costo elevatissimo e di dubbia tollerabilità architettonica e paesaggistica, mentre in situazioni extraurbane con edifici posti su un solo lato della strada è possibile ricorrere a semi-gallerie artificiali simili ai ripari antivalanghe utilizzati nella viabilità di alta montagna.

In particolare, nell'adozione di questi provvedimenti nell'ambito della strategia complessiva per la riduzione dell'inquinamento acustico, vanno tenute presenti alcune controindicazioni che ne sconsigliano l'adozione indiscriminata.

In ambito extraurbano le barriere sono quindi una soluzione in quei casi in cui la morfologia del terreno e l'altezza degli edifici consentono un buon mascheramento di importanti arterie di traffico. Risultano particolarmente efficaci quindi nei casi in cui strade o ferrovie corrono in rilevato o in viadotti (in quest'ultimo caso però possono sorgere serie limitazioni alla loro applicabilità: per esempio, insufficiente resistenza delle strutture al maggior carico derivante dalla spinta del vento).

In linea generale è sensato invece ipotizzare l'utilizzo di barriere in ambito urbano limitatamente ai seguenti scopi:

- protezione di aree a fruizione pedonale (parchi pubblici, spazi giochi, zone pedonali);
- protezione di aree di particolare pregio, di aree destinate allo svolgimento di attività all'aperto;
- protezione di abitazioni terra-tetto collocate arretrate rispetto alla sede stradale;



- mitigazione dell'inquinamento prodotto da tratti autostradali o circonvallazioni periferiche, viadotti e cavalcavia, previa verifica di collocazione opportuna rispetto alle abitazioni disturbate.

Per quanto riguarda l'utilizzo extraurbano, e soprattutto i primi tre punti di quello urbano, non va trascurata la possibilità di realizzare le protezioni con dune e terrapieni opportunamente piantumati o con veri e propri "biomuri", integrando così nella barriera anche una funzione di arredo a verde e una di trattamento fonoassorbente per mitigare gli effetti di amplificazione sonora dovuti a riflessioni multiple. Il terreno assorbe le onde sonore e le disperde all'interno della sua massa. Se la scarpata della duna viene poi rinverdata l'effetto è di grande naturalezza.

D'altra parte è dimostrato come la semplice vegetazione non isola dal rumore, solo fasce boscate o larghe strisce coperte da una fittissima vegetazione arboreo-arbustiva possono attenuare il rumore, ma necessitano di grandi spazi quasi mai disponibili.

### 11.2.1 Principio fisico

L'attenuazione dell'onda sonora che attraversa lo schermo della barriera è determinata dalla struttura rigida dello schermo ed in massima parte imputabile alla variazione di densità tra lo schermo e l'aria che produce una riflessione di gran parte dell'onda sonora. Nella zona retrostante lo schermo si ha quindi una sovrapposizione tra l'onda trasmessa, attenuata, e l'onda diffratta che aggira il bordo superiore e quelli laterali della barriera. Quest'ultima è di norma la componente di gran lunga prevalente (il fatto che l'onda trasmessa sia trascurabile rispetto a quella diffratta è considerato un obiettivo irrinunciabile di una buona progettazione e realizzazione dell'opera).

Il livello sonoro dell'onda diffratta è calcolabile esattamente a partire dalla teoria ondulatoria della propagazione delle onde elastiche, in pratica però vi sono due effetti che rendono il calcolo dell'attenuazione ottenuta con le barriere meno rigoroso e che conducono all'utilizzo di formule più o meno empiriche: il primo è il fatto che l'inserimento della barriera modifica (riduce) anche l'effetto suolo, che a sua volta produce un'attenuazione dei livelli sonori in maniera dipendente da molti fattori di cui è difficile tenere conto in maniera esatta; il secondo è il fatto che nella propagazione su distanze dell'ordine di qualche centinaio di metri alcune condizioni meteorologiche (ad esempio l'inversione termica) producono una propagazione non rettilinea dell'onda sonora che modifica anche sensibilmente le perdite per inserzione conseguite con la barriera. L'attenuazione della barriera andrà quindi riferita in generale a specifiche condizioni del terreno su cui avviene la propagazione e a condizioni meteo determinate.

### 11.2.2 Ulteriori elementi

Nella realizzazione delle barriere è necessario tenere conto degli effetti prodotti dall'onda riflessa sulla barriera stessa.

Questi sono in genere effetti negativi che si possono sostanzialmente sintetizzare in tre tipi:

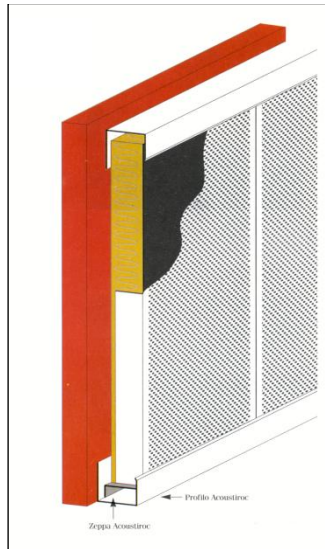
- 1) l'onda riflessa incrementa il livello sonoro in ricettori posti dalla parte opposta della barriera;
- 2) si creano riflessioni multiple tra le barriere contrapposte sui due lati della strada che riducono l'efficacia del provvedimento (alcuni dB di minor attenuazione);
- 3) si creano riflessioni multiple tra la barriera e le fiancate rigide dei grossi veicoli (treni, autobus e camion) che riducono l'attenuazione delta rumorosità di questo tipo di sorgenti.

A questi eventuali problemi si può ovviare utilizzando barriere con il lato rivolto verso la sorgente trattato con materiale fonoassorbente o barriere inclinate rispetto alla verticale. Entrambe le soluzioni hanno come controindicazioni problemi di minor resistenza agli agenti meteorologici e di maggiori costi di



realizzazione. La versione fonoassorbente esclude inoltre che la barriera possa essere trasparente, che è invece un requisito talvolta necessario per un migliore inserimento paesaggistico.

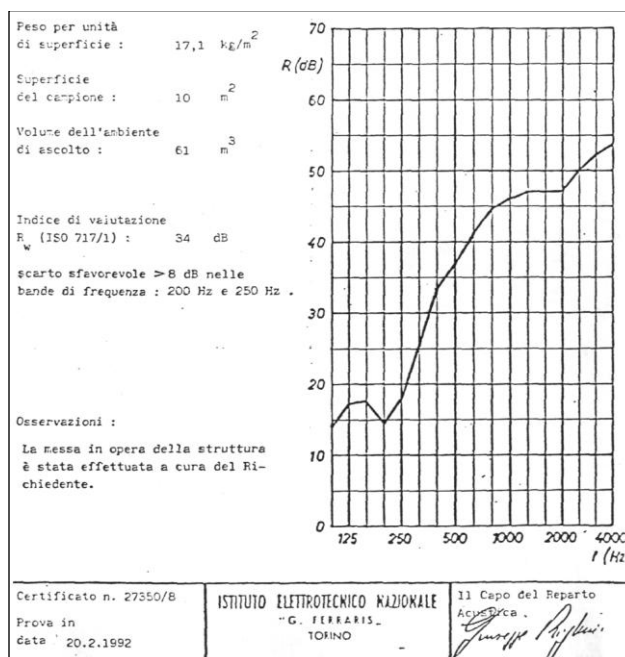
La struttura di questi pannelli è solitamente formata da una lamiera forata che include un materassino di lana minerale con velo vetro come quella rappresentata nella figura seguente.



**Figura 14** – Particolare costruttivo dei pannelli fonoassorbenti e fonoisolanti.

La barriera deve avere caratteristiche fonoassorbenti e fonoisolanti con una massa superficiale di almeno 20 kg/m<sup>2</sup>.

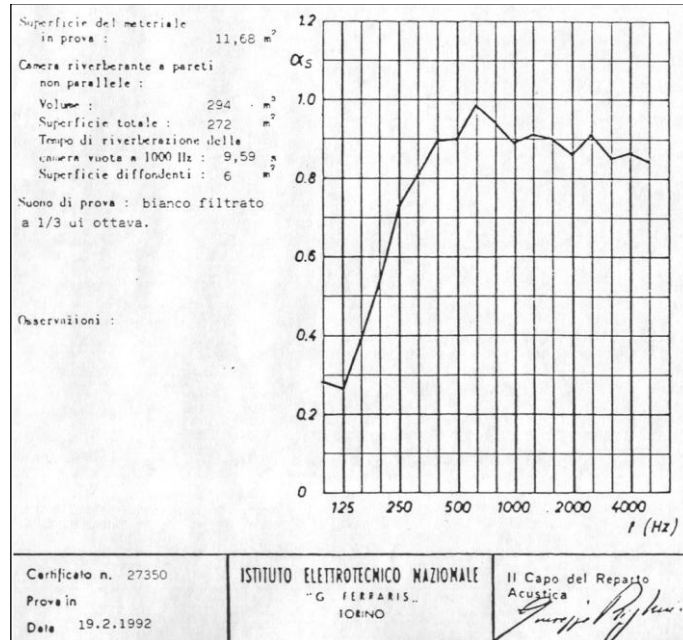
Il potere fonoisolante specifico di una tale tipologia di pannello è quello mostrata nel grafico seguente.



**Figura 15** – Grafico tipico del potere fonoisolante di un pannello



Per quanto riguarda la parte assorbente le caratteristiche possono essere del tipo mostrato nel grafico seguente.



**Figura 16** – Grafico tipico del potere fonoassorbente di un pannello



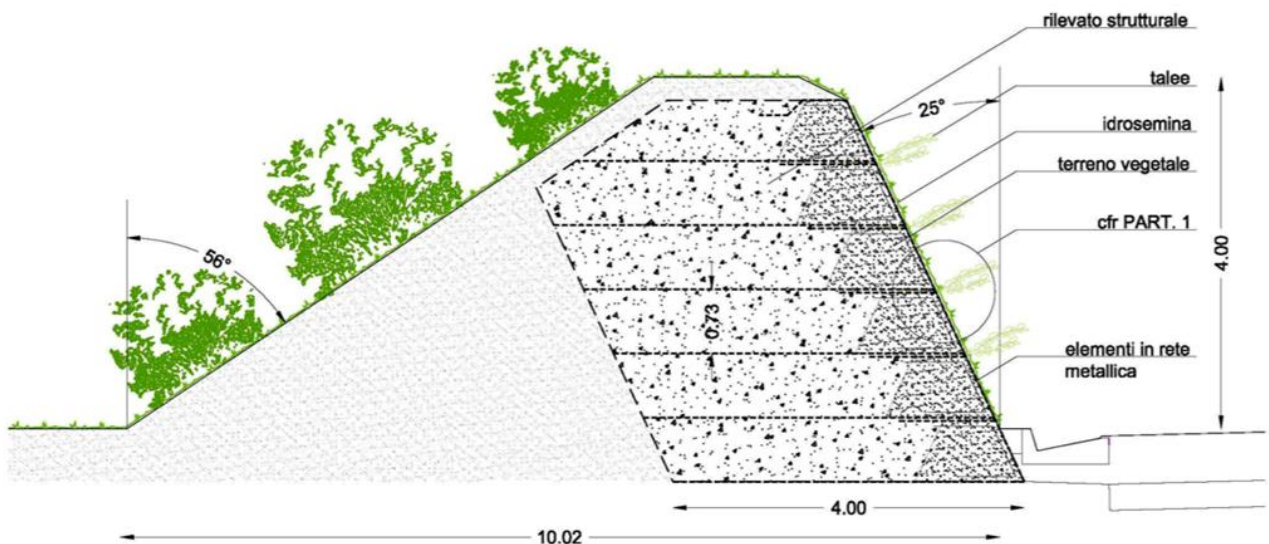
### 11.2.3 Tipologia delle barriere

Tra le varie soluzioni progettuali di barriera, l'attenzione viene rivolta in primo luogo alla geometria e successivamente alla tipologia e stratificazione dei materiali che la compongono.

In commercio vi sono prodotti di diverso genere e, viste le caratteristiche, alcuni si sono rivelati particolarmente indicati.

Di seguito riportiamo le tipologie di barriera scelte e, dove possibile, alcuni dati specifici.

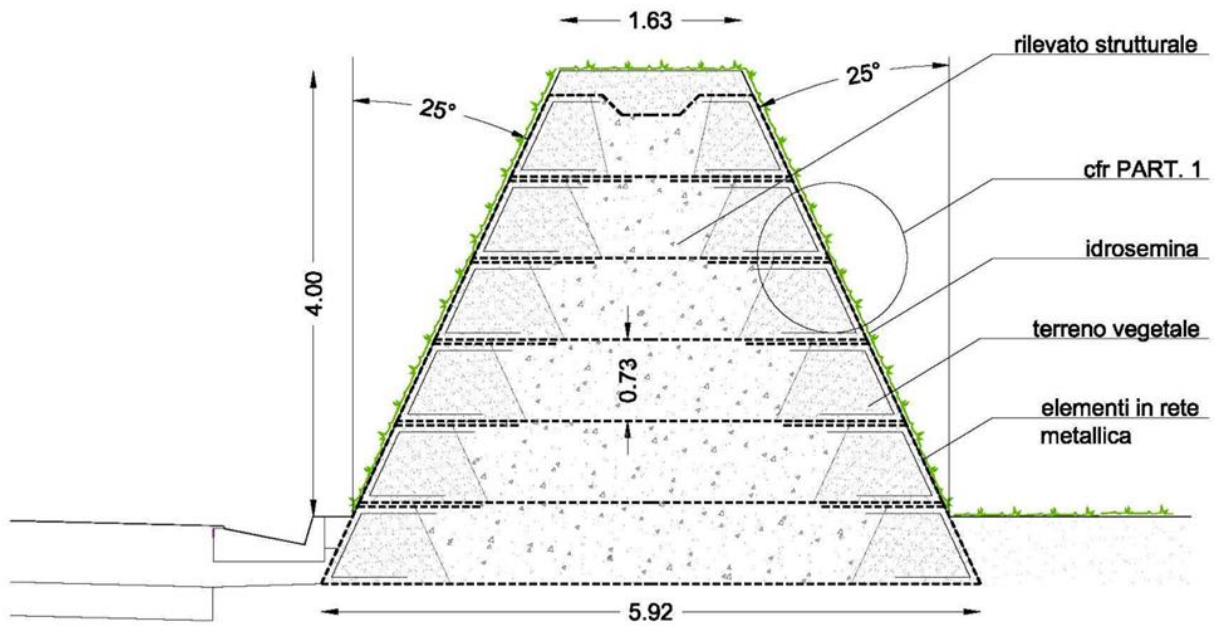
Le sezioni tipologiche sono inserite nel modello e vengono riportate di seguito, secondo quanto descritto nell'elaborato paesaggistico "ME04-2013 particolari costruttivi e sezioni tipo".



**Duna in terra rinforzata lato strada e scarpata lato campagna**

Tipologia Pannello	Caratteristiche Acustiche											Dimensioni (bxh) (mm)	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	
	Fonoisolamento $R_i$					$DLR_i$	Fonoassorbimento $\alpha_{si}$							$DL\alpha$
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz			
Duna in terra rinforzata lato strada e scarpata lato campagna	17,4	22	26,5	34,6	33,5	27 dB	0,76	1	1,25	1,15	0,85	12 dB	-	-

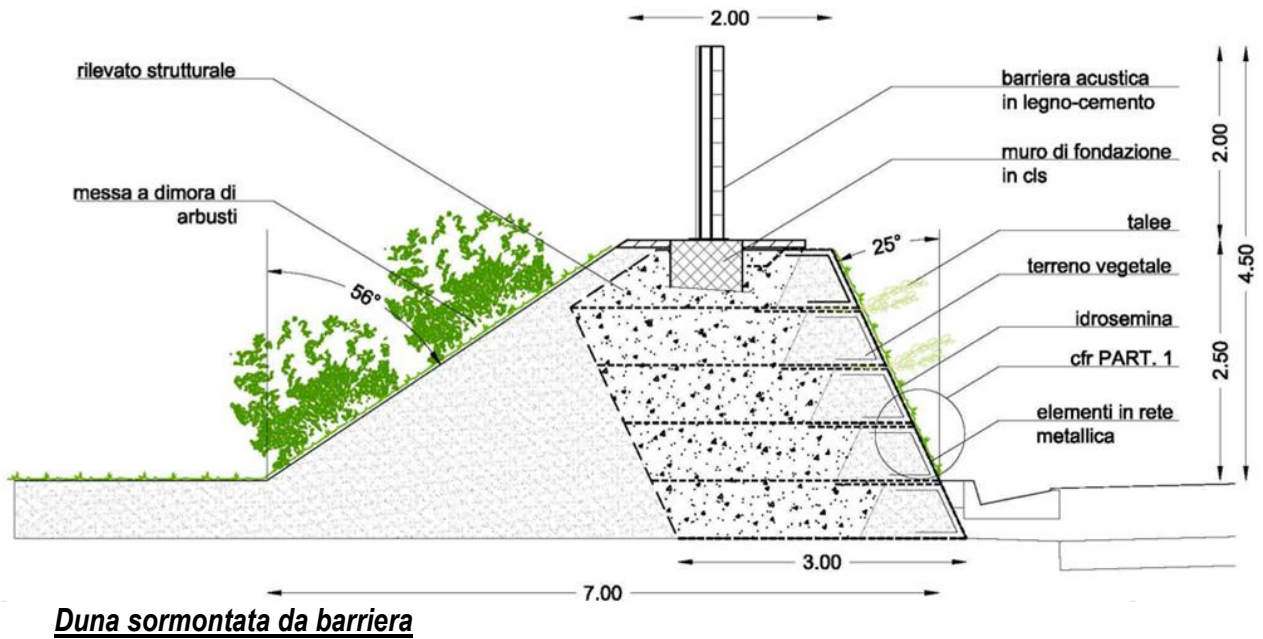




**Duna in terra rinforzata**

Tipologia Pannello	Caratteristiche Acustiche											Dimensioni (bxh) (mm)	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	
	Fonoisolamento $R_i$					$DLR_i$	Fonoassorbimento $\alpha_{si}$							$DL\alpha$
	125 Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz		125 Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz			
Duna in terra rinforzata	17,8	22,2	26,4	34,8	33,7	27 dB	0,77	1,1	1,23	1,12	0,82	12 dB	-	-

**Tabella 11** – Tabella Tipologia Pannello: Pannello con involucro esterno in lamiera ed interposto materassino isolante

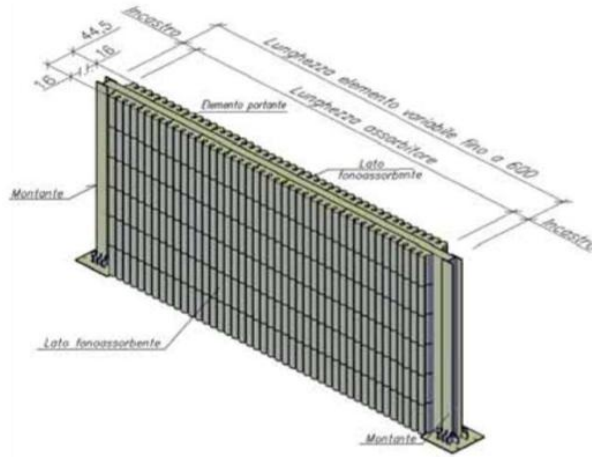


Tipologia Pannello	Caratteristiche Acustiche											Dimensioni (bxh) (mm)	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	
	Fonoisolamento $R_i$					$DLR_i$	Fonoassorbimento $\alpha_{Si}$							$DL\alpha$
	125 Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz		125 Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz			
Duna sormontata da barriera	24,2	29,5	33,2	31,2	40,4	34 dB	0,57	0,88	1	0,91	0,68	9 dB	-	-

**Tabella 12** – Tabella Tipologia Pannello: Pannello in Policarbonato Semitrasparente



**Pannello in legno-cemento**

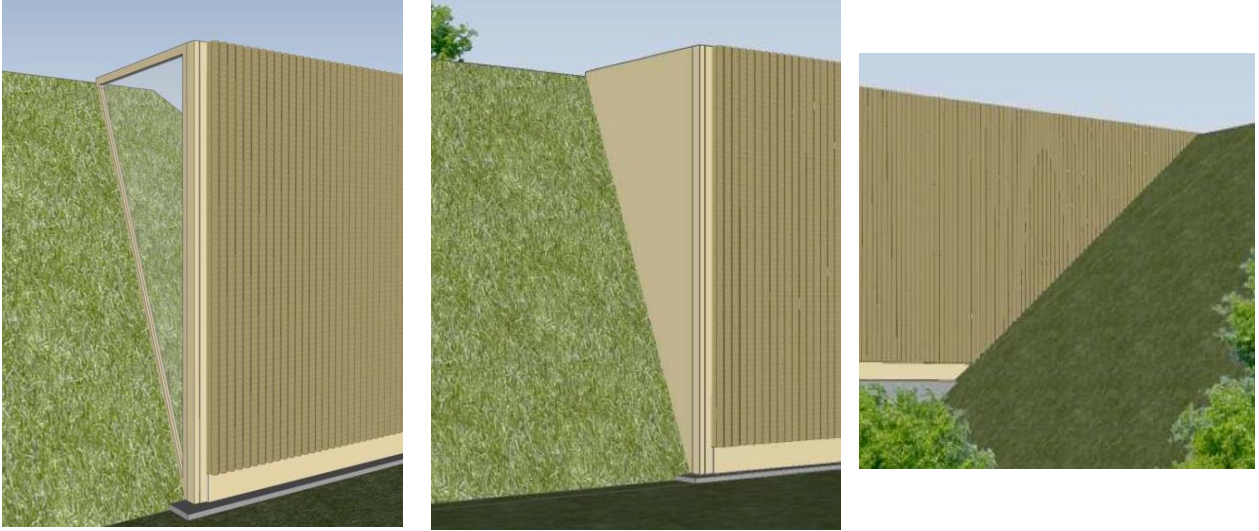
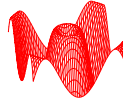


Tipologia Pannello	Caratteristiche Acustiche											Dimensioni (bxh) (mm)	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	
	Fonoisolamento $R_i$					$DLR_i$	Fonoassorbimento $\alpha_{si}$							$DL\alpha$
	125 Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz		125 Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz			
Pannello in legno-cemento	37,5	38,2	39,5	42,3	45,6	50 dB	0,15	0,4	1	0,8	0,82	7 dB	-	-



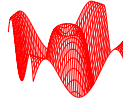
**Tipologici per punti di raccordo duna barriera Tipo 1 – Finestre trasparenti in PMMA**

Tipologia Pannello	Caratteristiche Acustiche											Dimensioni (bxh) (mm)	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	
	Fonoisolamento $R_i$					$DLR_i$	Fonoassorbimento $\alpha_{si}$							$DL \alpha$
	125 Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz		125 Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz			
Pannello Trasparente in PMMA	18	27	31	34	38	31 dB	-	-	-	-	-	-	-	-

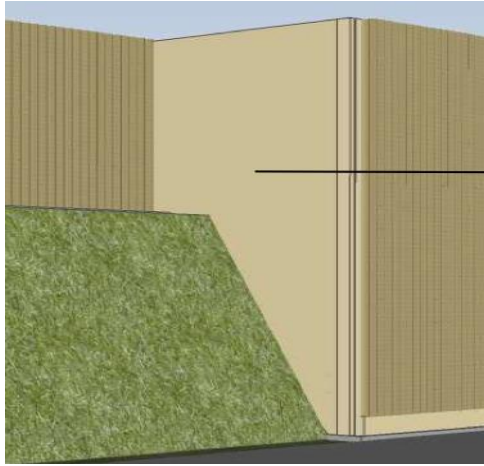


**Tipologici per punti di raccordo duna barriera Tipo 2**

Le tipologie di raccordo sono PMMA, parete in legno-cemento e duna, trattate nelle tabelle precedenti.



**Tipologici per punti di raccordo duna barriera Tipo 3**



La tipologia di raccordo è duna o pannello in legno-cemento, trattati nelle tabelle precedenti.



### 11.3 Situazione futura con interventi

Lo scenario ipotizzato è la realizzazione della variante così come nell'impostazione di progetto, con le relative emissioni e con i dispositivi di mitigazione progettati.

La situazione emissiva è stata valutata sia come livelli puntuali sui ricettori più esposti sia come mappe di isolivello per evidenziare meglio la propagazione sonora nel territorio circostante.

Obiettivo principale dello studio acustico è stata la valutazione dell'impatto che produrrà la presenza della nuova tangenziale e lo studio di provvedimenti di mitigazione.

Nello studio sono stati inseriti i valori ottenuti dallo studio di traffico e quanto ottenuta dalla simulazione è stato riportato nello studio paesaggistico redatto dallo Studio di Architettura Gibelli.

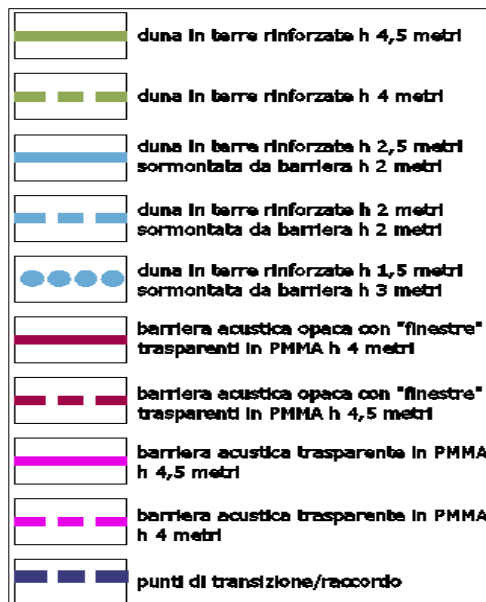
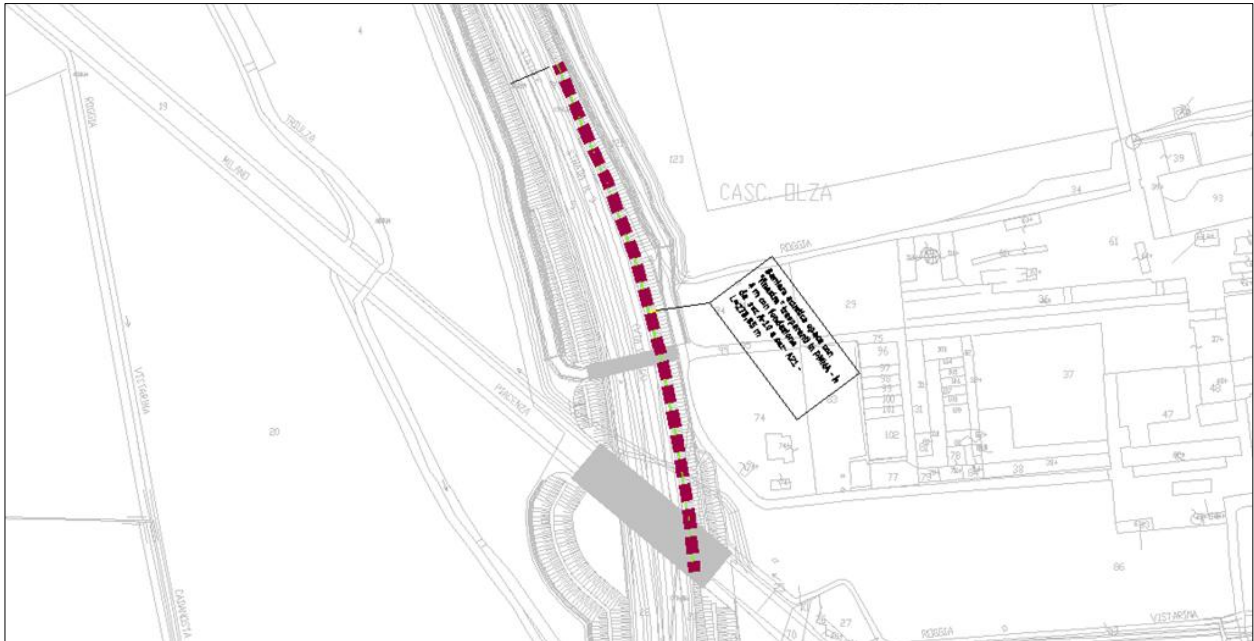


Figura 17 – Legenda interventi

I provvedimenti di mitigazione hanno un'altezza di 2/4/4,5 metri, calcolati in questo modo:

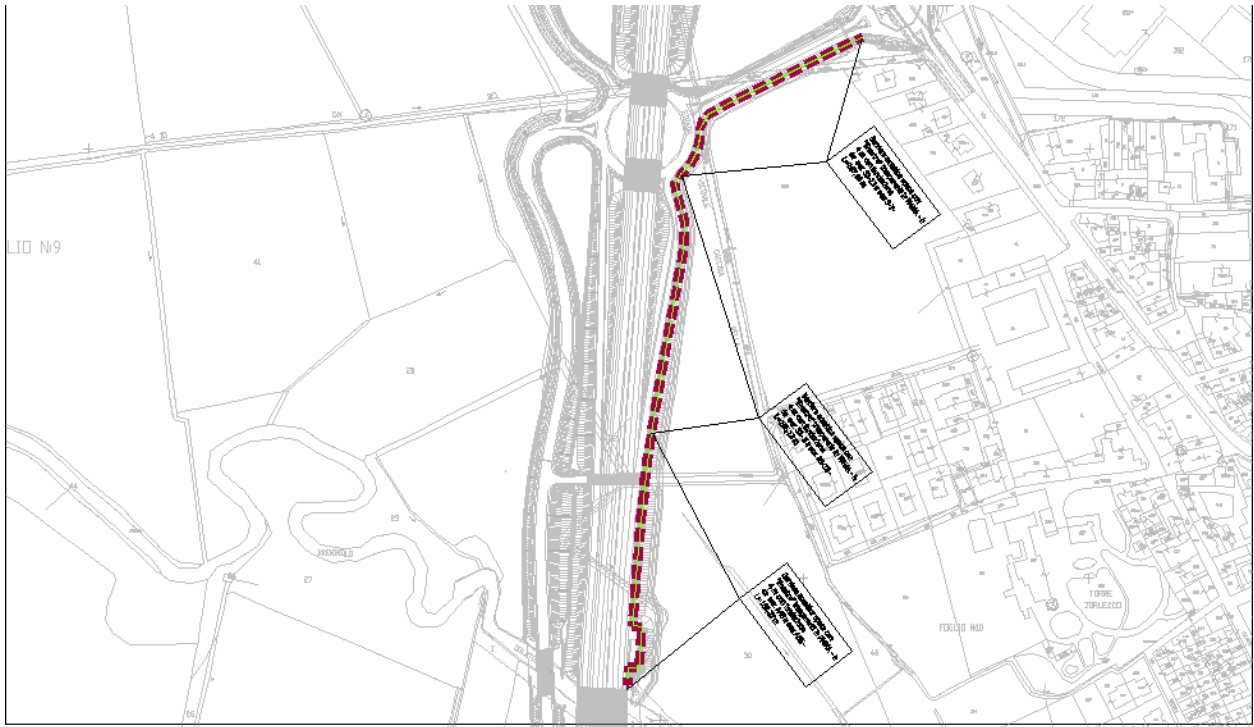
- Nelle sezioni in cui la strada si trova a quota piano campagna o a quota maggiore del piano campagna, i 4 metri devono avere come base il piano stradale. In altre parole chi percorre la strada in quelle zone, deve avere un'altezza di barriera o di sistema duna/barriera di 2/4/4,5m costante a fianco stradale.
- Nelle sezioni in cui la tangenziale si abbassa a quote inferiori al piano campagna, i 4/4,5 metri di barriera o di sistema duna/barriera sono calcolati a partire dal piano campagna e quindi i 4 metri di duna hanno inizio dalla quota di cima della trincea. Chi percorre la strada in quelle zone vedrà a fianco stradale l'altezza della trincea e vedrà partire da cima trincea i 4/4,5 metri di barriera o di sistema duna/barriera. (Es. se la trincea si abbassa a 2m sotto il piano campagna, chi percorre la strada vedrà un riparo ottenuto da 2m di trincea da sommarsi ai 4,5 metri di sistema duna/barriera, per un totale di 6,5m di mitigazione).



**Figura 18** – Barriera h=4m all'altezza di Cascina Olza - Lato est

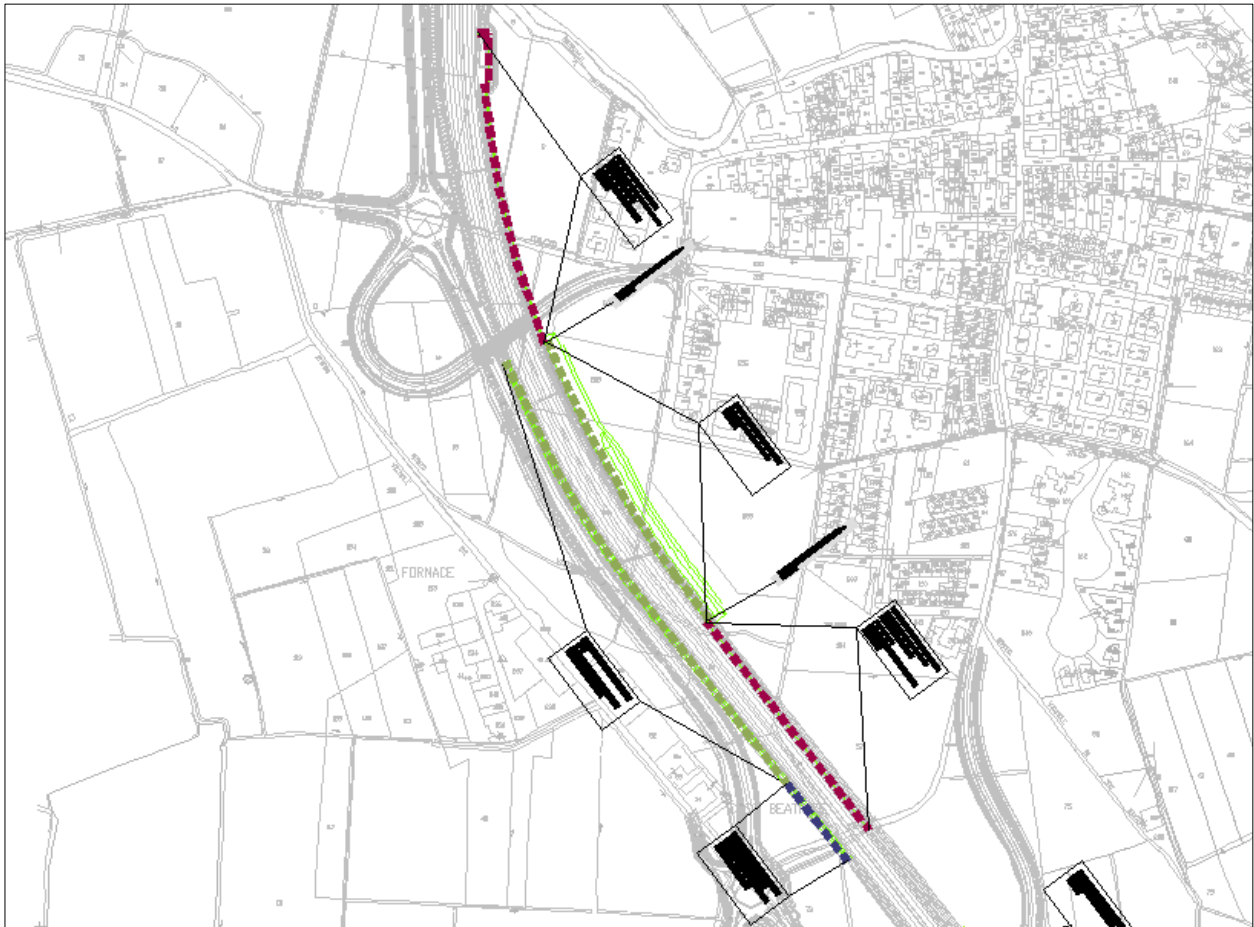
La barriera è stata inserita a scopo di mitigazione acustica per il rientro nei limiti di fascia autostradale di tutta l'area di Cascina Olza ed in particolare degli edifici più prossimi al tracciato della tangenziale. In questo punto vi è concorsualità con la linea ferroviaria. Il contributo in rumore ed in mitigazione da noi valutato è stato quello della sola tangenziale.





**Figura 19** – Barriera h=4m dalla rotonda a nord con la Via Emilia, lungo il ramo di raccordo con la Tangenziale e per tutto il tratto di Tangenziale fino all'intersezione con il fiume Brembiolo - Lato est

A lato est tutto il sistema di mitigazione è stato inserito per proteggere la parte nord di Zorlesco a scopo di rientro nei limiti di fascia autostradale e di rientro nei limiti di Classe III e Classe II delle aree situate oltre le fasce autostradali.



**Figura 20** – Sistema dune/barriera  $h=4m$  lungo la tangenziale da intersezione con il fiume Brembiolo con termine all'altezza della rotonda per Cascina Fornace - Lato est. Duna  $h=4m$  da rotonda con strada comunale di Zorlesco a rotonda posta a sud di Cascina Fornace - Lato ovest

A lato est tutto il sistema di mitigazione è stato inserito per proteggere la parte sud di Zorlesco a scopo di rientro nei limiti di fascia autostradale e di rientro nei limiti di Classe III e Classe II delle aree situate oltre le fasce autostradali. Le aree sono urbanizzate e vi è un'area di futura urbanizzazione limitrofa alla tangenziale.

A lato ovest il sistema di mitigazione è stato inserito per ottenere un rientro nei limiti di fascia autostradale degli edifici di Cascina Fornace.



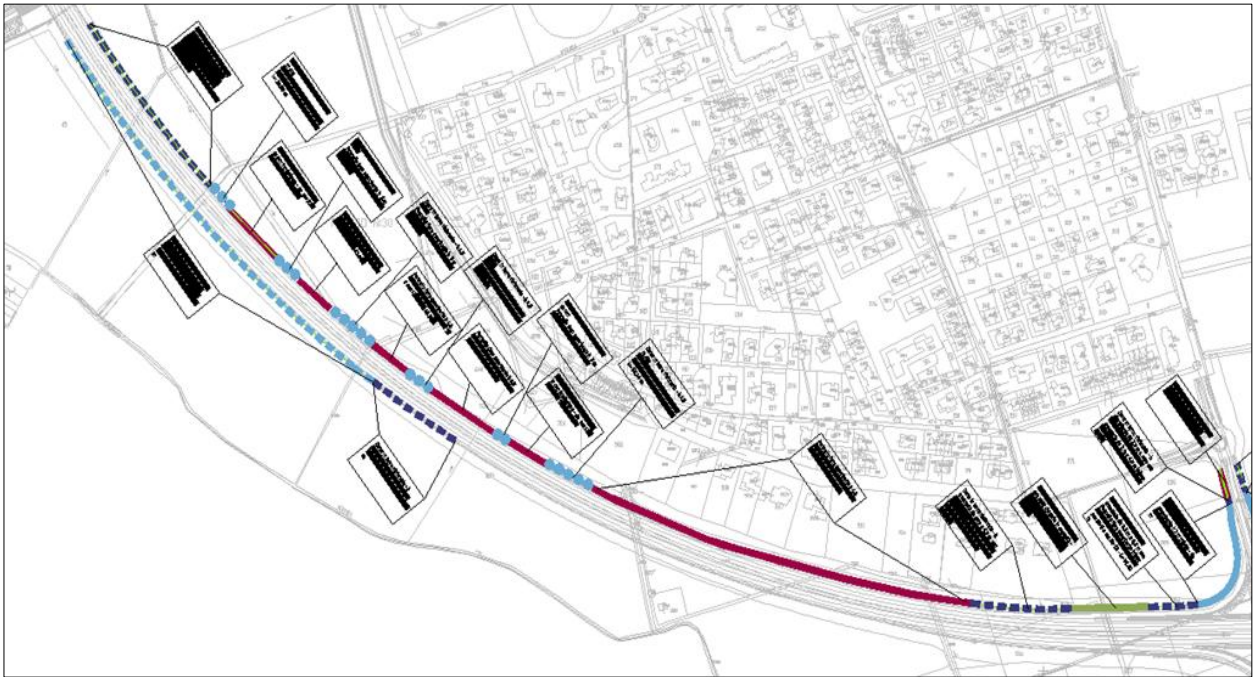
**Figura 21** – Duna h=4m presso Cascina San Nazzaro - Lato est

La duna è stata inserite a scopo di mitigazione degli edifici di Cascina San Nazzaro per il rientro nei limiti di fascia autostradale.



**Figura 22** – Barriera h=4m posta all'altezza dell'intersezione con la linea ferroviaria Pavia-Codogno con termine all'altezza delle aree occupate dai capannoni industriali - Lato est

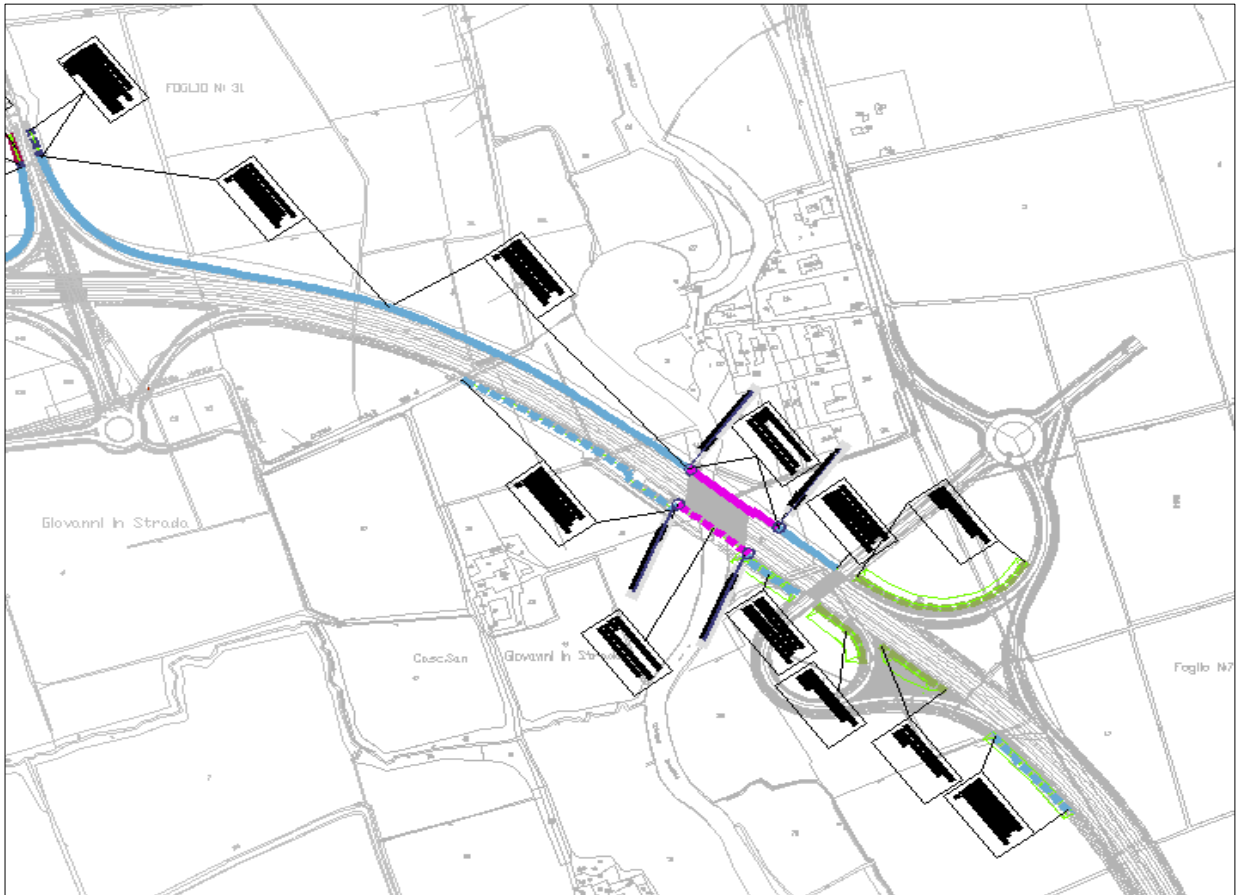
La barriera è stata posta per mitigare le aree di futura urbanizzazione a scopo del rientro nei limiti di fascia autostradale e per proteggere le aree successive, sempre di futura urbanizzazione, tutte inserite in Classe II.



**Figura 23** – Sistema di Dune/Barriere  $h=4,5m$  da cavalcavia a nord dell'abitato di Casalbusterlengo fino allo svincolo con Via Conciliazione. Lato est. - Sistema Dune/Barriere da cavalcavia nord dell'abitato di Casalbusterlengo al limite sud del territorio occupato da Cascina Coste di Mezzo – Lato Ovest.

A lato est è il provvedimento mitigativo più consistente in quanto vi è da riportare tutte le abitazioni, in particolare quelle di Via Rabin, al di sotto dei limiti di fascia autostradale e altresì tutti i territori di nuova costruzione prossimi alla tangenziale. Vi sono inoltre ampie zone in Classe II oltre le fasce e, soprattutto, zone in Classe I comprendenti tutti gli edifici ospedalieri e la casa di cura. Sono state queste zone appartenenti alla Classe I ad avere particolare peso nella determinazione dell'altezza della barriera. In questa zona l'intervento di mitigazione è unito all'effetto dovuto all'abbassamento della livelletta del tracciato della tangenziale.

A lato Ovest il sistema Dune/Barriere è stato inserito per l'abbassamento dei livelli presso il territorio di Cascina Coste di Mezzo.



**Figura 24** – Sistema di Dune/Barriere  $h=4,5m$  da svincolo di Via Conciliazione e svincolo sud presso Somaglia. E' presente una duna  $h=4m$  anche su parte dello svincolo - Lato est. Sistema di Dune/Barriere  $h=4m$  e riporti di terreno  $h=2m$  dall'altezza di strada vicinale di San Giovanni con termine nella parte sud dello svincolo con Zorlesco - Lato ovest.

A lato est l'intervento è stato inserito per gli stessi motivi del precedente e anch'esso collabora all'abbassamento dei livelli per le Classi II e per le Classi I, oltre all'abbassamento dell'area a Sud nella quale si trova l'Hotel Mondial ed altre strutture ad esso limitrofe.

A lato ovest il sistema di mitigazione è stato inserito per riportare nei limiti di fascia autostradale e di Classe III i due ricettori isolati in zona San Giovanni.

In Allegato:

**Mappe Situazione Futura con interventi a 4 metri - Rumore ambientale in ambito diurno (06.00-22.00)**

Nelle tavole in allegato è possibile osservare la distribuzione delle isofoniche nello stato futuro con interventi in ambito diurno ad un'altezza di 4 metri.

**Mappe Situazione Futura con interventi a 4 metri - Rumore ambientale in ambito notturno (22.00-06.00)**

Nelle tavole in allegato è possibile osservare la distribuzione delle isofoniche nello stato futuro con interventi in ambito notturno ad un'altezza di 4 metri.



## 11.4 Valori puntuali

Riportiamo di seguito i valori previsti in facciata nello stato futuro interventi:

Ricettori	Limite	Limite diurno	Limite notturno	Piano	Attuale diurno	Attuale notturno	Futuro senza interventi diurno	Futuro senza interventi notturno	Futuro con interventi diurno	Futuro con interventi notturno
R1 - Cascina Olza	Fascia autostradale	65	55	T	67,5*	62,8*	64,9*	61,1*	52,5*	48,4*
R1 - Cascina Olza	Fascia autostradale	65	55	1	67,8*	63,2*	65,5*	61,7*	54,4*	50,4*
R1 - Cascina Olza	Fascia autostradale	65	55	2	68,1*	63,4*	65,8*	62*	56*	52*
R2	Fascia autostradale	65	55	T	58,4	55	58,4	55,1	53,6	51,2
R2	Fascia autostradale	65	55	1	59,4	55,9	59,1	55,7	56,6	54,1
R2	Fascia autostradale	65	55	2	60	56,5	60,2	56,9	58,3	54,5
R3	Fascia autostradale	65	55	T	45,6	44	60	56,2	51,2	48,1
R3	Fascia autostradale	65	55	1	46,9	44,8	61,4	57,6	52,2	49,1
R3	Fascia autostradale	65	55	2	48	45,9	61,9	58,1	53,3	50,2
R4	Fascia autostradale	65	55	T	40,8	40,1	62,1	58,2	51,5	47
R4	Fascia autostradale	65	55	1	42,3	41,3	63,7	59,9	52,7	48,4
R4	Fascia autostradale	65	55	2	43,7	42,8	64,1	60,2	54,1	50
R5	Fascia autostradale	65	55	T	38,4	38,9	60,6	56,8	48,7	45,3
R5	Fascia autostradale	65	55	1	39,4	39,6	62,3	58,6	50,6	46,9
R5	Fascia autostradale	65	55	2	41	41,1	62,8	59	52,6	49
R6 - Zona 34	Fascia autostradale	65	55	-	43,5	44,2	61,8	58,1	49,8	47,5
R7	Fascia autostradale	65	55	T	43,1	43,2	60,1	56,3	51,4	47,6
R7	Fascia autostradale	65	55	1	43,8	43,5	61,9	58,1	53,2	49,2
R7	Fascia autostradale	65	55	2	44,4	43,8	62,5	58,7	54,8	50,8
R8	Fascia autostradale	65	55	T	29,1	26,8	58,8	55	52,8	48,7
R8	Fascia autostradale	65	55	1	30,9	29,4	60,4	56,5	54,5	50,4
R8	Fascia autostradale	65	55	2	35,9	35,9	61	57,2	55,2	51,2
R9 - Cascina Sannazaro	Fascia autostradale	65	55	T	35,8	36,1	59,5	55,7	51,5	47,6
R9 - Cascina Sannazaro	Fascia autostradale	65	55	1	36,5	36,7	60,8	56,9	53,4	49,5
R9 - Cascina Sannazaro	Fascia autostradale	65	55	2	39	39,1	61,3	57,4	54,6	50,7
R10	Fascia autostradale	65	55	T	41,9	41	56,1	52,4	56,1	52,4
R10	Fascia autostradale	65	55	1	43,3	41,7	57,2	53,5	57,2	53,5
R10	Fascia autostradale	65	55	2	44,1	42,2	57,8	54,1	57,8	54,1
R11 - Cascina Borasca	Classe IV	65	55	T	42,8	41	50,3	46,3	49,6	45,6



Ricettori	Limite	Limite diurno	Limite notturno	Piano	Attuale diurno	Attuale notturno	Futuro senza interventi diurno	Futuro senza interventi notturno	Futuro con interventi diurno	Futuro con interventi notturno
R11 - Cascina Borasca	Classe IV	65	55	1	44,7	42,7	51,5	47,5	50,9	46,9
R11 - Cascina Borasca	Classe IV	65	55	2	46,4	44,5	52,3	48,5	51,7	47,9
R12 - PL 38/39/40	Fascia autostradale	65	55	-	45,7	40,8	58	54,1	50,5	46,4
R13 - Cascina Coste di Mezzo	Classe III	60	50	T	34,4	33,6	50,8	47	50,5	46,7
R13 - Cascina Coste di Mezzo	Classe III	60	50	1	34,8	33,8	52,1	49,1	52,3	48,5
R13 - Cascina Coste di Mezzo	Classe III	60	50	2	35,1	33,9	52,9	49,1	52,3	48,5
R14 - La Ducatona	Fascia autostradale	65	55	T	19,5	18,8	57,1	53,4	45,4	41,6
R14 - La Ducatona	Fascia autostradale	65	55	1	22,4	21,4	59	55,2	47	43,2
R14 - La Ducatona	Fascia autostradale	65	55	2	28	27,5	59,8	56	48,6	44,8
R15	Fascia autostradale	65	55	T	33,8	33,8	57,4	53,6	49,2	45,6
R15	Fascia autostradale	65	55	1	34,2	33,9	59	55,3	51,6	47,9
R15	Fascia autostradale	65	55	2	34,5	34,1	59,8	56	53	49,3
R16 - Via Rabin	Fascia autostradale	65	55	T	22,1	19,9	63,1	59,3	50	46,2
R16 - Via Rabin	Fascia autostradale	65	55	1	25,2	22,7	64,3	60,6	52,6	48,9
R16 - Via Rabin	Fascia autostradale	65	55	2	28,6	27,2	64,8	61,1	52,6	51,8
R17 - Via Rabin	Fascia autostradale	65	55	T	27,7	24,1	62,1	58,3	49,6	45,9
R17 - Via Rabin	Fascia autostradale	65	55	1	31,1	27,3	63,8	60	52,5	48,7
R17 - Via Rabin	Fascia autostradale	65	55	2	33,2	30,1	64,3	60,5	55,6	51,8
R18 - Via Rabin	Fascia autostradale	65	55	T	31,5	27,5	58,3	54,4	49,5	45,6
R18 - Via Rabin	Fascia autostradale	65	55	1	34,8	30,7	62,1	58,2	52,5	48,7
R18 - Via Rabin	Fascia autostradale	65	55	2	36,6	33	63,6	59,7	55,9	52,1
R19 - Zona 31	Fascia autostradale	65	55	-	39,2	38	54,3	49,1	46,5	43
R20 - Località Cà del Pastore	Fascia autostradale	65	55	T	36	35,2	49,1	45,3	48,8	45
R20 - Località Cà del Pastore	Fascia autostradale	65	55	1	38	36,2	52,8	48,9	52,4	48,5
R20 - Località Cà del Pastore	Fascia autostradale	65	55	2	39,1	36,8	54,8	50,9	54,4	50,5
R21 - Casa di Riposo	Classe I	50	40	T	35,6	31,4	43,3	38,7	39,2	34,6
R21 - Casa di Riposo	Classe I	50	40	1	39	34,7	46,1	41,6	41,2	36,4
R21 - Casa di Riposo	Classe I	50	40	2	40,5	36,3	47,5	43,1	42,6	37,9
R22 - Ospedale Lato ovest	Classe I	50	40	T	29,6	25,5	36,4	32,2	33,2	29,1
R22 - Ospedale Lato ovest	Classe I	50	40	1	31,8	27,6	39,5	35,3	34,8	30,7
R22 - Ospedale Lato ovest	Classe I	50	40	2	34	29,8	41,5	37,3	36,6	32,4
R22 - Ospedale Lato ovest	Classe I	50	40	3	34,1	29,9	42,6	38,4	37,6	33,4
R22 - Ospedale Lato ovest	Classe I	50	40	4	36,8	32,5	44,6	40,6	38,4	34,2





Ricettori	Limite	Limite diurno	Limite notturno	Piano	Attuale diurno	Attuale notturno	Futuro senza interventi diurno	Futuro senza interventi notturno	Futuro con interventi diurno	Futuro con interventi notturno
R22 - Ospedale Lato ovest	Classe I	50	40	5	38,4	34,1	45,7	41,6	39,5	35,1
R22 - Ospedale Lato ovest	Classe I	50	40	6	40,4	36,1	46,3	42,1	40,6	36
R22 - Ospedale Lato ovest	Classe I	50	40	7	41,2	36,9	46,7	42,5	41,4	36,8
R23 - Ospedale Lato est	Classe I	50	40	T	30,7	26,6	35,9	31,4	32,5	28,3
R23 - Ospedale Lato est	Classe I	50	40	1	33	28,8	38,6	34	34,2	29,9
R23 - Ospedale Lato est	Classe I	50	40	2	35,9	31,6	40,8	36,3	36,2	31,9
R23 - Ospedale Lato est	Classe I	50	40	3	38	33,6	41,7	37,2	36,9	32,5
R23 - Ospedale Lato est	Classe I	50	40	4	40,8	36,4	44,1	39,8	38,3	33,6
R23 - Ospedale Lato est	Classe I	50	40	5	43,9	39,5	45,6	41,3	39,7	34,6
R23 - Ospedale Lato est	Classe I	50	40	6	44,9	40,5	46,3	41,9	40,6	35,4
R23 - Ospedale Lato est	Classe I	50	40	7	46,1	41,7	46,8	42,4	41,5	36,2
R24 - Hotel Mondial	Fascia autostradale	65	55	T	66,4	62	56,1	47,8	55,9	47
R24 - Hotel Mondial	Fascia autostradale	65	55	1	67,1	62,7	57,1	49,1	56,7	48
R24 - Hotel Mondial	Fascia autostradale	65	55	2	67,4	63	57,6	49,8	57,1	48,6
R25 - Cascina San Giovannino	Fascia autostradale	65	55	T	43,7	40,4	58	54,2	48,7	45,2
R25 - Cascina San Giovannino	Fascia autostradale	65	55	1	46,4	42,7	59,5	55,7	51,2	47,5
R25 - Cascina San Giovannino	Fascia autostradale	65	55	2	47,7	43,8	60,1	56,3	52,5	48,7
R26	Classe III	60	50	T	47,8	43,7	52,4	48,6	49,5	45,7
R26	Classe III	60	50	1	50,6	46,4	54,1	50,3	51,3	47,4
R26	Classe III	60	50	2	51,8	47,5	55	51,1	52,3	48,4

\*esclusione della sorgente ferroviaria concorsuale

**Tabella 13 – Valori previsti ai ricettori**



## 12 Conclusioni

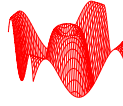
Dall'osservazione dei dati ottenuti dalla modellizzazione e dalle misure eseguite, è possibile osservare la situazione dell'area in esame.

Nella situazione attuale non si rilevano particolari situazioni anomale ed il clima acustico della zona risulta influenzato dalla Via Emilia.

In ambito futuro la presenza della nuova variante imporrà una deviazione del traffico a lato Ovest del territorio comunale e conseguentemente l'esposizione al rumore verrà spostata verso le aree a lato ovest.

Dai livelli previsti ai ricettori vi saranno alcuni superamenti dei limiti ed in particolare modo nell'ambito notturno.

Con gli interventi progettati sarà possibile contenere le emissioni affinché i livelli ricevuti rispettino i limiti imposti dalle fasce autostradali ed i limiti imposti dalla classificazione acustica comunale.



## 13 Allegato A

Riportiamo di seguito le mappe del rumore: