



# Comune di Lodi

Piazza Broletto, 1 – 26900 Lodi (LO)

## *PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO*

Galatola ing. Edoardo: Tecnico competente in Acustica Ambientale.  
Riconosciuto dalla Regione Lombardia con decreto n° 1553 del 1998.

Zaneboni ing. d. Paolo: Tecnico competente in Acustica Ambientale.  
Riconosciuto dalla Regione Lombardia con decreto n° 221 del 2005.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola	Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi
<i>Stato di revisione del documento</i>						
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report finale	





## INDICE

1	IMPOSTAZIONE DEL PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO.....	4
2	TECNICI COMPETENTI IN ACUSTICA.....	6
3	INDIVIDUAZIONE RICETTORI SENSIBILI.....	7
4	ISTRUZIONI PER LA COMPILAZIONE DELLE SCHEDE DEI RICETTORI SENSIBILI.....	7
5	DESCRIZIONE CAMPAGNA DI MISURE.....	11
5.1	Strumentazione di misura.....	11
5.2	Certificati di taratura della strumentazione.....	12
5.3	Localizzazione punti di misura.....	13
5.3.1	<u>PUNTI DI MISURA</u> .....	13
6	DEFINIZIONE DEGLI ALGORITMI DI CALCOLO DEGLI INDICI DI SOFFERENZA ACUSTICA, DI CRITICITÀ, DI PRIORITÀ.....	14
6.1	Esempi di definizione degli algoritmi e degli indici di calcolo.....	14
6.1.1	<u>REGIONE PUGLIA</u> .....	14
6.1.2	<u>PROVINCIA DI TRENTO</u> .....	15
6.1.3	<u>NORMATIVA NAZIONALE</u> .....	16
6.2	Definizione degli algoritmi e degli indici di calcolo.....	18
6.2.1	<u>CALCOLO DELL'INDICE DI CRITICITÀ</u> .....	18
6.2.2	<u>CALCOLO DELL'INDICE DI SOFFERENZA ACUSTICA</u> .....	19
6.2.3	<u>CALCOLO DELL'INDICE DI PRIORITÀ</u> .....	20
7	INDIVIDUAZIONE SITUAZIONI DI CRITICITÀ E REVISIONE ELENCO RICETTORI SENSIBILI.....	21
7.1	Ricettori lungo il sottopasso di Via San Colombano.....	22
7.2	Scuola materna statale “Don Gnocchi” - via Madre Cabrini, 22.....	32
7.3	Scuola materna statale “Campo Marte” - via Campo Marte.....	33
7.4	Scuola media inferiore statale “Don Milani” - via Salvemini, 1.....	34
7.5	Edifici residenziali di località Cascina Secondina - via Emilia (tangenziale).....	35
8	ANALISI DELLE CRITICITÀ RICONTRATE RISPETTO ALLE INDICAZIONI DI STRATEGIE E PRIORITÀ DI INTERVENTO.....	37
8.1	Descrizione delle strategie generali di intervento.....	37
8.1.1	<u>RIDUZIONE DELLA VELOCITÀ</u> .....	38

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	1 di 80



PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

8.1.2	<u>PAVIMENTAZIONI A BASSA RUMOROSITÀ</u> .....	39
8.1.3	<u>PLANIFICAZIONE DEL TRAFFICO</u> .....	41
8.1.4	<u>INSERIMENTO DI SCHERMI ACUSTICI</u> .....	42
8.1.5	<u>MIGLIORAMENTO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DEI SERRAMENTI AL RICETTORE</u> .....	42
8.2	I piani di risanamento nella pratica dei comuni.....	43
8.3	Descrizione delle tipologie di intervento considerate per il confronto di scenari.....	44
8.3.1	<u>BARRIERA TRASPARENTE</u> .....	45
8.3.2	<u>ASFALTO FONOASSORBENTE</u> .....	46
8.3.3	<u>SERRAMENTI FONOISOLANTI</u> .....	48
9	DESCRIZIONE DELLE MODELLIZZAZIONI EFFETTUATE A SUPPORTO DELLA SELEZIONE DELL'INTERVENTO.....	49
9.1	Sottopasso di via San Colombano.....	49
9.2	Scuola materna statale “don gnocchi” - Via Madre Cabrini, 22.....	62
9.3	Scuola materna statale “Campo Marte” - via Campo Marte.....	63
9.4	Scuola media inferiore statale “Don Milani” - via Salvemini, 1.....	64
9.5	Edifici residenziali di località Cascina Secondina - via Emilia (tangenziale).....	66
10	ANALISI ECONOMICA DEGLI INTERVENTI PRIORITARI A CARICO DEL COMUNE.....	68
10.1	Definizione dell'indice di fattibilità.....	68
10.1.1	<u>COSTI DI REALIZZAZIONE</u> .....	71
10.1.2	<u>EFFICACIA</u> .....	72
10.1.3	<u>VITA UTILE</u> .....	73
10.2	Definizione degli altri parametri economici.....	74
10.2.1	<u>COSTO DI PROGETTAZIONE</u> .....	74
10.2.2	<u>COSTO DI MANUTENZIONE</u> .....	75
10.2.3	<u>TEMPO DI REALIZZAZIONE</u> .....	75
10.3	Calcolo dell'indice di fattibilità per le aree prioritarie.....	76
11	CONCLUSIONI.....	77

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	2	di 80



Comune di Lodi Italia S.r.l.

Piazza Broletto, 1 – 26900 Lodi (LO)

ZONIZZAZIONE ACUSTICA DEL TERRITORIO COMUNALE

PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO



## ALLEGATI:

- Allegato 1: Tav. 1 - “Classificazione infrastrutture stradali e ferroviarie. Identificazione dei ricettori sensibili e dei punti di misura” 1:10.000
- Allegato 2: Schede dei ricettori sensibili;
- Allegato 3: Tavole delle modellizzazioni e degli interventi;
- Allegato 4: Calcolo efficacia per i recettori modellizzati;
- Allegato 5: Riepiloghi e tracciati grafici delle misurazioni fonometriche effettuate;
- Allegato 6: Descrizione dei software di modellizzazione utilizzati;
- Allegato 7: Termini fisici del problema e Analisi del rumore veicolare.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	3 di 80



## 1 IMPOSTAZIONE DEL PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Il Piano comunale di risanamento acustico di Lodi risulta composto dall'analisi della situazione attuale in cui si individuano gli obiettivi e le strategie di intervento e di una fase tecnica in cui sono stati individuati e definiti i possibili interventi. Successivamente il comune dovrà predisporre il Piano Poliennale Operativo destinato alla programmazione e definizione dei finanziamenti, in relazione alle competenze, degli interventi specifici di bonifica.

Gli interventi contemplati dal Piano di Risanamento possono essere classificati nelle seguenti tipologie:

- amministrativo-programmatico: proposte ed indirizzi in sede di attività pianificatoria;
- normativo e regolamentare: Norme Tecniche d'attuazione della zonizzazione acustica, Regolamento Edilizio, ...;
- veri e propri interventi concretizzabili in opere di mitigazione (Fase Tecnica).

Gli interventi appartenenti a quest'ultima tipologia dipendono dal tipo di sorgente, dalla configurazione dell'assetto urbanistico, dalle infrastrutture di trasporto interessate (autostrade, tangenziale, strade ad elevato scorrimento, viali di circonvallazione interna, strade urbane), dalla tipologia del ricettore (edifici di particolare sensibilità al rumore per la loro destinazione d'uso, ...).

Il Piano di risanamento acustico - Fase Tecnica ha definito un piano di interventi atti a ridurre lo stato di inquinamento del territorio comunale, con particolare riferimento ai ricettori sensibili (scuole e ospedali) e alle aree caratterizzate da maggiore criticità, cioè le aree in cui la differenza fra il rumore della zona e il limite acustico previsto è elevata.

Sulla base della presenza di esposti e della revisione della zonizzazione acustica a seguito dell'adozione del Piano di Governo del Territorio, sono state individuate le zone dove la situazione di criticità risultava più rilevante. In particolare sono state individuate 48 situazioni critiche. Dal punto di vista analitico sono stati scelti successivamente 19 recettori in funzione della loro vicinanza a strade ad alta percorrenza veicolare, al numero di persone esposte, al numero di finestre esposte ed infine in funzione del gestore / proprietario dell'edificio.

Ai 19 recettori si sono effettuate misurazioni fonometriche per verificare la situazione di criticità e per valutare l'entità delle criticità emerse. È stato dato pertanto un approccio di tipo puntuale al piano e non di tipo diffuso. Successivamente sono stati scelti 3 recettori più 2 situazioni ritenute maggiormente critiche dal punto di vista del traffico veicolare e ferroviario per le quali si sono eseguite modellizzazioni software.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	4 di 80



In particolare, non essendo attuabile il risanamento di tutte le aree potenzialmente critiche sono state preliminarmente trascurate:

- nel caso di aree scolastiche, sono stati considerati critiche le situazioni in cui si è registrato un superamento del limite di 45 dB all'interno, a finestre chiuse per le scuole elementari e medie inferiori e superiori e le situazioni di superamento del limite di immissione sonora a finestre aperte per asili nido e scuole materne, che utilizzano ampiamente gli spazi esterni nell'ambito della loro fruizione;
- le situazioni in zone residenziali (II-III e IV classe) comunque caratterizzate dal rispetto dei limiti della IV classe acustica (65 dB(A) diurni);
- le zone residenziali caratterizzate da ridotto numero di persone esposte.

Per ogni ricettore sensibile o particolare area critica individuata è stata redatta un'apposita scheda in formato elettronico (excel) contenente una descrizione dell'area e dei livelli di rumore presenti, gli interventi di mitigazione previsti ed i soggetti a cui compete l'intervento, una stima dei costi ed i risultati attesi. Il database creato è uno strumento dinamico, flessibile ed aggiornabile nel tempo.

Dall'analisi è emerso che i sistemi che generano le maggiori criticità sono: la tangenziale, i viali di circonvallazione (Viale Dalmazia, Via Defendente, Via Paolo Gorini, Viale Vignati, Viale Agnelli), il centro storico (via XX Settembre), le principali strade di scorrimento che attraversano l'urbanizzato (Viale Europa, Via Sant'Angelo, Via San Colombano, Viale Piacenza, Corso Mazzini, Via Cristoforo Colombo, Via Sforza, Via Cadamosto, Viale Milano, Via Cavallotti), la linea ferroviaria.

L'impostazione metodologica dello studio ha previsto lo sviluppo delle seguenti attività:

- aggiornamento della zonizzazione acustica del territorio comunale secondo le disposizioni del PGT e definizione di norme tecniche di accompagnamento alla zonizzazione acustica;
- sopralluoghi per individuazione della tipologia ed entità dei rumori presenti, incluse le sorgenti mobili, nelle zone da risanare e individuazione dei ricettori sensibili;
- elaborazione delle schede dei ricettori sensibili e individuazione dei soggetti a cui compete l'intervento;
- campagna di rilievi fonometrici, elaborazione ed analisi dei dati rilevati sul territorio;
- definizione delle aree di maggiore criticità;
- elaborazione del Piano comunale di risanamento acustico:
  - indicazioni di strategie e priorità di intervento (indicazione delle priorità, delle modalità e dei tempi per il risanamento);
  - stima di massima dei costi degli interventi prioritari a carico del Comune;
- indicazione delle eventuali misure cautelari e a carattere d'urgenza per la tutela dell'ambiente e della salute pubblica.

Non si tratta quindi di un piano statico che individua soltanto le situazioni di criticità ma uno strumento in cui vengono individuate e mantenute sotto controllo le situazioni critiche ed i possibili interventi.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	5 di 80



Comune di Lodi Italia S.r.l.

Piazza Broletto, 1 – 26900 Lodi (LO)

ZONIZZAZIONE ACUSTICA DEL TERRITORIO COMUNALE

PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO



## 2 TECNICI COMPETENTI IN ACUSTICA

Il gruppo di lavoro è composto dai seguenti tecnici competenti in acustica ambientale:

ing. Edoardo Galatola: Tecnico Competente in Acustica riconosciuto dalla Regione Lombardia con D.G.R. 1553/1998 ai sensi della Legge Quadro n. 447/1995, del D.P.C.M. 31/03/1998 e della D.G.R. n. 6/8945 del 9/02/1996.

ing. Paolo Zaneboni: Tecnico Competente in Acustica riconosciuto dalla Regione Lombardia con D.G.R. 221/2005 ai sensi della Legge Quadro n. 447/1995, del D.P.C.M. 31/03/1998 e della D.G.R. n. 6/8945 del 9/02/1996.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	6 di 80



### 3 INDIVIDUAZIONE RICETTORI SENSIBILI

Nella planimetria in Allegato 1 è riportato l'elenco di tutti i ricettori sensibili individuati.

### 4 ISTRUZIONI PER LA COMPILAZIONE DELLE SCHEDE DEI RICETTORI SENSIBILI

A seguito dell'individuazione dei ricettori sensibili, sono state predisposte in accordo agli uffici tecnici comunali, schede descrittive per ogni singolo ricettore. Di seguito si riporta il dettaglio di tutte le informazioni inserite.

#### PRIMA PAGINA: IDENTIFICAZIONE RICETTORE E DEFINIZIONE DELLA CRITICITÀ

##### TITOLO:

Indicare identificativo scheda ricettore. Si considerano solo ricettori, distinti tra ricettori sensibili (scuole, ospedali), ricettori residenziali esposti (da esposti o da sorgenti rilevanti: strade e ferrovie).

##### PRIMO QUADRANTE:

La fotografia aerea dell'area e l'indicazione della classificazione acustica consentono un'immediata visualizzazione del ricettore e un suo primo inquadramento acustico.

SECONDO QUADRANTE: (definizione dei limiti di immissione).

Il nome identifica il ricettore.

L'indirizzo deve definire in modo preciso il ricettore, mediante indicazione della via, del numero civico e della località.

I dati relativi alla collocazione urbanistica permettono di identificare l'eventuale presenza di interventi pianificatori nell'area (indicare in tal caso la presenza di altri strumenti attuativi).

È essenziale compilare la voce "competenza", per diversificare la stima delle priorità per i diversi interlocutori (pubblico: comune, provincia, regione, RFI; privato).

Dalla selezione della classificazione acustica vengono automaticamente individuati i limiti di immissione, di ambito diurno e di ambito notturno.

TERZO QUADRANTE: (definizione delle cause di criticità)

Se si è in presenza di criticità (caso in cui si ha la possibilità di compilare la seconda pagina della scheda), si deve specificare la tipologia di criticità riscontrata:

- Superamento limiti di classe (indicare quali sono le sorgenti sonore);
- Accostamento con salto di classe (Indicare la tipologia di classi contigue);
- Esistenza di esposti, segnalazioni agli Enti competenti, associazioni di cittadini, ecc. (Allegare esposti, indicare il numero di esposti).

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	7 di 80



**QUARTO QUADRANTE:**

È possibile arricchire la scheda con osservazioni sullo stato dell'edificio e informazioni su data di costruzione, ecc. desumibile da fascicolo del fabbricato o da altra documentazione disponibile.

La data di costruzione è in particolare necessaria per individuare la competenza per l'onere della realizzazione degli interventi nei casi di infrastrutture/strutture edilizie di recente realizzazione (titolare concessione edilizia/gestore infrastruttura).

**SECONDA PAGINA: INFORMAZIONI DI DETTAGLIO**

**PRIMO QUADRANTE:** (indicazione dei livelli sonori misurati/stimati)

Livelli sonori misurati/stimati: indicare i Livelli sonori misurati/stimati sulla base dei rilievi fonometrici di ARPA, di Sindar o di terzi. Gli indicatori dovrebbero essere espressi a 4 m di altezza sulla facciata più esposta, per omogeneità rispetto a parametri della direttiva europea 49/2002. Indicare il livello orario o il  $L_{eq}$  sul periodo di riferimento (diurno, ridotto alla mattina come orario di apertura, per le scuole, diurno e notturno per gli altri ricettori). In presenza di più rilievi successivi indicare il risultato dell'ultimo rilievo effettuato. Le misure sono da arrotondare come richiesto dal D.M. 16/03/1998.

Nell'ottica di rendere fruibili le schede anche per le misure effettuate in coerenza al D.Lgs. 19/2005 in recepimento della direttiva 49/2002 sul rumore ambientale, vengono indicati anche i livelli  $L_{den}$  relativi a misure effettuate nel periodo "day" dalle 06,00 alle 20,00 – "evening" alle 20,00 alle 22,00 – "night" dalle 22,00 alle 06,00. Quando saranno fissati i limiti di immissione in funzione di tali valori sarà possibile applicare anche la stima della criticità a questi nuovi parametri.

Valutazione dei livelli sonori misurati/stimati: indicare la scheda della misura che viene allegata alla documentazione. La scheda è in formato cartaceo e/o digitale non modificabile e non importabile nel database.

Caratteristiche della sorgente: selezionare la sorgente rilevante nell'area e indicare la distanza dal ricettore sulla base di quanto desumibile dalla tavola "Classificazione infrastrutture stradali e identificazione ricettori sensibili". L'ampiezza della fascia di pertinenza acustica stradale è definita ex D.P.R. 142/2004.

L'Entità del superamento viene calcolata dal limite diurno e dal limite notturno in presenza di misure di lungo periodo in ambiente esterno (24 ore). Il limite di immissione è  $L_{Aeq}$  valutato in facciata delle aule per le scuole o facciata più esposta per le abitazioni in ambito diurno, e  $L_{Aeq}$  in facciata delle camere da letto per abitazioni/ospedali/case di riposo in ambito notturno. Per i ricettori non omogenei (ex residenze con diversi piani) si considera il punto più esposto e quindi l'entità massima del superamento.

Per misure della durata di un'ora i valori misurati per ricettori non sensibili (residenza) andrebbero confrontati con i limiti di attenzione, vale a dire con i limiti di immissione aumentati come descritto nel D.P.C.M. 14/11/1997. In questa fase del Piano i ricettori di natura residenziale sono stati analizzati con misure di 24 ore, pertanto ci si riferisce ai limiti di immissione; per eventuali campagne di misura successive, destinate all'analisi di ulteriori ricettori residenziali, è stata tuttavia impostata la scheda in modo da tenere conto dei diversi limiti di legge in relazione alla durata dei rilievi fonometrici.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	8 di 80



Per i ricettori sensibili situati all'interno delle fasce di pertinenza stradale o ferroviaria valgono i limiti di 50 dB in ambito diurno e 40 dB in ambito notturno (anche in coerenza con le NTA della zonizzazione acustica), ovvero quelli definiti per le diverse categorie di ricettore per ambienti chiusi a finestre chiuse ("D.P.R. 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 - Art. 6 comma 2 Qualora i valori limite per le infrastrutture di cui al comma 1, ed i valori limite al di fuori della fascia di pertinenza, stabiliti nella tabella C del citato decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 14 novembre 1997, non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzii l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

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

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

c) 45 dB(A) Leq diurno per le scuole.

e comma 3: I valori di cui al comma 2 sono valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri dal pavimento").

SECONDO QUADRANTE: (indicazione dell'esposizione della popolazione)

La percentuale di popolazione esposta è definita sulla base della disponibilità di dati di popolazione sul territorio, ovvero per stima da osservazione diretta.

Il primo caso si applica per sorgenti sonore che riguardano rilevante porzione della popolazione urbana.

Il dato di popolazione sul territorio può essere disponibile a diversi livelli di dettaglio:

1. Comune: in questo caso si conosce il numero totale di abitanti per via, dal quale, nota la superficie, è possibile ricavare la densità abitativa comunale;
2. sotto-aree comunali (frazioni, quartieri, sezioni censuarie): anche in questo caso, nota la superficie della sotto area, è possibile calcolare la densità abitativa;
3. singola strada: per ciascuna via sul territorio è noto il numero totale di residenti;
4. numero civico: in questo caso è noto il numero di abitanti per ciascun numero civico;
5. edificio: si conosce posizione, forma, dimensione della costruzione e il numero di residenti.

In presenza di dati disponibili si stima la percentuale esposta sulla base della superficie coperta in relazione alla sorgente sonora.

In assenza di dati di popolazione sul territorio si fa riferimento a quanto indicato nella Direttiva Europea 49/2002, suddividendo in modo omogeneo la popolazione residente con la cubatura, senza particolari specificazioni ed eccezione delle scuole e degli ospedali, per le quali saranno disponibili i dati forniti dalle scuole stesse.

A tale fine si raccolgono i seguenti dati: altezza edificio, numero piani esposti, numero finestre/superficie finestre esposte, Numero di persone esposte (abitanti/utenti/alunni/posti letto).

Le informazioni da inserire successivamente vengono raccolte in fase di sopralluogo/esecuzione delle misure e possono essere anche poste in forma di questionario a direttori/presidi di scuole, istituti, ospedali, ... e desumibili dalla pianificazione urbanistica o direttamente fornite dal Comune (misure di mitigazione, importanza strategica dell'area).

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	9 di 80



**Gradi di disturbo:**

In presenza di rilievi fonometrici in ambiente chiuso è possibile compilare anche l'entità del superamento rispetto ai valori rappresentativi del disturbo (65 dB(A), 55 dB(A)). Tale parametro è indicato come significativo nella pubblicazione ANPA "Linee guida per l'elaborazione di piani comunali di risanamento acustico" Serie Linee Guida 1998 che richiama, per la definizione dello stesso, come desunto da: Bertoni D., Franchini A., Lambert J., Magnoni M., Tartoni PL., Vallet M. "Gli effetti del rumore dei sistemi di trasporto sulla popolazione" Pitagora Editrice, Bologna 1994.

**Misure di mitigazione:**

Indicare se nell'ambito della pianificazione comunale sono previste per l'area opere di mitigazione previste entro l'orizzonte temporale indicato come primo scenario (indicativamente 5 anni). Il dato serve in quanto in caso positivo è possibile considerare nella stima delle criticità il valore differenziale dal livello misurato detratto dell'efficacia dell'intervento e il livello obiettivo.

**TERZO QUADRANTE:**

Inserire eventuali note relative alle misure effettuate, alla situazione di trasformazione dell'area o a quanto non compreso in altri campi ma ritenuto utile per definire la caratteristica e la variabilità della situazione locale.

**QUARTO QUADRANTE:**

Inserire fotografie degli edifici e o dei ricettori.

**QUINTO QUADRANTE:**

Inserire la tipologia di intervento prescelta, con selezione tra quelli riportati nella seguente tabella e l'entità dell'intervento (dimensionamento di massima secondo il parametro utilizzato per il termine di costo); automaticamente vengono riempiti con un valore relativo al tipo di intervento selezionato il costo parametrico dell'intervento, l'efficacia, i tempi di realizzazione, il costo di manutenzione, costi aggiuntivi (progettazione, ...). Sono stati inclusi nelle schede solo gli interventi effettivamente realizzabili nel contesto dei ricettori individuati in questa prima fase di impostazione del piano di Risanamento. Il Piano è un elaborato "vivo", che deve essere interpretato come uno strumento in continua crescita e aggiornamento, pertanto la scheda e i suoi elementi sono comunque implementabili e possono pertanto essere inseriti i parametri relativi ad ulteriori tipologie di intervento, qualora si trovasse soluzioni alternative per nuovi ricettori.

È possibile modificare per inserimento diretto i dati, ad esempio l'efficacia dell'intervento se è disponibile dai risultati della modellizzazione.

ID	Intervento
1	Barriera antirumore standard (altezza 3 m)
2	Barriera antirumore standard (altezza 5,25 m)
3	Serramento fonoisolante standard
4	Asfalto fonoassorbente standard

Alla voce "Osservazioni" segnalare la presenza di eventuali problemi, vincoli o agevolazioni nella realizzazione degli interventi (presenza di interventi simili da completare, morfologia del terreno avversa, necessità di utilizzo di certi materiali, sporchevolezza, partecipazione privata ai costi o dalla disponibilità alla manutenzione da parte di privati ...) che non si monetizzano né concorrono a definire il valore dell'indice di fattibilità ma si intende segnalare per una maggiore caratterizzazione dell'intervento.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	10	di 80



## 5 DESCRIZIONE CAMPAGNA DI MISURE

Per la compilazione delle schede di criticità sono state eseguite misurazioni fonometriche presso i recettori sensibili individuati in accordo con gli uffici tecnici comunali competenti.

### 5.1 STRUMENTAZIONE DI MISURA

Le rilevazioni fonometriche sono state effettuate utilizzando la seguente strumentazione:

- fonometro integratore marca Larson Davis, modello 824 (n° di serie 1194) dotato di microfono a condensatore da 1/2" per campo libero Larson Davis modello 2541 (n° di serie 6762);
- fonometro integratore ONO SOKKI mod. LA 4350 (n° di serie 15200715) corredato da microfono a condensatore ONO SOKKI MI-1233 (n° di serie 20084);
- calibratore di livello acustico LARSON DAVIS mod. CAL200 (n° di serie 2995);
- cuffia controvento;
- asta telescopica di supporto per microfono;
- cavo di collegamento fonometro-microfono di lunghezza 10 mt.;
- cavalletto di supporto per fonometro.

Per il Larson Davis 824, i dati sono stati memorizzati direttamente nel fonometro e sono stati elaborati mediante software Noise & Vibration Works della società Lake View.

La strumentazione utilizzata è conforme agli standard EN 60651/1994 e 60804/1994 per strumenti in classe 1, come indicato nel D.M. 16/03/1998 « Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico ».


All'inizio e al termine delle singole sessioni di rilievi fonometrici si è proceduto a controllare il livello prodotto dal segnale di calibrazione emesso dal Calibratore LD-CAL200. In nessun caso la differenza tra i livelli misurati all'inizio e alla fine della sessione di misure ha superato i  $\pm 0,1$  dB(A). Ciò ci consente di affermare che durante tutta la sessione di misure non si sono verificati shock termici, elettrici, meccanici o di altra natura che abbiano alterato la fedeltà della catena strumentale e quindi di sostenere la validità delle misurazioni effettuate.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola	Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	11	di 80




## 5.2 CERTIFICATI DI TARATURA DELLA STRUMENTAZIONE

I fonometri ed il calibratore, sono stati tarati con esito positivo dalla società L.C.E. S.r.l. di Opera (MI), riconosciuta Servizio di Taratura (SIT) in Italia, centro n° 68/E, in data 03 marzo 2006.

**SIT SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA** 

Calibration Service in Italy

**CENTRO DI TARATURA 68E**  
Calibration Centre

 **L.C.E. S.r.l.**  
Via dei Platani n.7/9 - 20090 Opera (MI)  
Tel. 02-57602858, Fax. 02-57607234  
http://www.lce.it - info@lce.it

**ESTRATTO DEL CERTIFICATO DI TARATURA N.19050**


Data Certificato 03/03/2006  
Destinatario Sindar Srl


**Parametri ambientali**

	Di riferimento	Durante la misura
Temperatura (°C)	23.0	21.2
Umidità (%)	50.0	47.5
Pressione (hPa)	1013.3	996.2

**Catena di misura analizzata**


Strumento	Modello	Costruttore	Matricola
Fonometro	824	Larson & Davis	1194
Preamplificatore	PRM 902	Larson & Davis	1701
Microfono	2541	Larson & Davis	6762



**SIT SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA** 

Calibration Service in Italy

**CENTRO DI TARATURA 68E**  
Calibration Centre

 **L.C.E. S.r.l.**  
Via dei Platani n.7/9 - 20090 Opera (MI)  
Tel. 02-57602858, Fax. 02-57607234  
http://www.lce.it - info@lce.it

**ESTRATTO DEL CERTIFICATO DI TARATURA N.19051**


Data Certificato 03/03/2006  
Destinatario Sindar Srl


**Parametri ambientali**

	Di riferimento	Durante la misura
Temperatura (°C)	23.0	21.2
Umidità (%)	50.0	47.5
Pressione (hPa)	1013.3	996.2

**Catena di misura analizzata**


Strumento	Modello	Costruttore	Matricola
Calibratore	CAL 200	Larson & Davis	2595



**SIT SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA** 

Calibration Service in Italy

**CENTRO DI TARATURA 68E**  
Calibration Centre

 **L.C.E. S.r.l.**  
Via dei Platani n.7/9 - 20090 Opera (MI)  
Tel. 02-57602858, Fax. 02-57607234  
http://www.lce.it - info@lce.it

**ESTRATTO DEL CERTIFICATO DI TARATURA N.19052**


Data Certificato 03/03/2006  
Destinatario Sindar Srl

**Parametri ambientali**

	Di riferimento	Durante la misura
Temperatura (°C)	23.0	21.2
Umidità (%)	50.0	47.5
Pressione (hPa)	1013.3	996.2

**Catena di misura analizzata**

Strumento	Modello	Costruttore	Matricola
Fonometro	LA 4350	Oto Sokki	15200715
Preamplificatore		Oto Sokki	1813
Microfono	MI 1233	Oto Sokki	20084



Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	12 di 80



### 5.3 LOCALIZZAZIONE PUNTI DI MISURA

#### 5.3.1 PUNTI DI MISURA

I punti di misura sono stati scelti congiuntamente al personale tecnico degli uffici tecnici comunali e comunque in corrispondenza dei punti di maggior criticità, in particolare all'interno di molte scuole, della casa di cura S. Chiara, dell'ospedale e nei pressi di alcune zone considerate critiche come il sottopasso di Via San Colombano. La posizione dei punti di misura è riportata nella planimetria in Allegato 1.

I microfoni degli strumenti, muniti di cuffia antivento, sono stati posti ad un'altezza dal suolo di 4 metri e a distanza di almeno un metro da qualsiasi ostacolo verticale riflettente per le misure in ambiente esterno, per le misure in interno il microfono è stato posizionato così come definito dal D.M. 116/03/98.

In Allegato 5 sono riportati i riepiloghi ed i tracciati grafici delle misurazioni effettuate.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	13	di 80	



## 6 DEFINIZIONE DEGLI ALGORITMI DI CALCOLO DEGLI INDICI DI SOFFERENZA ACUSTICA, DI CRITICITÀ, DI PRIORITÀ

### 6.1 ESEMPI DI DEFINIZIONE DEGLI ALGORITMI E DEGLI INDICI DI CALCOLO

In letteratura sono disponibili diversi esempi nell'ambito della normativa nazionale, regionale, provinciale o comunale che attribuiscono un punteggio di priorità ottenuto dalla somma dei contributi relativi a tipologia di area, entità del superamento dei limiti acustici e popolazione esposta<sup>1</sup>.

#### 6.1.1 REGIONE PUGLIA

Si riporta a titolo indicativo l'esempio della Puglia: estratto dalla L.R. 12 febbraio 2002, n°3 (Art. 6).

#### Art. 6

##### (Interventi di risanamento acustico: criteri di priorità)

1. La Regione, ai fini dell'adozione del piano regionale degli interventi per il risanamento acustico, adotta i seguenti criteri di priorità con i conseguenti punteggi:
  - A. Interventi previsti nelle aree:
    - a) ospedaliere - punti 8;
    - b) scolastiche - punti 6;
    - c) particolarmente protette o prevalentemente residenziali - punti 5;
    - d) di tipo misto - punti 4;
    - e) di intensa attività umana - punti 3;
    - f) prevalentemente industriali - punti 2;
    - g) esclusivamente industriali - punti 1.
  - B. Interventi conseguenti a superamento del limite massimo di  $L_{eq}$  in dB(A) per ogni area:
    - a) superiori di 2 dB(A) - punti 1;
    - b) superiori di 4 dB(A) - punti 2;
    - c) superiori di 6 dB(A) - punti 3;
    - d) superiori di 8 dB(A) - punti 4;
    - e) superiori di 10 dB(A) - punti 5.
  - C. Interventi interessanti un numero di abitanti e/o utenti:
    - a) da 0 a 100 unità - punti 1;
    - b) da 101 a 1.000 unità - punti 2;
    - c) da 1.001 a 10.000 unità - punti 3;
    - d) da 10.001 a 50.000 unità - punti 4;
    - e) oltre 50.000 - punti 5.

<sup>1</sup> Regione Marche: DGR n°896 del 24/06/2003;  
Regione Lazio: L.R. 03 Agosto 2001, n. 18  
Regione Puglia: L.R. 12 febbraio 2002, n°3;  
Provincia Autonoma Trento: Delibera n. 99 del 19-01-2001;  
Regione Liguria: Legge Regionale n° 12 del 20/03/1998.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	14 di 80





### 6.1.2 PROVINCIA DI TRENTO

Criteri alternativi sono quelli proposti dalla Provincia di Trento (D.G.P. di Trento n. 99 del 19/01/01 Approvazione dei criteri per la programmazione degli interventi di realizzazione delle barriere antirumore lungo le strade statali e provinciali), dove popolazione e criticità sono fattori di un prodotto e non di una somma.

Individuato il tipo di strada e il limite sonoro ammesso, il livello di priorità (P) verrà attribuito secondo la seguente formula:

$$P = R_i * (L_{Mi} - L)$$

dove:

- $R_i$  è il coefficiente che rappresenta il rapporto tra il numero degli abitanti nell'area avente 100 metri di profondità dal confine stradale e la lunghezza della eventuale barriera che dovrà essere installata fino a 100 m a monte e a valle dell'ultimo edificio;
- $L_{Mi}$  rappresenta il livello di rumorosità notturno o diurno presente nella zona calcolato sulla base della seguente formula di Burgess:

$$L_{mi} = 55,5 + 10,2 \log F + 0,3p - 19,3 \log d$$

dove:

- $F$  indica il flusso veicolare, ossia il numero di veicoli all'ora, con riferimento all'ora di maggior transito diurna (dalle ore 07.00 alle 19.00) e notturna (dalle ore 19.00 alle 07.00);
  - $p$  rappresenta il valore della percentuale di veicoli pesanti nell'ora di maggior transito diurna o notturna;
  - $d$  la distanza in metri fra il centro della carreggiata laterale ed il punto di misura del livello di rumorosità;
- per l'applicazione della formula per il calcolo della priorità, tra il livello di rumorosità ( $L_{Mi}$ ) notturno e quello diurno, deve essere scelto quello il cui valore supera maggiormente il corrispondente limite di immissione sonora ammesso;
- $L$  rappresenta il limite di immissione sonora notturno o diurno in dB(A) ammesso, riportato nella tabella di cui sopra;

Al valore della priorità (P) come sopra determinato verrà aggiunto:

- il 30 % del punteggio stesso, qualora i privati diano l'autorizzazione ad installare le barriere su terreni di loro proprietà e si impegnino a provvedere alla manutenzione ordinaria e straordinaria delle barriere.
- una percentuale del punteggio stesso (P), pari alla quota percentuale della eventuale partecipazione del privato ai costi di acquisto ed installazione delle barriere antirumore.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	15	di 80



6.1.3 NORMATIVA NAZIONALE

Il criterio di moltiplicare l'entità della situazione di criticità per l'entità dell'esposizione ( $R_i$ ) è coerente con il criterio adottato a livello nazionale per la definizione delle priorità di intervento per il risanamento delle infrastrutture di trasporto (Decreto Ministero dell'ambiente 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").

Il grado di priorità degli interventi di risanamento all'interno dell'area A da risanare si ottiene:

$$\bigcup_{i=1}^n A_i = A$$

- 1) dalla suddivisione della area A in un insieme di aree  $A_i$  tali che  $\bigcup_{i=1}^n A_i = A$ ;
- 2) dall'individuazione del valore limite di immissione del rumore,  $L^*$ , per l'area  $A_i$ , con i seguenti criteri:
  - a) se l'area  $A_i$  è collocata all'esterno delle fasce di pertinenza o delle aree di rispetto, il valore limite di immissione  $L^*_{izona}$  è quello stabilito dalla zonizzazione;
  - b) se l'area  $A_i$  è collocata all'interno di fascia di pertinenza o area di rispetto di una singola infrastruttura, il valore  $L^*_{ifascia}$  del limite di immissione per quell'infrastruttura, è quello previsto dal decreto ad essa relativo; per le altre infrastrutture eventualmente concorrenti che contribuiscono al di fuori della propria fascia di pertinenza o area di rispetto, il valore  $L^*_{izona}$  del limite di immissione è quello stabilito dalla zonizzazione;
  - c) se l'area  $A_i$  è collocata in una zona di sovrapposizione di due o più fasce di pertinenza o aree di rispetto,  $L^*_{ifascia}$  è il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture;
- 3) dall'individuazione del valore numerico  $R_i$  relativo all'area  $A_i$ ;
- 4) dalla determinazione, tramite i decreti applicativi della legge n. 447/1995, del livello continuo equivalente di pressione sonora  $L_i$ , nel periodo di riferimento, approssimato all'unità, prodotto dalle infrastrutture nell'area  $A_i$ , attribuendo per ogni singolo edificio il valore valutato nel punto di maggiore criticità della facciata più esposta; la variabilità del livello  $L_i$ , all'interno di  $A_i$ , deve essere non superiore a 3 dB(A). Il valore da inserire nella (I) è il valore centrale dell'intervallo.

L'indice di priorità degli interventi di risanamento, P è dato da:

$$P = \sum R_i (L_i - L^*_i) \quad (I)$$

$$\text{Per } (L_i - L^*_i) < 0 \Rightarrow (L_i - L^*_i) = 0$$

Ai fini dell'applicazione della (I) da parte di infrastrutture diverse, il valore espresso in  $L_{VA}$  deve essere ricondotto a quello corrispondente espresso in  $L_{Aeq}$ .

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	16 di 80



Nel caso di cui al punto 2, lettera b), la somma (I) comprende tutti gli eventuali addendi del tipo:

$$R_i (L_i - L_{ifascia}^*) \text{ e } R_i (L_i - L_{izona}^*)$$
$$\text{Per } (L_i - L_{ifascia}^*) < 0 \Rightarrow (L_i - L_{izona}^*) = 0$$
$$\text{Per } (L_i - L_{izona}^*) < 0 \Rightarrow (L_i - L_{izona}^*) = 0$$

Ai fini del calcolo di P, per gli ospedali, le case di cura e di riposo, il numero  $R_i$  (totalità dei posti letto), deve essere moltiplicato per il coefficiente 4; per le scuole, il numero  $R_i$  (totalità degli alunni), deve essere moltiplicato per 3, per gli altri ricettori  $R_i$  è dato dal prodotto della superficie dell'area  $A_i$  per l'indice demografico statistico più aggiornato.

A parità di indice di priorità P, viene privilegiato l'intervento che consegue il valore maggiore della somma dei differenziali  $\sum (L_i - L_i^*)$ .

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	17 di 80



## 6.2 DEFINIZIONE DEGLI ALGORITMI E DEGLI INDICI DI CALCOLO

### 6.2.1 CALCOLO DELL'INDICE DI CRITICITÀ

Sulla base dell'analisi delle alternative applicate nei diversi contesti si propone l'algoritmo di calcolo descritto nel seguito.

L'indice di priorità viene definito come combinazione lineare di un indice di criticità e di un indice di sofferenza acustica, mantenuti distinti per l'ambito diurno e notturno. Tale prodotto viene associato a un indice di fattibilità, specifico per ogni intervento, per consentire al Comune di selezionare anche in funzione dei fattori economici e temporali le soluzioni dello scenario di intervento.

A partire dai parametri e dalle informazioni inserite nella prima parte della seconda pagina della scheda viene calcolato L'INDICE DI CRITICITÀ distinto nei due ambiti temporali (diurno e notturno) e secondo la tipologia di criticità nel seguente modo:

Superamento limiti di classe (formula 1)	Accostamento con salto di classe (formula 2)
$C_d = c_d$ se $(L_m - L_i)_d > 0$ , altrimenti $C_d = 0$	$C_d = t * c_d$ se $(L_m - L_i)_d > 0$ , altrimenti $C_d = 0$
$C_n = c_n$ se $(L_m - L_i)_n > 0$ , altrimenti $C_n = 0$	$C_n = t * c_n$ se $(L_m - L_i)_n > 0$ , altrimenti $C_n = 0$

In caso di presenza di diverse sorgenti, si considera la sorgente più rilevante nell'area, in particolare rispetto all'esposizione del ricettore sensibile analizzato.

$c_i$  sono i coefficienti da associare a ogni situazione di criticità riscontrata per le diverse sorgenti che possono insistere su un'area.  $c_i$  si valuta secondo la seguente tabella  $c_i / (L_m - L_i)$ , dove  $L_m$  è il valore desumibile dai rilievi fonometrici e  $L_i$  è il valore obiettivo (valore limite di classe – immissione o attenzione - ovvero valore limite di qualità). In caso di ricettori estesi, in cui è apprezzabile la variazione dei livelli sonori di esposizione, si considera il massimo dei valori riscontrati (in facciata di ricettori residenziali, all'interno delle aule delle scuole o all'interno delle camere di degenza negli ospedali, ...).

Entità del superamento $L_m - L_i$ (fissa per tutte le sorgenti)	Punteggio ambito diurno e notturno $C_d$ e $C_n$
0	1
1	1,5
2	2
3	2,5
4	3,2
5	4
6	6,3
7	7,4
8	8
9	8

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	18	di 80



I coefficienti t invece tengono conto della tipologia di accostamento di classi secondo la seguente tabella:

valore di t	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Classe 1	1,2	1,3	1,4	1,4
Classe 2	1	1,1	1,2	1,2
Classe 3	1	1	1,1	1,2
Classe 4	1	1	1	1,2

Se sono presenti le due categorie di criticità si considera automaticamente come più critica la situazione di salto di classe, sempre ottenendo un valore distinto per l'ambito diurno e per l'ambito notturno.

#### 6.2.2 CALCOLO DELL'INDICE DI SOFFERENZA ACUSTICA

A partire dai parametri e dalle informazioni inserite nella seconda parte della seconda pagina della scheda viene calcolato l'INDICE DI SOFFERENZA ACUSTICA, nel seguente modo:

$$S_d = p_d * \text{popolazione esposta} * (1 + a * G_d)$$

$$S_n = p_n * \text{popolazione esposta} * (1 + a * G_n)$$

Il coefficiente della popolazione esposta  $p_{d/n}$ , viene scelto mediante la seguente tabella:

Tipologia ricettore	Punteggio diurno $p_d$	Punteggio notturno $p_n$
Aree ospedaliere	8	8
Aree scolastiche	6	0
Aree prevalentemente residenziali	5	5
Aree miste	4	4
Aree di intensa attività umana	3	4
Aree prevalentemente industriali	2	2
Aree esclusivamente industriali	1	0

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	19	di 80	



La popolazione esposta viene considerata secondo un parametro associato a una classe e non come valore assoluto. Si segue la seguente tabella.

Fascia di entità della popolazione	Popolazione esposta
0	0
1 – 20	1
21 – 50	1,5
51 – 100	2
101 – 250	2,5
251 – 500	3
501 – 1.000	4
1.001 – 2.000	5
2.001 – 5.000	7
5.001 – 10.000	10
10.001 – 25.000	13
25.001 – 50.000	14

Il termine S viene calibrato sulla base dei seguenti parametri:

Gd - Grado di disturbo (Entità del superamento di 65 dB(A) in ambito diurno, Entità del superamento di 55 dB(A) in ambito notturno se sono disponibili misure in ambiente interno), proporzionale all'entità del disturbo (valutare i coefficienti in funzione dei delta riscontrati).

Il valore del coefficiente a è stato definito pari a 5 sulla base del grado di disturbo (per enfatizzare le situazioni di forte inquinamento).

### 6.2.3 CALCOLO DELL'INDICE DI PRIORITÀ

A partire dai due indici calcolati viene elaborato l'INDICE DI PRIORITÀ, che quantifica la situazione di rischio nel seguente modo.

$$P = S_d * C_d + S_n * C_n$$

Nel caso di aree critiche e non di singoli ricettori sensibili si considera la combinazione lineare degli indici di criticità e sofferenza dei diversi ricettori presenti nell'area, sottoposti a diversi livelli di pressione sonora.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	20	di 80



## 7 INDIVIDUAZIONE SITUAZIONI DI CRITICITÀ E REVISIONE ELENCO RICETTORI SENSIBILI

Sulla base dei risultati della campagna di misure è stato possibile individuare quali fossero i punti di maggiore criticità e inserire nell'elenco dei ricettori per i quali stimare l'indice di priorità di intervento anche alcune realtà residenziali. I rilievi fonometrici sono stati effettuati in singoli punti, pertanto per la stima diffusa dei livelli di pressione sonora è stato utilizzato un modello matematico tridimensionale, implementato da due diversi software di modellizzazione (si veda l'Allegato 6).

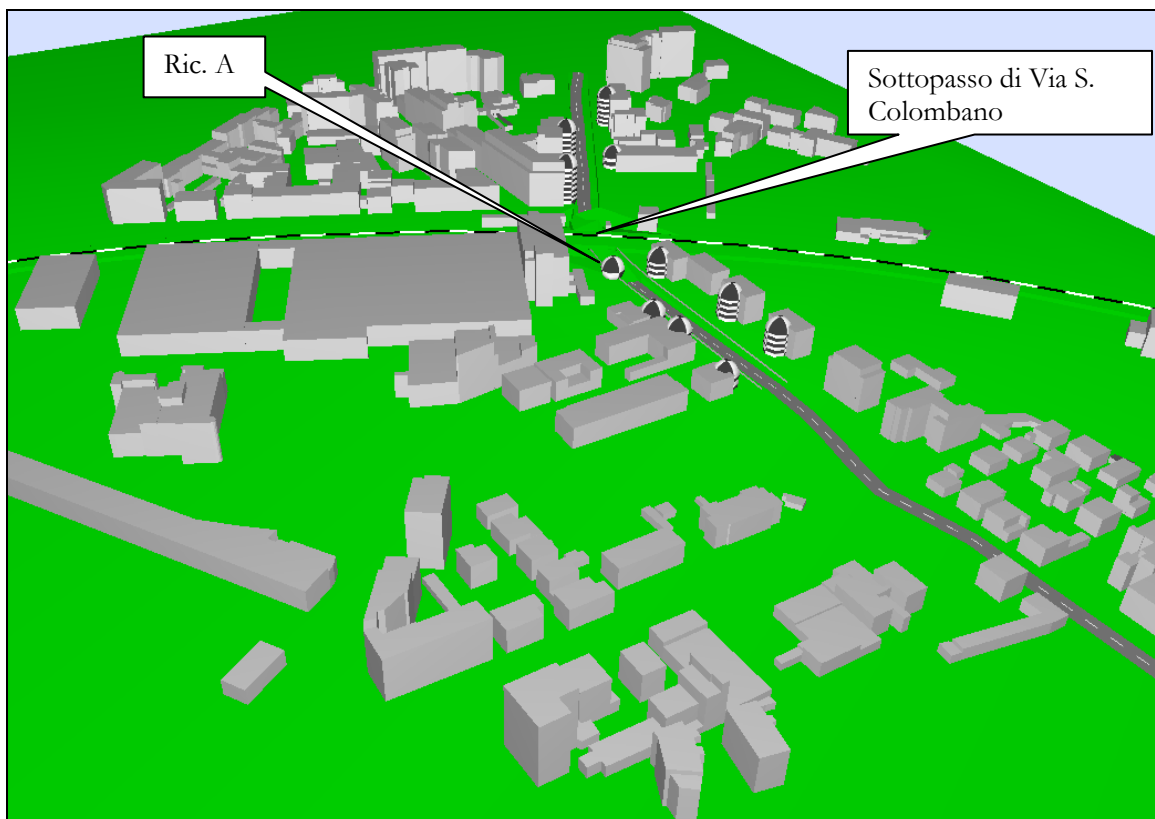
Il *noise mapping* consiste nel calcolo e la stima della distribuzione dei livelli sonori sul territorio basandosi sulla propagazione del rumore in ambiente esterno tenendo conto delle caratteristiche delle sorgenti di rumore, della morfologia del terreno, e della geometria degli edifici e/o ostacoli che schermano e/o riflettono le onde sonore. I risultati delle previsioni acustiche vengono tradotte attraverso la restituzione grafica di mappe di rumore che vengono colorate secondo standard predefiniti.

L'analisi condotta attraverso l'uso di un software previsionale consente un'adeguata rappresentazione tridimensionale della complessità del contesto che si sta analizzando, fattore fondamentale nella caratterizzazione della propagazione dell'onda sonora dalle sorgenti ai ricettori.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	21	di 80

### 7.1 RICETTORI LUNGO IL SOTTOPASSO DI VIA SAN COLOMBANO

Nell'immagine che segue, riportiamo la rappresentazione tridimensionale del modello CADNA-A, in cui è evidenziato con un fumetto il punto di misura utilizzato per la taratura del modello e mediante triangoli i punti considerati come ricettori per la stima dei livelli sonori in facciata.



Nel modello sono stati inseriti i ricettori sensibili scelti come maggiormente esposti alle emissioni sonore provenienti dal traffico veicolare che transita nel sottopassaggio di Via S. Colombano e tutti gli edifici compresi in una porzione di territorio sufficiente a considerare i fenomeni di rifrazione e riflessione delle onde sonore.

Per ricreare lo scenario acustico attuale, nel modello sono state inserite una sorgente di tipo “strada” in corrispondenza di Via S. Colombano, e una sorgente di tipo “ferrovia”.

Nel modello, non sono state inserite altre sorgenti se non quelle strettamente influenti sui punti utilizzati per la taratura e sui ricettori sensibili scelti; questo poiché le altre sorgenti sonore possono essere considerate minori e comunque si è ritenuto di concentrare l'analisi solo sulle sorgenti sonore sulle quali si intende intervenire.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	22	di 80



Per la taratura del modello corrispondente allo stato attuale, è stato inserito un punto di ricezione (A) corrispondente alle posizioni e all'altezza (4 m) del microfono durante le misure in sito, esposto alla rumorosità di entrambe le infrastrutture, e un punto B situato altrove, ma esposto esclusivamente al traffico ferroviario.

Le misure in sito hanno fornito i seguenti valori di Leq nel periodo diurno e notturno nei due punti di indagine, depurati dei fenomeni di disturbo accertati durante le misure.

## PERIODO DIURNO (06.00 – 22.00)

Punti di misura	Sorgente	Distanza da sorgente	Leq
A	Via San Colombano + ferrovia	3 m	73,8 dB(A)
B	Ferrovia	70 m	62,6 dB(A)

## PERIODO NOTTURNO (22.00 – 06.00)

Punti di misura	Sorgente	Distanza da sorgente	Leq
A	Via San Colombano + ferrovia	3 m	67,9 dB(A)
B	Ferrovia	70 m	63,2 dB(A)

Alla sorgente strada è stato assegnato un numero di veicoli/h, suddiviso in leggeri e pesanti, dedotto per integrazione e confronto dalla letteratura disponibile<sup>2</sup>; alla sorgente ferroviaria sono state assegnate un numero di passaggi, lo stato dei binari e dei convogli tali da fornire risultati coerenti con i livelli di pressione sonora rilevati nel punto B.

Le ipotesi iniziali fatte sono state modificate in successivi passaggi, in modo da tarare il modello rispetto ai livelli acustici misurati nel punto A.

Il modello si considera tarato quando i valori di calcolo del modello al ricevitore ausiliario A coincide con i livelli di rumore ambientale nel periodo (si considera accettabile una differenza inferiore alla precisione dello strumento, assimilata all'approssimazione di 0,5 dB richiesta dal DM 16/03/98).

Tarato il modello, è possibile ricavare i livelli in corrispondenza delle facciate dei ricettori di progetto. In particolare, gli scenari di inquinamento acustico attuale, rispettivamente in ambito diurno e notturno, sono sintetizzati nei livelli di pressione sonora individuati ai diversi piani in facciata ai ricettori selezionati come rappresentativi.

<sup>2</sup> Provincia di Lodi – Settore Viabilità e Trasporti dati dal 10/7/2007 al 21/7/2007; Comune di Lodi – Piano urbano della Mobilità dati marzo-aprile 2003.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola	Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	23	di 80





Ricettore	N° piani	Classe
RIC 01 - RESIDENZIALE	6 F.T.	CLASSE IV - AREE DI INTENSA ATTIVITÀ UMANA
RIC 02 - RESIDENZIALE	2 F.T.	CLASSE IV - AREE DI INTENSA ATTIVITÀ UMANA
RIC 03 - RESIDENZIALE	8 F.T.	CLASSE IV - AREE DI INTENSA ATTIVITÀ UMANA
RIC 04 - RESIDENZIALE	7 F.T.	CLASSE IV - AREE DI INTENSA ATTIVITÀ UMANA
RIC 05 - RESIDENZIALE	3 F.T.	CLASSE IV - AREE DI INTENSA ATTIVITÀ UMANA
RIC 06 - RESIDENZIALE	4 F.T.	CLASSE IV - AREE DI INTENSA ATTIVITÀ UMANA
RIC 07 - RESIDENZIALE	4 F.T.	CLASSE IV - AREE DI INTENSA ATTIVITÀ UMANA
RIC 08 - SCUOLA	2 F.T.	CLASSE II - AREE PREVALENTEMENTE RESIDENZIALI
RIC 09 - SCUOLA	3 F.T.	CLASSE II - AREE PREVALENTEMENTE RESIDENZIALI
RIC 10 - RESIDENZIALE	2 F.T.	CLASSE IV - AREE DI INTENSA ATTIVITÀ UMANA

I ricettori relativi all'edificio uffici in prossimità del punto A non sono stati considerati, in quanto non è stato possibile stimare l'entità della relativa popolazione. In ogni caso si evidenzia che non sono né ricettori sensibili né sono soggetti a rumorosità in ambito notturno.

Nell'immagine che segue, riportiamo la mappa dei ricettori presso i quali è stata condotta l'analisi. Il modello tridimensionale comprende gli edifici che possono influenzare, fingendo da ostacolo alla propagazione del suono, il campo sonoro generato dalla strada e dalla ferrovia. È stato scelto pertanto di non considerare edifici oltre la seconda schiera dalla strada.

Gli edifici più lontani pertanto nel modello sono stati inseriti con quota relativa, rispetto al piano campagna, nulla. Nella figura seguente pertanto si vedono tracciati solo i contorni, mentre gli edifici con quota non nulla sono evidenziati in grigio.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola	Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	24 di 80



Nelle tabelle che seguono riportiamo i risultati della modellizzazione relativa rispettivamente al periodo diurno e notturno per tutti i ricettori esaminati.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	25	di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di fatto	Confronto con i limiti acustici		
01	Ric 01 EG	1,8 m	68,6	> 65 dBA	
	Ric 01 1.OG	4,5 m	71,7	> 65 dBA	
	Ric 01 2.OG	7,3 m	71,6	> 65 dBA	
	Ric 01 3.OG	10,5 m	71,2	> 65 dBA	
	Ric 01 4.OG	13,5 m	70,8	> 65 dBA	
	Ric 01 5.OG	16,5 m	70,4	> 65 dBA	
02	Ric 02 EG	2 m	64,9	≤ 65 dBA	
	Ric 02 1.OG	6 m	70,9	> 65 dBA	
03	Ric 03 EG	1,8 m	67,0	> 65 dBA	
	Ric 03 1.OG	4,5 m	71,9	> 65 dBA	
	Ric 03 2.OG	7,5 m	72,8	> 65 dBA	
	Ric 03 3.OG	10,5 m	72,3	> 65 dBA	
	Ric 03 4.OG	13,5 m	71,8	> 65 dBA	
	Ric 03 5.OG	16,5 m	71,3	> 65 dBA	
	Ric 03 6.OG	19,5 m	70,8	> 65 dBA	
	Ric 03 7.OG	22,5 m	70,4	> 65 dBA	
04	Ric 04 EG	1,8 m	66,2	> 65 dBA	
	Ric 04 1.OG	4,5 m	71,3	> 65 dBA	
	Ric 04 2.OG	7,5 m	71,7	> 65 dBA	
	Ric 04 3.OG	10,5 m	71,2	> 65 dBA	
	Ric 04 4.OG	13,5 m	70,7	> 65 dBA	
	Ric 04 5.OG	16,5 m	70,4	> 65 dBA	
05	Ric 04 6.OG	19,5 m	69,9	> 65 dBA	
	Ric 05 EG	1,8 m	64,7	≤ 65 dBA	
	Ric 05 1.OG	4,8 m	70,5	> 65 dBA	
	Ric 05 2.OG	7,8 m	72,3	> 65 dBA	
	06	Ric 06 EG	1,8 m	65,4	> 65 dBA
		Ric 06 1.OG	4,8 m	69,8	> 65 dBA
Ric 06 2.OG		7,8 m	72,3	> 65 dBA	
Ric 06 3.OG		10,8 m	72,6	> 65 dBA	
07	Ric 07 EG	1,8 m	68,4	> 65 dBA	
	Ric 07 1.OG	4,8 m	72,3	> 65 dBA	
	Ric 07 2.OG	7,8 m	73,4	> 65 dBA	
	Ric 07 3.OG	10,8 m	73,2	> 65 dBA	
08	Ric 08 EG	1,8 m	70,6	> 55 dBA	
	Ric 08 1.OG	5,8 m	73,3	> 55 dBA	
09	Ric 09 EG	1,8 m	67,3	> 55 dBA	
	Ric 09 1.OG	4,8 m	70,9	> 55 dBA	
	Ric 09 2.OG	7,8 m	72,8	> 55 dBA	
10	Ric 10 EG	1,8 m	66,0	> 65 dBA	
	Ric 10 1.OG	4,8 m	70,3	> 65 dBA	

Tabella 1 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di fatto

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	26	di 80	



Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di fatto	Confronto con i limiti acustici		
01	Ric 01 EG	1,8 m	62,4	> 55 dBA	
	Ric 01 1.OG	4,5 m	65,4	> 55 dBA	
	Ric 01 2.OG	7,3 m	65,3	> 55 dBA	
	Ric 01 3.OG	10,5 m	64,9	> 55 dBA	
	Ric 01 4.OG	13,5 m	64,6	> 55 dBA	
	Ric 01 5.OG	16,5 m	64,2	> 55 dBA	
02	Ric 02 EG	2 m	59,1	> 55 dBA	
	Ric 02 1.OG	6 m	64,7	> 55 dBA	
03	Ric 03 EG	1,8 m	61,1	> 55 dBA	
	Ric 03 1.OG	4,5 m	65,7	> 55 dBA	
	Ric 03 2.OG	7,5 m	66,6	> 55 dBA	
	Ric 03 3.OG	10,5 m	66,2	> 55 dBA	
	Ric 03 4.OG	13,5 m	65,7	> 55 dBA	
	Ric 03 5.OG	16,5 m	65,2	> 55 dBA	
	Ric 03 6.OG	19,5 m	64,7	> 55 dBA	
	Ric 03 7.OG	22,5 m	64,3	> 55 dBA	
04	Ric 04 EG	1,8 m	61,2	> 55 dBA	
	Ric 04 1.OG	4,5 m	65,6	> 55 dBA	
	Ric 04 2.OG	7,5 m	65,9	> 55 dBA	
	Ric 04 3.OG	10,5 m	65,5	> 55 dBA	
	Ric 04 4.OG	13,5 m	65,1	> 55 dBA	
	Ric 04 5.OG	16,5 m	64,7	> 55 dBA	
Ric 04 6.OG	19,5 m	64,4	> 55 dBA		
05	Ric 05 EG	1,8 m	61,2	> 55 dBA	
	Ric 05 1.OG	4,8 m	64,3	> 55 dBA	
	Ric 05 2.OG	7,8 m	65,9	> 55 dBA	
06	Ric 06 EG	1,8 m	59,5	> 55 dBA	
	Ric 06 1.OG	4,8 m	63,2	> 55 dBA	
	Ric 06 2.OG	7,8 m	65,6	> 55 dBA	
	Ric 06 3.OG	10,8 m	65,9	> 55 dBA	
07	Ric 07 EG	1,8 m	62,1	> 55 dBA	
	Ric 07 1.OG	4,8 m	65,6	> 55 dBA	
	Ric 07 2.OG	7,8 m	66,6	> 55 dBA	
	Ric 07 3.OG	10,8 m	66,4	> 55 dBA	
08	Ric 08 EG	1,8 m	64,1	Per le scuole è stato valutato solo il periodo diurno	
	Ric 08 1.OG	5,8 m	66,6		
09	Ric 09 EG	1,8 m	61,3		
	Ric 09 1.OG	4,8 m	64,3		
	Ric 09 2.OG	7,8 m	66,2		
10	Ric 10 EG	1,8 m	60,3		> 55 dBA
	Ric 10 1.OG	4,8 m	63,9		> 55 dBA

Tabella 2 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito notturno - Stato di fatto

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	27 di 80



Comune di Lodi Italia S.r.l.

Piazza Broletto, 1 – 26900 Lodi (LO)

ZONIZZAZIONE ACUSTICA DEL TERRITORIO COMUNALE

PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO



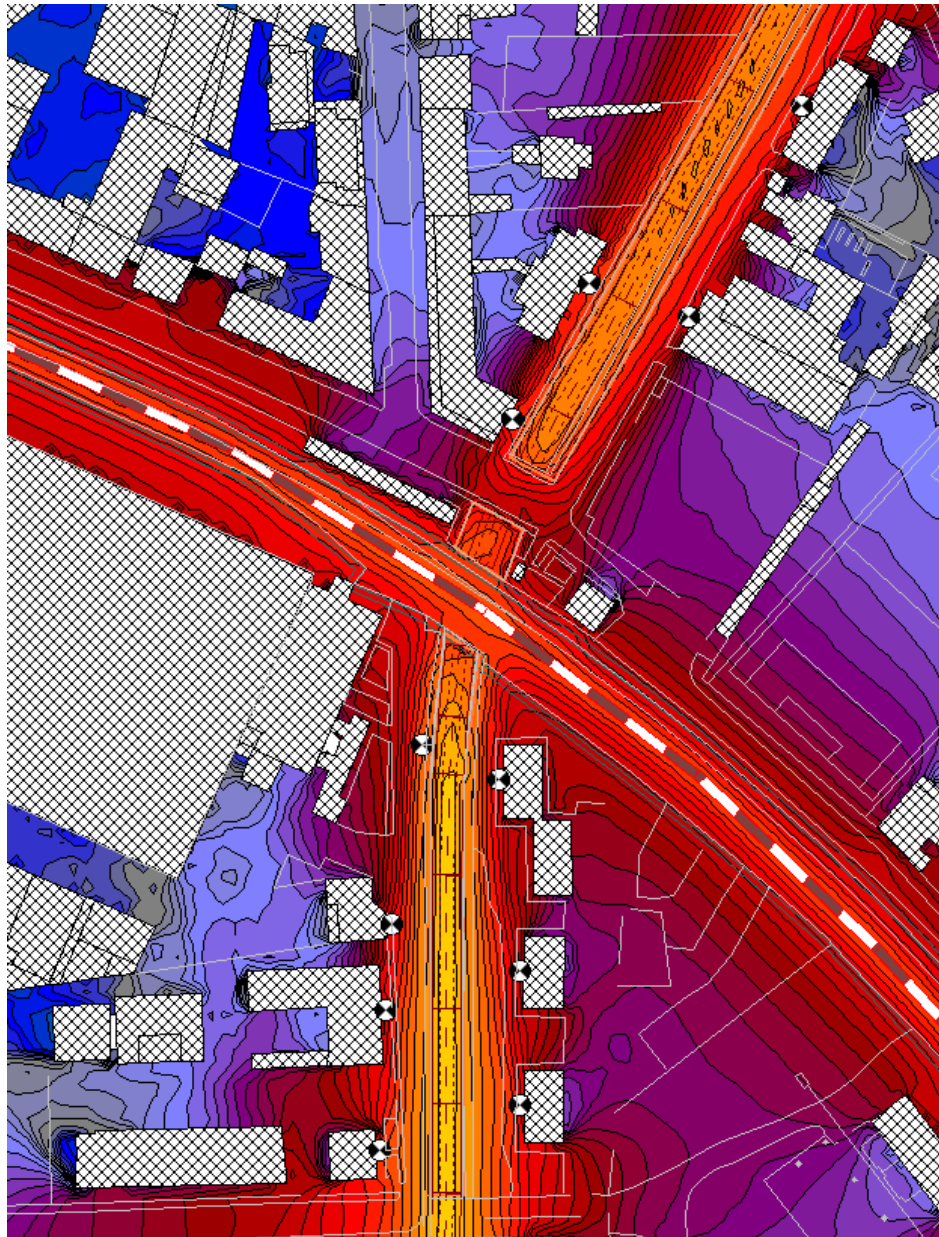
Si segnala un superamento massimo dei valori limite di legge di 8 dB in ambito diurno e di 11,6 dB in ambito notturno. Con un'unica eccezione, per i piani superiori al piano terra il superamento dei limiti di legge è sempre superiore ai 5 dB in ambito diurno e addirittura per l'ambito notturno anche a piano terra.

Per i ricettori scolastici, contraddistinti da limiti di legge particolarmente bassi, si hanno superamenti anche superiori ai 18 dB; pertanto si evidenzia che sarà necessario sostituire i serramenti dei locali con fruizione effettivamente didattica. Nella tabella relativa all'ambito notturno la linea blu del limite di legge si interrompe in quanto di notte la scuola non è generalmente utilizzata, ad eccezione del caso della scuola di Via Papa Giovanni XXIII, I.T.I.S. A. Volta.

La figura seguente riporta la mappatura dello scenario attuale di clima acustico in ambito diurno proiettata su un piano orizzontale a quota 4,5 m dal piano campagna.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	28	di 80	





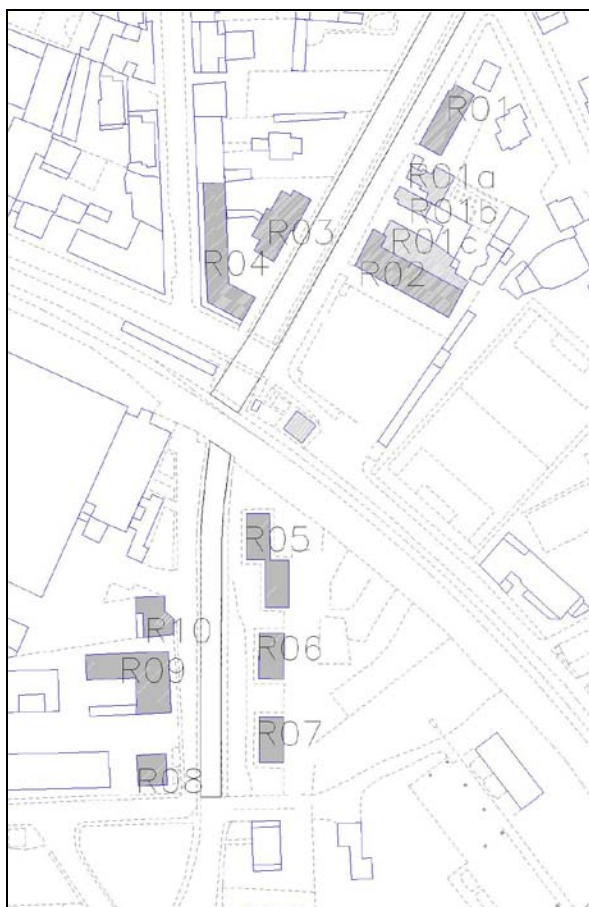
Dall'analisi della mappatura sul piano orizzontale ottenuta è possibile estendere agli altri ricettori omogenei le caratteristiche di inquinamento acustico riscontrate.

I ricettori considerati sono pertanto quelli indicati nella figura seguente, sottoposti a livelli di pressione sonora in facciata superiori al limite di classe in ambito diurno (classe IV – 65 dB(A)).

Nella figura seguente, in grigio più chiaro sono stati indicati i ricettori che non sono stati inseriti nell'impostazione iniziale della modellizzazione (R01a, b, c) in quanto assimilabili ad altri ricettori simili per localizzazione e tipologia (R 01).

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	29 di 80

PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO



La tabella seguente riporta le stime dei massimi valori di rumorosità associati alla facciata dei diversi ricettori individuati, i valori sono stati ricavati arrotondando secondo le indicazioni del D.M. 16/03/98 i valori riportati nelle tabelle delle figure precedenti e considerando il piano più esposto al traffico stradale. Tali livelli sono poi quelli che saranno considerati per la definizione dell'indice di criticità dell'area, e quindi dell'indice di priorità.

Ricettori residenziali	Max L <sub>p</sub> in ambito diurno [dB(A)]	Max L <sub>p</sub> in ambito notturno [dB(A)]
RIC 01	71,5	69,5
RIC 01a	71,0	69,0
RIC 01b	71,0	69,0
RIC 01c	71,0	69,0
RIC 02	71,0	69,0
RIC 03	73,0	70,5
RIC 04	71,5	70,0
RIC 05	72,5	70,5
RIC 06	72,5	70,5
RIC 07	73,5	71,5
RIC 08	73,5	71,0
RIC 09	73,0	71,0
RIC 10	70,5	68,5

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	30	di 80



In mancanza di informazioni specifiche rispetto all'entità della popolazione residente nei condomini situati lungo via san Colombano ne è stata effettuata una stima sulla base delle seguenti ipotesi:

- popolazione uniformemente distribuita sul territorio e all'interno dei condomini nei vari piani;
- popolazione distribuita secondo il criterio di disponibilità di 100 mc<sup>3</sup> di residenza per ogni abitante (comprensiva di parti comuni dell'edificio: cantine, solai, vani scala, locali tecnici, ...);
- altezza dei piani imposta pari a 3 m.

Nelle tabelle e nelle figure seguenti si riportano i valori di popolazione stimati per ogni ricettore.

Sottopasso di via San Colombano:

Ricettori residenziali	N° piani fuori terra	Superficie in pianta [mq]	Volumetria stimata [mc]	Popolazione residente complessiva
RIC 01	6	295	5310	53
RIC 01a	5	176	2640	26
RIC 01b	2	99	594	6
RIC 01c	3	404	3636	36
RIC 02	2	584	3504	35
RIC 03	8	366	8784	88
RIC 04	7	582	12222	122
RIC 05	3	390	3510	35
RIC 06	4	202	2424	24
RIC 07	4	192	2304	23
RIC 10	2	198	1188	12

<sup>3</sup> L.R. 5/7/1975 n. 51 art. 19B, il criterio è sembrato coerente anche con quanto indicato nel Regolamento edilizio del Comune di Lodi, in relazione alla superficie minima individuale.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola	Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	31	di 80



**7.2 SCUOLA MATERNA STATALE “DON GNOCCHI” - VIA MADRE CABRINI, 22**

Si riportano nelle tabelle seguenti i risultati delle simulazioni acustiche effettuate nel punto di misura P (H = 4,5 m) e nei punti ricettori R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7 posizionati al piano terra dell'edificio scolastico (H = 1,5 m) e al primo piano (H = 4,5 m). Le tabelle riportano anche la relativa valutazione di conformità ai limiti acustici di legge. Sono state analizzate le seguenti situazioni:

## 1. Ambito diurno - Stato di fatto.

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di fatto (senza barriera acustica)	Confronto con i limiti acustici della Classe II
P	4,5 m	59,0 dBA	> 55 dBA
R1A	3,5 m	58,0 dBA	> 55 dBA
R1B	4,5 m	58,0 dBA	> 55 dBA
R2A	3,5 m	54,0 dBA	≤ 55 dBA
R2B	4,5 m	54,0 dBA	≤ 55 dBA
R3A	3,5 m	53,0 dBA	≤ 55 dBA
R3B	4,5 m	53,0 dBA	≤ 55 dBA
R4A	3,5 m	56,5 dBA	> 55 dBA
R4B	4,5 m	56,5 dBA	> 55 dBA
R5A	3,5 m	54,0 dBA	≤ 55 dBA
R5B	4,5 m	54,0 dBA	≤ 55 dBA
R6A	3,5 m	50,0 dBA	≤ 55 dBA
R6B	4,5 m	50,0 dBA	≤ 55 dBA
R7A	3,5 m	48,5 dBA	≤ 55 dBA
R7B	4,5 m	48,5 dBA	≤ 55 dBA

**Tabella 3 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di fatto**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	32	di 80



### 7.3 SCUOLA MATERNA STATALE “CAMPO MARTE” - VIA CAMPO MARTE

Si riportano nelle tabelle seguenti i risultati delle simulazioni acustiche effettuate nel punto di misura P (H = 3 m) e nei punti ricettori R1, R2 e R3 posizionati al piano rialzato dell'edificio scolastico (H = 3 m) e in giardino (H = 1 m). Le tabelle riportano anche la relativa valutazione di conformità ai limiti acustici di legge. Sono state analizzate le seguenti situazioni:

1. Ambito diurno - Stato di fatto.

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di fatto (senza barriera acustica)	Confronto con i limiti acustici della Classe II
P	3 m	61,5 dBA	> 55 dBA
R1	3 m	59,0 dBA	> 55 dBA
R2	3 m	58,5 dBA	> 55 dBA
R3	1 m	60,0 dBA	> 55 dBA

Tabella 4 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di fatto

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	33	di 80	

**7.4 SCUOLA MEDIA INFERIORE STATALE “DON MILANI” - VIA SALVEMINI, 1**

Si riportano nelle tabelle seguenti i risultati delle simulazioni acustiche effettuate nel punto di misura P (H = 7,5 m) e nei punti ricettori R1, R2, R3, R4, R5 e R6 posizionati al piano terra dell'edificio scolastico (H = 1,5 m), al primo piano (H = 4,5 m) e al secondo piano (H = 7,5 m). Le tabelle riportano anche la relativa valutazione di conformità ai limiti acustici di legge. Sono state analizzate le seguenti situazioni:

## 1. Ambito diurno - Stato di fatto.

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato Stato di fatto (senza barriera acustica)	Confronto con i limiti acustici della Classe II
P	7,5 m	59,5 dBA	> 55 dBA
R1A	1,5 m	59,5 dBA	> 55 dBA
R1B	4,5 m	59,5 dBA	> 55 dBA
R1C	7,5 m	59,5 dBA	> 55 dBA
R2A	1,5 m	57,0 dBA	> 55 dBA
R2B	4,5 m	57,0 dBA	> 55 dBA
R2C	7,5 m	56,5 dBA	> 55 dBA
R3A	1,5 m	57,0 dBA	> 55 dBA
R3B	4,5 m	57,0 dBA	> 55 dBA
R3C	7,5 m	57,0 dBA	> 55 dBA
R4A	1,5 m	57,5 dBA	> 55 dBA
R4B	4,5 m	57,5 dBA	> 55 dBA
R4C	7,5 m	57,0 dBA	> 55 dBA
R5A	1,5 m	50,5 dBA	≤ 55 dBA
R5B	4,5 m	52,0 dBA	≤ 55 dBA
R5C	7,5 m	52,0 dBA	≤ 55 dBA
R6A	1,5 m	50,0 dBA	≤ 55 dBA
R6B	4,5 m	50,0 dBA	≤ 55 dBA
R6C	7,5 m	50,0 dBA	≤ 55 dBA

Tabella 5 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di fatto

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	34	di 80	


**7.5 EDIFICI RESIDENZIALI DI LOCALITÀ CASCINA SECONDINA - VIA EMILIA (TANGENZIALE)**

Si riportano nelle tabelle seguenti i risultati delle simulazioni acustiche effettuate nel punto di misura P (H = 4 m) e nei punti ricettori R1, R2, R3, R4, R5 e R6 posizionati al piano terra degli edifici residenziali (H = 1,5 m) e al primo piano (H = 4,5 m). Le tabelle riportano anche la relativa valutazione di conformità ai limiti acustici di legge. Sono state analizzate le seguenti situazioni:

1. Ambito diurno - Stato di fatto.
2. Ambito notturno - Stato di fatto.

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato Stato di fatto (senza barriera acustica) Ambito diurno	Confronto con i limiti acustici della Classe IV	Confronto con i limiti acustici della fascia A per strada tipo Ca ex D.P.R. 30/03/2004, n. 142
P	4 m	65,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R1A	1,5 m	67,0 dBA	> 65 dBA	≤ 70 dBA
R1B	4,5 m	67,0 dBA	> 65 dBA	≤ 70 dBA
R2A	1,5 m	66,5 dBA	> 65 dBA	≤ 70 dBA
R2B	4,5 m	66,5 dBA	> 65 dBA	≤ 70 dBA
R3A	1,5 m	67,0 dBA	> 65 dBA	≤ 70 dBA
R3B	4,5 m	67,0 dBA	> 65 dBA	≤ 70 dBA
R4A	1,5 m	67,0 dBA	> 65 dBA	≤ 70 dBA
R4B	4,5 m	67,0 dBA	> 65 dBA	≤ 70 dBA
R5A	1,5 m	67,0 dBA	> 65 dBA	≤ 70 dBA
R5B	4,5 m	67,0 dBA	> 65 dBA	≤ 70 dBA
R6A	1,5 m	65,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R6B	4,5 m	65,5 dBA	> 65 dBA	≤ 70 dBA

**Tabella 6 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di fatto**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	35	di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato Stato di fatto (senza barriera acustica) Ambito notturno	Confronto con i limiti acustici della Classe IV	Confronto con i limiti acustici della fascia A ex D.P.R. 30/03/2004, n. 142
P	4 m	58,0 dBA	> 55 dBA	≤ 60 dBA
R1A	1,5 m	60,5 dBA	> 55 dBA	> 60 dBA
R1B	4,5 m	60,5 dBA	> 55 dBA	> 60 dBA
R2A	1,5 m	60,0 dBA	> 55 dBA	≤ 60 dBA
R2B	4,5 m	60,0 dBA	> 55 dBA	≤ 60 dBA
R3A	1,5 m	60,5 dBA	> 55 dBA	> 60 dBA
R3B	4,5 m	60,5 dBA	> 55 dBA	> 60 dBA
R4A	1,5 m	60,5 dBA	> 55 dBA	> 60 dBA
R4B	4,5 m	60,5 dBA	> 55 dBA	> 60 dBA
R5A	1,5 m	60,5 dBA	> 55 dBA	> 60 dBA
R5B	4,5 m	60,5 dBA	> 55 dBA	> 60 dBA
R6A	1,5 m	58,5 dBA	> 55 dBA	≤ 60 dBA
R6B	4,5 m	59,0 dBA	> 55 dBA	≤ 60 dBA

Tabella 7 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito notturno (22.00-06.00) - Stato di fatto

Edifici residenziali di località Cascina Secondina - Via Emilia (Tangenziale)

Ricettori residenziali	N° piani fuoriterra	Superficie in pianta [mq]	Volumetria stimata [mc]	Popolazione residente complessiva
R1	2	111	666	7
R2	2	77	462	5
R3	2	158	948	10
R4	2	164	984	10
R5	2	90	540	5
R6	2	370	2220	22

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	36	di	80



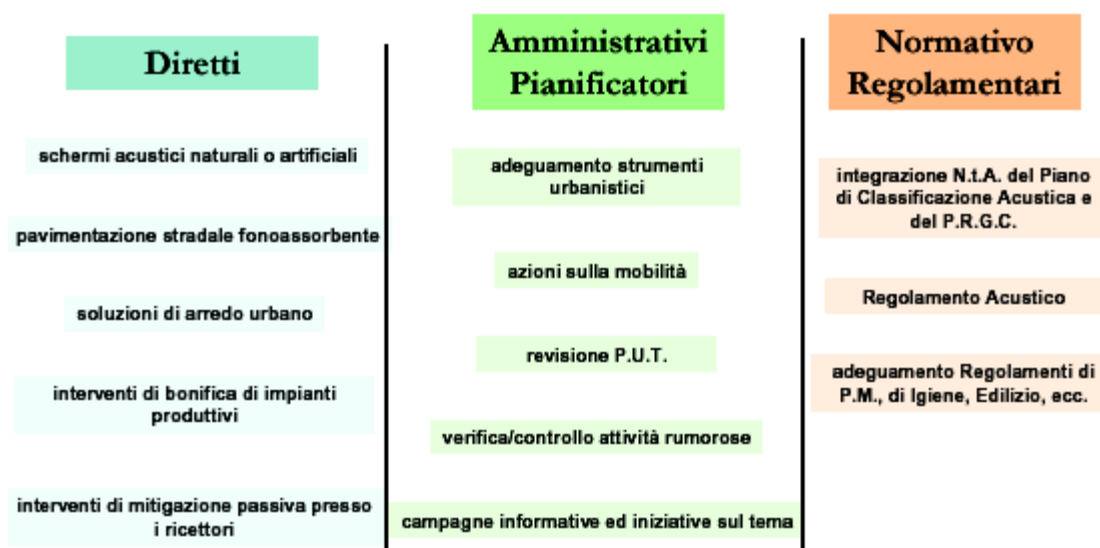
## 8 ANALISI DELLE CRITICITÀ RICONTRATE RISPETTO ALLE INDICAZIONI DI STRATEGIE E PRIORITÀ DI INTERVENTO

### 8.1 DESCRIZIONE DELLE STRATEGIE GENERALI DI INTERVENTO

I contenuti del presente capitolo sono stati integrati con contenuti estratti e riadattati dalla pubblicazione “Classificazione acustica del territorio e piani comunali di risanamento acustico” - Daniele Bertoni (Comune di Modena – Settore Risorse e Tutela Ambientale), Salvatore Curcuruto (Agenzia Nazionale per la Protezione dell’Ambiente) - Da: Atti del Convegno “Traffico e Ambiente” - Trento 21 – 25 febbraio 2000.

Nell’ambito del contenimento del rumore in ambiente urbano non è possibile in generale affidarsi a un solo provvedimento per ottenere un abbassamento significativo dei livelli sonori presso i ricettori sottoposti a un elevato livello di inquinamento acustico, ma è necessario adottare una strategia complessa, che preveda una serie di interventi, anche di modesta efficacia, su più direttrici.

Le proposte di intervento si basano sulle possibilità sintetizzate nello schema seguente:



Gli interventi del secondo e terzo tipo sono interventi da definire nell’ambito della pianificazione comunale e non sono soggetti a stima di fattibilità. Possono essere richiamati nella prima pagina della scheda nello spazio relativo a “Previsioni da altri strumenti attuativi” o nello spazio “Osservazioni”.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	37 di 80



Tali interventi possono essere i seguenti:

- allontanamento delle vie di traffico nelle zone residenziali (zone a traffico limitato e parcheggi a tariffa differenziata tra centro e periferia);
- pedonalizzazione dei centri storici;
- strade di penetrazione nei quartieri con tracciati e caratteristiche tali da imporre bassa velocità nei veicoli;
- zone di parcheggio protette da alberi o da altri ostacoli;
- modifiche dell'orografia del luogo finalizzate a ribassare le aree da proteggere rispetto alle sorgenti di rumore;
- inserimenti di edifici di protezione (ex. negozi, uffici, garages, ...) fra le sorgenti di rumore e le aree residenziali.

In questo senso si consiglia l'adozione, nell'ambito del Piano Urbano di Traffico, di interventi di fluidificazione del traffico e della limitazione degli accessi in centro storico al fine del miglioramento della "criticità acustica diffusa" dovuta principalmente al transito veicolare.

Analizziamo invece nel dettaglio nel presente capitolo le principali strategie di intervento che sono state già sperimentate in alcune città italiane (Modena, Trento, ...) e per le quali pertanto è disponibile una letteratura dell'efficacia e della sua persistenza nel tempo.

In relazione al contesto e alla destinazione d'uso dei siti, i principali modi di intervento possono essere classificati come:

- Interventi sulla sorgente:
  - Riduzione della velocità del traffico;
  - Uso di pavimentazioni a bassa rumorosità;
  - Pianificazione del traffico.
- Interventi sul percorso di propagazione:
  - Inserimento di schermi acustici;
  - Miglioramento dell'isolamento acustico dei serramenti al ricettore.

### 8.1.1 RIDUZIONE DELLA VELOCITÀ

La riduzione della velocità media di marcia può portare ad apprezzabili riduzioni del rumore soltanto se è ottenuta mantenendo la fluidità del flusso veicolare.

Il restringimento della carreggiata o la sistemazione di ostacoli ai lati per costituire un percorso a zig-zag portano ad una riduzione media di  $1 \div 4$  dB(A); in alcuni casi è possibile si generi un incremento del rumore all'ingresso e all'uscita del tratto stradale in cui è stato operato l'intervento a causa della frenata all'ingresso e dell'accelerazione all'uscita. Di notte, in condizioni di maggiore scorrimento del traffico, la variazione del livello sonoro tra centro ed estremità della zona è minore.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	38	di 80

La collocazione di ostacoli trasversali alla strada può invece incrementare il rumore (da 1 a 5 dB(A)) sia a causa dell'impatto delle ruote sullo spigolo vivo dell'ostacolo, sia per l'accelerazione subito dopo l'ostacolo.

Le soluzioni per attuare le cosiddette "zone 30" sono basate sulla risagomatura della strada che, da un lato porti alla percezione da parte dell'automobilista che la strada non è suo dominio assoluto ma che appartiene anche ad altri utenti come pedoni e ciclisti e dall'altro sulla creazione di ostacoli alla visuale libera (ad es. attraverso alberature o percorsi tortuosi) che impongano all'utente motorizzato maggiore cautela e quindi velocità più basse.

Una interessante esperienza è stata condotta a Modena, su iniziativa del Settore Traffico, e riguarda la creazione di zone 30 in alcune aree nelle quali strade destinate alla mobilità locale sono impropriamente utilizzate come vie di attraversamento, alternative alla viabilità principale. Sono state realizzate restrizioni di sezione mediante pavimentazioni di diversa natura e inseriti crocevia e passaggi pedonali rialzati (foto seguente).



Interventi di ristrutturazione di crocevia in "zona 30" a Modena

#### 8.1.2 PAVIMENTAZIONI A BASSA RUMOROSITÀ

Già a velocità di marcia intorno ai 50 Km/h, assume importanza la generazione di rumore dovuto al contatto del pneumatico sul fondo stradale.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	39	di 80





Il rumore si produce a causa delle vibrazioni indotte al pneumatico dalle macro irregolarità della superficie stradale, dagli urti della superficie del pneumatico sulle micro asperità dei granuli di materiale lapideo costituenti del manto, per effetti aerodinamici legati alla successione di compressioni e rilasci di aria che viene imprigionata tra il pneumatico e la superficie stradale (air pumping) e infine per effetto della successione di rotture e riprese di adesione a livello della superficie di contatto (slip and stick).

Gli asfalti a bassa rumorosità sono riconducibili a due tipi: gli asfalti drenanti - fonoassorbenti e gli asfalti sottili.

Nei primi gli inerti hanno granulometria abbastanza grossolana (6 – 12 mm) e presenza di vuoti intorno al 20 %. Sono legati con bitumi modificati con aggiunta di polimeri che conferiscono resistenza alla struttura. La loro azione è basata sulla dissipazione di energia sonora per attrito all'interno delle cavità. Gli asfalti drenanti migliorano la sicurezza limitando il formarsi di aerosol in caso di fondo stradale bagnato.

La diminuzione del livello sonoro a bordo strada si può stimare intorno ai 3 dB(A) a parità di condizioni di traffico, ove la percentuale di veicoli pesanti sia modesta.

Gli asfalti fonoassorbenti tradizionali (monostrato) non trovano applicazione sulle strade urbane dove la bassa velocità, l'assenza di veicoli pesanti e la elevata sedimentazione di particelle di materiali di varia natura contribuiscono ad otturare in modo irreversibile le cavità nell'arco di tempo di circa un anno, annullando la loro efficacia.

Gli asfalti sottili sono invece costituiti da inerti a pezzatura minore (0 – 10, 0 – 6 mm) ed il manto ha spessore variabile tra 2,5 e 4 cm. La porosità è tra il 10 e il 20 % e la coesione è mantenuta mediante l'uso di leganti modificati contenenti polvere di gomma e fibre minerali. La riduzione del rumore è basata principalmente sulla mancanza di asperità della superficie (la rullatura è effettuata con mezzi particolari); la presenza di vuoti riduce i fenomeni di air pumping e slip and stick. La riduzione di rumore a bordo strada è di 1 – 2 dB(A) e si mantiene più a lungo nel tempo rispetto agli asfalti drenanti-fonoassorbenti.

Negli ultimi anni sono state condotte interessanti esperienze anche in Italia; nella città di Modena sull'impiego di asfalti drenanti fonoassorbenti e di asfalti sottili, a Firenze sull'uso di asfalti fonoassorbenti a doppio strato e a Reggio Emilia sull'uso di asfalti fonoassorbenti a media granulometria.

L'esperienza di Modena rientra nei progetti pilota condotti nel 1996 nell'ambito della formazione del piano di risanamento acustico: furono testati su un tratto stradale asfalti di tipo fonoassorbente, sottile e tradizionale per valutarne nel tempo le prestazioni acustiche. L'asfalto fonoassorbente fornì lusinghiere prestazioni (riduzione di 3-4 dB(A)) che ad un anno di distanza si ridussero praticamente a nulla a causa dell'otturazione delle cavità mentre l'abbassamento di rumore a bordo strada (2 dB(A)) legato al manto di asfalto sottile si manteneva praticamente inalterato.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	40	di 80



Gli asfalti fonoassorbenti a doppio strato testati a Firenze sono costituiti da uno strato superiore dello spessore di 1,5 – 2 cm, a grana fine (4 – 8 mm), che funge da filtro nei confronti dello strato inferiore di 3,4 – 4 cm di spessore a grana grossa (11 – 16 mm). L'efficacia in termini di riduzione del rumore è di 3 – 4 dB(A) e le misure condotte da ARPAT di Firenze mostrano un buon mantenimento delle prestazioni nel tempo.

A Reggio Emilia l'Amministrazione Comunale, con il supporto tecnico di ARPA, ha sperimentato su una strada ad elevato scorrimento un asfalto poroso realizzato con una particolare miscela di ghiaie calibrate, una ridotta percentuale di sabbia e uno specifico legante bituminoso. La posa di questo manto necessita di particolari modalità ed attrezzature; il fondo stradale è stato livellato con cura prima della stesura e particolare cura è stata posta nella finitura in corrispondenza dei chiusini.

Le misure condotte hanno mostrato un guadagno intorno ai 4 dB(A) di giorno e 5 dB(A) di notte.

Si può concludere che gli asfalti a bassa rumorosità trovano applicazione nella riduzione del rumore alla sorgente anche in ambiente urbano: quelli drenanti-fonoassorbenti sono consigliabili sulle strade ad elevato scorrimento, quelli sottili anche su strade locali. I principali problemi nell'uso di questi ultimi sono legati alla ancora modesta disponibilità sul mercato di imprese dotate delle conoscenze e della tecnologia necessari per la loro realizzazione e di conseguenza ai costi relativamente alti. I costi sono alti anche perché, se si vuole posare un asfalto a bassa rumorosità, occorre livellare il fondo stradale con cura prima della stesura e, nel caso dei drenanti, prevedere anche le canalizzazioni ai lati della strada per consentire l'allontanamento dell'acqua.

E comunque fondamentale, ai fini di conservarne le prestazioni, un'azione di coordinamento dei lavori riguardanti i sottoservizi tale da evitare (come purtroppo spesso accade) che dopo la stesura del manto siano eseguiti lavori che ne compromettono la qualità.

### 8.1.3 PIANIFICAZIONE DEL TRAFFICO

La fluidificazione del traffico unitamente all'abbassamento della velocità viene normalmente perseguita cercando di dirottare i flussi maggiori sulle circonvallazioni esterne (ove sia possibile adottare misure di protezione come le schermature e mantenere il necessario distacco dalla residenza) e creando rotonde anziché crocevia con semafori.

Le rotonde sono più sicure dei semafori (anche se questi danno una maggiore percezione di sicurezza) e producono meno rumore limitando le frenate e le accelerazioni.

Il guadagno acustico ottenibile con una rotonda, rilevato in diverse città francesi, va da 1 a 4 dB(A). Sono state condotte in alcune città italiane (Modena, Firenze, Piacenza etc.) analisi sui contributi al rumore degli autobus nelle strade urbane: gli apporti di questi veicoli sono rilevanti e la loro sostituzione con mezzi a trazione elettrica porta a diminuzioni significative dei livelli equivalenti a bordo strada.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	41	di 80



Nella città di Modena, nell'ambito dell'iniziativa promossa dal Ministero dell'Ambiente "In città senza la mia auto" sono stati rilevati da ARPA, in alcuni punti del centro storico interessati alla restrizione della circolazione, i livelli di rumore a bordo strada e i flussi dei diversi tipi di veicoli. Si è così rilevato che a fronte di una sostanziale riduzione del numero di auto e di ciclomotori, il permanere degli stessi flussi di autobus non consente che modesti abbassamenti dei livelli sonori.

E' quindi senz'altro opportuno prevedere, nelle politiche di risanamento, la sostituzione degli autobus con veicoli elettrici ossia la insonorizzazione delle macchine che attraversano i centri storici, ambiti nei quali le particolarità urbanistiche ed architettoniche accentuano i disagi prodotti dalle loro emissioni acustiche.

Analogamente, ai ciclomotori è attribuibile un contributo importante e anche in questo caso si può intervenire, nelle zone che lo richiedono, con provvedimenti di restrizione alla circolazione.

#### 8.1.4 INSERIMENTO DI SCHERMI ACUSTICI

Gli schermi acustici possono fornire attenuazioni del rumore da traffico che, nella zona d'ombra, raggiungono i 10 dB(A), ma il loro uso è normalmente limitato alle strade extraurbane e alle tangenziali; nelle strade urbane la realizzazione di schermi è ostacolata sia per ragioni geometriche (normalmente gli edifici da proteggere sono affacciati sulla strada) sia estetiche e funzionali.

Schermi che svolgano anche funzioni di arredo urbano, e quindi dotati anche di valore estetico, possono essere previsti in poche situazioni, prioritariamente a protezione di edifici sede di attività protette (scuole e luoghi di cura), compatibilmente con il mantenimento di sufficienti condizioni di permeabilità dell'area interessata.

La realizzazione di arredi con funzione di schermi, soddisfatte le condizioni richiamate, rende possibile anche il recupero di spazi esterni altrimenti poco fruibili.

#### 8.1.5 MIGLIORAMENTO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DEI SERRAMENTI AL RICEVITTORE

Sono frequenti in tutte le città italiane situazioni che vedono insediamenti classificabili in classe I, e quindi con i limiti assoluti più bassi, calati in contesti appartenenti ad altre classi, caratterizzati da elevati livelli di rumore.

In questi casi di criticità, nei quali risultano impraticabili altri interventi di mitigazione, rimane la sola possibilità di migliorare le prestazioni acustiche dei serramenti, eventualmente provvedendo alla climatizzazione, perseguendo così condizioni di comfort acustico all'interno degli ambienti.

Nell'ambito del piano di risanamento è opportuna la ricognizione degli edifici destinati a funzioni sensibili e in seguito l'accertamento dei livelli di rumore in facciata.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	42	di 80



La successiva rilevazione dei livelli interni e delle prestazioni acustiche dei serramenti consente di assegnare le priorità di intervento.

Anche nel caso di insediamenti residenziali esistenti che si trovino in aree nelle quali non sono possibili altri tipi di interventi si può ipotizzare, analogamente a quanto avviene per gli aspetti energetici, un processo di erogazione di contributi per il miglioramento dell'isolamento acustico dei serramenti; ovviamente la materia va regolamentata stabilendo criteri e modalità per i finanziamenti.

## 8.2 I PIANI DI RISANAMENTO NELLA PRATICA DEI COMUNI

Nella tabella seguente vengono poste a confronto le scelte operate nelle diverse realtà riguardo alcuni aspetti e le modalità di approccio al risanamento acustico.

Tali aspetti riguardano:

- il fatto che siano stati individuati edifici destinati ad ospitare funzioni sensibili come scuole e luoghi di cura e di prevedere per questi particolari forme di intervento quali il potenziamento dell'isolamento delle facciate;
- la costruzione di una mappa della rumorosità esistente, realizzata per curve di isolivello o evidenziando i livelli a bordo strada, quale strumento di descrizione dello stato di fatto, basata su dati prevalentemente misurati o prevalentemente calcolati od ottenuti sia con misure che con il calcolo;
- l'uso di modelli di simulazione trasportistici per l'assegnazione alla rete viaria dei flussi di traffico;
- l'uso di modelli di simulazione per la previsione del rumore generato dal traffico;
- la costruzione di una carta della criticità che evidenzia le aree che necessitano di interventi;
- la costruzione di un algoritmo, basato sull'entità del superamento dei limiti e su altri parametri come il numero di persone esposte, per la individuazione delle priorità di intervento;
- la previsione di interventi di riduzione della velocità del traffico (zone 30, roatorie) finalizzati alla riduzione del rumore;
- l'uso di asfalti a bassa rumorosità;
- l'adozione di provvedimenti di restrizione della circolazione per alcune tipologie di veicoli (mezzi pesanti, ciclomotori);
- la realizzazione di schermi acustici o arredi urbani con funzione di schermi;
- la previsione di campagne di comunicazione/informazione/educazione rivolte alla popolazione o a fasce di popolazione;
- la presenza dei progetti di massima delle opere previste dal piano.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	43	di 80

	Aosta	Bologna	Palestrina (Roma)	Modena	Perugia	Terni	Trento
Individuazione ricettori sensibili	X	X	X	X	X	X	X
Mappa rumorosità attuale (prev. misurata)				X			
Mappa rumorosità attuale (prev. Calcolata)	X	X					X
Mappa rumorosità attuale (misurata/calcolata)			X		X	X	
Uso di modelli simulazione del traffico	X	X		X			X
Uso di modelli simulazione del rumore	X	X	X	X	X	X	X
Carta della criticità	X	X	X	X	X	X	X
Algoritmo per la individuazione delle priorità	-	X	X		X	X	X
Interventi di riduzione velocità	X	X		X			X
Asfalti a bassa rumorosità	X	X	X	X		X	X
Restrizione del traffico		X		X			X
Schermi acustici	X	X	X	X	X	X	X
Interventi sui serramenti	X	X	X	X	X	X	X
Campagne di comunicazione	X	X					X
Progettazione di massima degli interventi	X	X		X	X	X	X

Confronto tra alcuni aspetti dei piani di risanamento acustico

### 8.3 DESCRIZIONE DELLE TIPOLOGIE DI INTERVENTO CONSIDERATE PER IL CONFRONTO DI SCENARI

Per impostare il lavoro di confronto tra soluzioni di intervento alternative, semplici o integrate con azioni su più fronti, è stato necessario schematizzare il ventaglio di interventi possibili.

In particolare l'analisi economica è stata condotta su tipologie di intervento standard, svincolate da processi di pianificazione urbanistica difficilmente monetizzabili (ex. interventi sul traffico comportano costi burocratici).

Sono pertanto stati analizzati i seguenti interventi:

- barriera antirumore di tipo trasparente altezza 3 m;
- barriera antirumore di tipo trasparente altezza 5,25 m;
- asfalto fonoassorbente;
- sostituzione serramenti con installazione serramenti fonoisolanti.

Gli interventi sono stati standardizzati nell'ottica di uniformare la trattazione; è sicuramente necessaria, a valle della decisione di realizzare specifici interventi una progettazione esecutiva.

Di seguito si descrivono brevemente le caratteristiche degli elementi di progetto standard considerati.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	44 di 80

### 8.3.1 BARRIERA TRASPARENTE

Si considera una barriera di tipo trasparente, in quanto in ambito urbano costituisce la tipologia più diffusa. Tale tipo di barriera è generalmente riflettente, realizzata con una lastra unica continua, sebbene esistano soluzioni fonoassorbenti sul lato della sorgente sonora, realizzate con due lastre, di cui una forata, di cui si mostra una realizzazione nella figura seguente.



Esempio barriera

Le voci di capitolato delle barriere in commercio sono riassunte nella formulazione tratta da uno dei due prezziari utilizzati come riferimento per la successiva valutazione economica (Prezzi informativi dell'edilizia (Tipografia del genio civile) - Urbanizzazione Infrastrutture Ambiente novembre 2003).

#### CAP12OC (BARRIERE ANTIRUMORE TRASPARENTI)

Voce 125001: Barriera trasparente realizzata con lastre 300x150x1,5 cm in polimetilmetacrilato colato, alta 3,00 m, con montanti posti ad interasse di 3,00 m, comprensiva di carpenteria metallica verniciata composta da montanti HE 140, bulloneria, boccole di ancoraggio, tubo corrimano, contropiastra e guarnizioni

Voce 125004: Barriera trasparente realizzata con lastre 300x200x1,5 cm e 300x200x0,8 cm in polimetilmetacrilato colato, alta 5,25 m, con montanti posti ad interasse di 3,00 m, comprensiva di carpenteria metallica verniciata composta da montanti scatolari e curvi, bulloneria, boccole di ancoraggio, tubo corrimano, contropiastra e guarnizioni.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	45 di 80



### 8.3.2 ASFALTO FONOASSORBENTE

Le voci di capitolato degli elementi necessari alla realizzazione dell'intervento considerato sono riassunte nella formulazione tratta dai prezziari utilizzati come riferimento per la successiva valutazione economica (*Prezziario della Camera di Commercio Milano* - per le prime due voci e *Prezzi informativi dell'edilizia, Tipografia del genio civile - Urbanizzazione Infrastrutture Ambiente* per l'ultima voce).

B 7.4 - 205 a Scarificazione con fresatura a freddo compreso il carico meccanico del materiale di risulta e il trasporto alle discariche autorizzate per profondità fino a 3 cm

B 7.4 - 361 d emulsioni bituminose: spandimento di bitume modificato a caldo

B 7.4 – 375 a tappeti di usura in conglomerato bituminoso con bitume a penetrazione 50-70, oppure 70-100, al 5,5%-6,5% sul peso dell'inerte, confezionato con graniglia e sabbia, compresi materiali, stendimento con vibrofinitrice e rullatura con rullo di peso adeguato, per il raggiungimento della percentuale di vuoti corrispondente alla Norme tecniche, misurati per spessori finiti, per superficie fino a 2500 m<sup>2</sup>

B 7.4 - 396 Conglomerato bituminoso drenante fonoassorbente, con bitume modificato, compresi materiali, steso con vibrofinitrice e cilindrato con rullo di peso adeguato, per il raggiungimento della percentuale di vuoti corrispondente alle Norme Tecniche, in strati di 40-50 mm compressi

CAP04OC Voce 045146: Canaletta per lo scolo di acque meteoriche costituita da embrici 50x50x20 cm in conglomerato cementizio vibrocompressso, fornita e posta in opera secondo la massima pendenza delle scarpate stradali o delle pendici del terreno compreso lo scavo, la costipazione del terreno di appoggio delle canalette e il bloccaggio mediante tondini di acciaio fissi nel terreno.

Di seguito si riporta le descrizione da capitolato delle caratteristiche dell'asfalto fonoassorbente e delle fasi di intervento per la sua corretta posa (SITEB, Associazione Italiana Bitume Asfalto Strade – Suggerimenti e note tecniche per elaborare un capitolato d'appalto per pavimentazioni stradali con bitume modificato – giugno 2000). Per la definizione delle voci di capitolato si è fatto di riferimento alla prima ipotesi di stato della strada della descrizione seguente. La voce B 7.4 – 375 a sostituisce la voce reale dello spandimento di graniglia basaltica protettiva della membrana impermeabilizzante, non trovata nei due prezziari considerati. Il prezzo costituirà pertanto una stima per eccesso, in ogni caso cautelativa.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	46	di 80





### Descrizione

Lo strato di usura drenante e/o fonoassorbente è costituito da una miscela di pietrischetti frantumati, poca sabbia e filler, impastato a caldo con bitume modificato, che dopo compattazione presenta una porosità intercomunicante 4 o 5 volte superiore a quella di un tradizionale conglomerato per strato di usura.

Questo conglomerato, ad alto contenuto tecnologico, viene steso su uno strato impermeabile realizzato in precedenza, in spessori generalmente compresi tra 4 e 5 cm, ed è impiegato prevalentemente con le seguenti finalità

- favorire l'aderenza in caso di pioggia eliminando il velo d'acqua superficiale,
- abbattere il rumore prodotto dal rotolamento del pneumatico sulla strada.

### Inerti

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi totalmente frantumati, sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei, secondo le norme CNR - BU n°139/1992.

Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e degli additivi minerali (filler).

### Aggregato grosso (frazione > 4 mm)

L'aggregato grosso sarà costituito da pietrischi, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura diversa anche se preferibilmente basaltica, aventi forma poliedrica a spigoli vivi, che soddisfino i seguenti requisiti:

- quantità di frantumato		= 100 %
- perdita in peso Los Angeles LA	(CNR - BU n° 34/1973)	< 18 %
- coefficiente di levigabilità accelerata CLA	(CNR - BU n° 140/1992)	> 0,45
- coefficiente di forma "C <sub>r</sub> "	(CNR - BU n° 95/1984)	< 3
- coefficiente di appiattimento "C <sub>s</sub> "	(CNR - BU n° 95/1984)	< 1,58
- sensibilità al gelo	(CNR - BU n° 80/1980)	< 20 %
- spogliamento in acqua a 40 °C	(CNR - BU n° 138/1992)	= 0 %

### Preparazione della superficie stradale

Prima di iniziare la stesa del conglomerato drenante e/o fonoassorbente, va verificata l'efficienza delle opere per il deflusso delle acque e in particolare della canaletta di raccolta lungo la banchina laterale.

Se non sono rispettate le pendenze trasversali del piano di posa (sempre > 2,5%), questo deve essere risagomato; del pari vanno verificate le pendenze longitudinali.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	47 di 80





E' necessario provvedere ad una accurata pulizia della superficie stradale eliminando anche l'eventuale preesistente segnalatica orizzontale. Successivamente, in base alle caratteristiche del piano di posa, si procederà nei modi di seguito descritti:

- 1) Qualora lo strato drenante debba essere posizionato su una vecchia pavimentazione fresata, in buone condizioni, senza fessurazioni, verrà stesa come impermeabilizzazione una membrana sottile, realizzata con bitumi modificati, spruzzati a caldo (temperatura > 180 °C) in ragione di  $1,2 \pm 0,2$  al mq, mediante apposite macchine spanditrici automatiche in grado di assicurare l'uniforme distribuzione del prodotto ed il dosaggio previsto. Per evitare l'adesione dei mezzi di cantiere alla membrana, danneggiandola, si dovrà provvedere allo spandimento, con apposito mezzo, di graniglia basaltica prebitumata avente pezzatura 4/8 mm, in quantità di circa 6-8 litri/ mq.

- 2) Nel caso in cui lo strato drenante debba essere realizzato su una vecchia pavimentazione fresata ma non in buone condizioni, fessurata, si metterà in opera una membrana rinforzata (SAMI - Stress Adsorbing Membrane Interlayer). Tale membrana ha lo scopo di garantire un perfetto ancoraggio con la pavimentazione esistente, impermeabilizzarla, prevenire la risalita di eventuali fessure dalla fondazione e distribuire le tensioni trasmesse dal passaggio dei veicoli. Per realizzarla si procederà con le modalità sopra descritte spruzzando bitume modificato in ragione di  $2,2 \pm 0,2$  al mq, con successiva granigliatura in quantità di circa 20 litri/mq. Quest'ultima operazione sarà seguita dal passaggio di rullo gommato e successivamente dalla motospazzatrice per l'asporto di graniglia non bene ancorata alla membrana.

- 3) Nel caso in cui lo strato drenante venga posto in opera su una pavimentazione in conglomerato bituminoso in buone condizioni, la mano d'attacco impermeabilizzante verrà eseguita con la spruzzatura di una emulsione di bitume modificato con le caratteristiche minime previste dalla tab.2, effettuata mediante apposite macchine spanditrici automatiche in ragione di  $1,5 \pm 0,2$  al mq e successiva granigliatura come descritto al punto 1.

### 8.3.3 SERRAMENTI FONOISOLANTI

Considerate le diverse tipologie di serramenti che sono presenti nelle diverse scuole considerate come ricettori sensibili, è stata ipotizzata una dimensione standard di telaio in legno a due battenti 120 mm\*150 mm.

Il serramento deve essere del tipo a taglio termico, con guarnizione centrale e guarnizione esterna in corrispondenza della battuta dei telai o con guarnizione centrale e guarnizione interna, in classe di permeabilità all'aria 3 o superiore (UNI EN 12207:2000), con vetrocamera a prestazioni acustiche medio-alte, del tipo stratificato 3+3 mm /camera 6-12mm/flat 5 mm.

È stata considerata una tale tipologia di serramento, per la quale si possono ipotizzare prestazioni di isolamento acustico in opera di circa  $R_w = 36$  dB, in quanto si ritiene che per la maggiore parte degli ambienti scolastici sia sufficiente a garantire un isolamento acustico di facciata pari a 40 dB (considerando per le scuole pareti di facciata in doppia muratura, in assenza di cassonetti o di altri piccoli elementi che possano costituire un ponte acustico, assenza di balconi o ballatoi o elementi rigidi di ancoraggio in facciata).

Nei singoli casi di intervento sarà necessario prevedere una verifica dei requisiti acustici passivi di progetto ai sensi del DPCM 5/12/1997 (in particolare verifica dell'indice di isolamento acustico di facciata  $D_{2m,nT,w}$ ) per valutare la necessità di prevedere vetrocamere con prestazioni acustiche superiori.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	48	di 80



## 9 DESCRIZIONE DELLE MODELLIZZAZIONI EFFETTUATE A SUPPORTO DELLA SELEZIONE DELL'INTERVENTO

### 9.1 SOTTOPASSO DI VIA SAN COLOMBANO

Sono stati considerati i seguenti scenari alternativi di progetto:

- posa di asfalto fonoassorbente nel tratto del sottopasso (lunghezza tratto circa 400 m);
- installazione nel tratto del sottopasso (lunghezza tratto circa 400 m, ambo i lati) di barriera antirumore altezza 3 m con finitura fonoassorbente sul lato strada;
- installazione nel tratto del sottopasso (lunghezza tratto circa 400 m, ambo i lati) di barriera antirumore altezza 5,25 m con finitura fonoassorbente sul lato strada;
- installazione nel tratto del sottopasso (lunghezza tratto circa 400 m, ambo i lati) di barriera antirumore altezza 5,25 m;
- installazione nel tratto del sottopasso (lunghezza tratto circa 400 m, ambo i lati) di barriera antirumore altezza 5,25 m con finitura fonoassorbente sul lato e posa di asfalto fonoassorbente nel medesimo tratto.
- installazione nel tratto del sottopasso (lunghezza tratto circa 400 m, ambo i lati) di barriera antirumore altezza 5,25 m con finitura fonoassorbente sul lato, posa di asfalto fonoassorbente nel medesimo tratto e sostituzione dei serramenti agli edifici scolastici. Questa situazione è stata effettuata nel solo periodo diurno.

Le tabelle riportate nelle pagine successive, riportano i valori dei livelli di pressione sonora stimati in facciata dei ricettori analizzati per ogni scenario di intervento in periodo diurno.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	49 di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Le tabelle riportate nelle pagine successive, riportano i valori dei livelli di pressione sonora stimati in facciata dei ricettori analizzati per ogni scenario di intervento in periodo diurno.

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di progetto (con asfalto fonoassorbente nel tratto del sottopasso)	Confronto con i limiti acustici	
01	Ric 01 EG	1,8 m	66,4	> 65 dBA
	Ric 01 1.OG	4,5 m	69,6	> 65 dBA
	Ric 01 2.OG	7,3 m	69,5	> 65 dBA
	Ric 01 3.OG	10,5 m	69,2	> 65 dBA
	Ric 01 4.OG	13,5 m	68,8	> 65 dBA
	Ric 01 5.OG	16,5 m	68,4	> 65 dBA
02	Ric 02 EG	2 m	63,3	≤ 65 dBA
	Ric 02 1.OG	6 m	68,9	> 65 dBA
03	Ric 03 EG	1,8 m	65,3	> 65 dBA
	Ric 03 1.OG	4,5 m	69,8	> 65 dBA
	Ric 03 2.OG	7,5 m	70,7	> 65 dBA
	Ric 03 3.OG	10,5 m	70,3	> 65 dBA
	Ric 03 4.OG	13,5 m	69,8	> 65 dBA
	Ric 03 5.OG	16,5 m	69,3	> 65 dBA
	Ric 03 6.OG	19,5 m	68,8	> 65 dBA
04	Ric 03 7.OG	22,5 m	68,4	> 65 dBA
	Ric 04 EG	1,8 m	64,7	≤ 65 dBA
	Ric 04 1.OG	4,5 m	69,4	> 65 dBA
	Ric 04 2.OG	7,5 m	69,8	> 65 dBA
	Ric 04 3.OG	10,5 m	69,3	> 65 dBA
	Ric 04 4.OG	13,5 m	68,9	> 65 dBA
	Ric 04 5.OG	16,5 m	68,6	> 65 dBA
05	Ric 04 6.OG	19,5 m	68,1	> 65 dBA
	Ric 05 EG	1,8 m	63,4	≤ 65 dBA
	Ric 05 1.OG	4,8 m	68,6	> 65 dBA
06	Ric 05 2.OG	7,8 m	70,4	> 65 dBA
	Ric 06 EG	1,8 m	63,8	≤ 65 dBA
	Ric 06 1.OG	4,8 m	67,7	> 65 dBA
	Ric 06 2.OG	7,8 m	70,3	> 65 dBA
07	Ric 06 3.OG	10,8 m	70,6	> 65 dBA
	Ric 07 EG	1,8 m	66,5	> 65 dBA
	Ric 07 1.OG	4,8 m	70,2	> 65 dBA
	Ric 07 2.OG	7,8 m	71,3	> 65 dBA
08	Ric 07 3.OG	10,8 m	71,1	> 65 dBA
	Ric 08 EG	1,8 m	68,7	> 55 dBA
	Ric 08 1.OG	5,8 m	71,2	> 55 dBA
09	Ric 09 EG	1,8 m	65,7	> 55 dBA
	Ric 09 1.OG	4,8 m	69,0	> 55 dBA
	Ric 09 2.OG	7,8 m	70,8	> 55 dBA
10	Ric 10 EG	1,8 m	64,6	≤ 65 dBA
	Ric 10 1.OG	4,8 m	68,4	> 65 dBA

**Tabella 8 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di progetto (con asfalto fonoassorbente nel tratto del sottopasso)**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	50	di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Punto		Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di progetto (con barriera acustica H = 3 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente)	Confronto con i limiti acustici
01	Ric 01 EG	1,8 m	57,1	≤ 65 dBA
	Ric 01 1.OG	4,5 m	61,8	≤ 65 dBA
	Ric 01 2.OG	7,3 m	68,3	> 65 dBA
	Ric 01 3.OG	10,5 m	71,1	> 65 dBA
	Ric 01 4.OG	13,5 m	71,1	> 65 dBA
	Ric 01 5.OG	16,5 m	70,7	> 65 dBA
02	Ric 02 EG	2 m	57,3	≤ 65 dBA
	Ric 02 1.OG	6 m	62,2	≤ 65 dBA
03	Ric 03 EG	1,8 m	57,4	≤ 65 dBA
	Ric 03 1.OG	4,5 m	62,4	≤ 65 dBA
	Ric 03 2.OG	7,5 m	69,1	> 65 dBA
	Ric 03 3.OG	10,5 m	71,1	> 65 dBA
	Ric 03 4.OG	13,5 m	71,3	> 65 dBA
	Ric 03 5.OG	16,5 m	71,1	> 65 dBA
	Ric 03 6.OG	19,5 m	70,6	> 65 dBA
04	Ric 04 EG	1,8 m	60,6	≤ 65 dBA
	Ric 04 1.OG	4,5 m	64,3	≤ 65 dBA
	Ric 04 2.OG	7,5 m	68,8	> 65 dBA
	Ric 04 3.OG	10,5 m	70,6	> 65 dBA
	Ric 04 4.OG	13,5 m	70,7	> 65 dBA
	Ric 04 5.OG	16,5 m	70,5	> 65 dBA
	Ric 04 6.OG	19,5 m	70,0	> 65 dBA
05	Ric 05 EG	1,8 m	61,3	≤ 65 dBA
	Ric 05 1.OG	4,8 m	64,4	≤ 65 dBA
	Ric 05 2.OG	7,8 m	68,7	> 65 dBA
06	Ric 06 EG	1,8 m	61,4	≤ 65 dBA
	Ric 06 1.OG	4,8 m	64,1	≤ 65 dBA
	Ric 06 2.OG	7,8 m	67,1	> 65 dBA
	Ric 06 3.OG	10,8 m	70,4	> 65 dBA
07	Ric 07 EG	1,8 m	64,9	≤ 65 dBA
	Ric 07 1.OG	4,8 m	66,8	> 65 dBA
	Ric 07 2.OG	7,8 m	69,2	> 65 dBA
	Ric 07 3.OG	10,8 m	71,6	> 65 dBA
08	Ric 08 EG	1,8 m	68,5	> 55 dBA
	Ric 08 1.OG	5,8 m	70,0	> 55 dBA
09	Ric 09 EG	1,8 m	63,1	> 55 dBA
	Ric 09 1.OG	4,8 m	65,4	> 55 dBA
	Ric 09 2.OG	7,8 m	67,8	> 55 dBA
10	Ric 10 EG	1,8 m	61,5	≤ 65 dBA
	Ric 10 1.OG	4,8 m	64,5	≤ 65 dBA

**Tabella 9 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 3 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente)**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	51	di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Punto		Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente)	Confronto con i limiti acustici
01	Ric 01 EG	1,8 m	53,1	≤ 65 dBA
	Ric 01 1.OG	4,5 m	55,5	≤ 65 dBA
	Ric 01 2.OG	7,3 m	60,0	≤ 65 dBA
	Ric 01 3.OG	10,5 m	66,2	> 65 dBA
	Ric 01 4.OG	13,5 m	69,7	> 65 dBA
	Ric 01 5.OG	16,5 m	70,5	> 65 dBA
02	Ric 02 EG	2 m	54,1	≤ 65 dBA
	Ric 02 1.OG	6 m	58,0	≤ 65 dBA
03	Ric 03 EG	1,8 m	54,0	≤ 65 dBA
	Ric 03 1.OG	4,5 m	56,6	≤ 65 dBA
	Ric 03 2.OG	7,5 m	62,9	≤ 65 dBA
	Ric 03 3.OG	10,5 m	67,6	> 65 dBA
	Ric 03 4.OG	13,5 m	69,6	> 65 dBA
	Ric 03 5.OG	16,5 m	70,6	> 65 dBA
	Ric 03 6.OG	19,5 m	70,2	> 65 dBA
04	Ric 04 EG	1,8 m	59,2	≤ 65 dBA
	Ric 04 1.OG	4,5 m	61,8	≤ 65 dBA
	Ric 04 2.OG	7,5 m	64,9	≤ 65 dBA
	Ric 04 3.OG	10,5 m	68,3	> 65 dBA
	Ric 04 4.OG	13,5 m	69,8	> 65 dBA
	Ric 04 5.OG	16,5 m	70,2	> 65 dBA
	Ric 04 6.OG	19,5 m	70,0	> 65 dBA
05	Ric 05 EG	1,8 m	58,8	≤ 65 dBA
	Ric 05 1.OG	4,8 m	61,3	≤ 65 dBA
	Ric 05 2.OG	7,8 m	63,9	≤ 65 dBA
06	Ric 06 EG	1,8 m	59,4	≤ 65 dBA
	Ric 06 1.OG	4,8 m	61,0	≤ 65 dBA
	Ric 06 2.OG	7,8 m	63,0	≤ 65 dBA
	Ric 06 3.OG	10,8 m	65,6	> 65 dBA
07	Ric 07 EG	1,8 m	64,3	≤ 65 dBA
	Ric 07 1.OG	4,8 m	65,3	> 65 dBA
	Ric 07 2.OG	7,8 m	66,1	> 65 dBA
	Ric 07 3.OG	10,8 m	67,7	> 65 dBA
08	Ric 08 EG	1,8 m	68,3	> 55 dBA
	Ric 08 1.OG	5,8 m	69,0	> 55 dBA
09	Ric 09 EG	1,8 m	62,1	> 55 dBA
	Ric 09 1.OG	4,8 m	63,3	> 55 dBA
	Ric 09 2.OG	7,8 m	64,4	> 55 dBA
10	Ric 10 EG	1,8 m	59,8	≤ 65 dBA
	Ric 10 1.OG	4,8 m	61,4	≤ 65 dBA

**Tabella 10 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente)**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	52	di 80	



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Punto		Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m NON rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente)	Confronto con i limiti acustici
01	Ric 01 EG	1,8 m	53,9	≤ 65 dBA
	Ric 01 1.OG	4,5 m	57,3	≤ 65 dBA
	Ric 01 2.OG	7,3 m	64,0	≤ 65 dBA
	Ric 01 3.OG	10,5 m	69,2	> 65 dBA
	Ric 01 4.OG	13,5 m	71,1	> 65 dBA
	Ric 01 5.OG	16,5 m	71,8	> 65 dBA
02	Ric 02 EG	2 m	55,3	≤ 65 dBA
	Ric 02 1.OG	6 m	59,9	≤ 65 dBA
03	Ric 03 EG	1,8 m	54,6	≤ 65 dBA
	Ric 03 1.OG	4,5 m	58,5	≤ 65 dBA
	Ric 03 2.OG	7,5 m	66,6	> 65 dBA
	Ric 03 3.OG	10,5 m	70,0	> 65 dBA
	Ric 03 4.OG	13,5 m	71,4	> 65 dBA
	Ric 03 5.OG	16,5 m	72,0	> 65 dBA
	Ric 03 6.OG	19,5 m	71,4	> 65 dBA
Ric 03 7.OG	22,5 m	70,9	> 65 dBA	
04	Ric 04 EG	1,8 m	60,5	≤ 65 dBA
	Ric 04 1.OG	4,5 m	63,6	≤ 65 dBA
	Ric 04 2.OG	7,5 m	66,9	> 65 dBA
	Ric 04 3.OG	10,5 m	69,8	> 65 dBA
	Ric 04 4.OG	13,5 m	71,1	> 65 dBA
	Ric 04 5.OG	16,5 m	71,3	> 65 dBA
Ric 04 6.OG	19,5 m	71,0	> 65 dBA	
05	Ric 05 EG	1,8 m	61,2	≤ 65 dBA
	Ric 05 1.OG	4,8 m	63,7	≤ 65 dBA
	Ric 05 2.OG	7,8 m	66,4	> 65 dBA
06	Ric 06 EG	1,8 m	60,3	≤ 65 dBA
	Ric 06 1.OG	4,8 m	62,3	≤ 65 dBA
	Ric 06 2.OG	7,8 m	65,3	> 65 dBA
	Ric 06 3.OG	10,8 m	69,1	> 65 dBA
07	Ric 07 EG	1,8 m	64,6	≤ 65 dBA
	Ric 07 1.OG	4,8 m	66,0	> 65 dBA
	Ric 07 2.OG	7,8 m	67,6	> 65 dBA
	Ric 07 3.OG	10,8 m	70,4	> 65 dBA
08	Ric 08 EG	1,8 m	68,3	> 55 dBA
	Ric 08 1.OG	5,8 m	69,2	> 55 dBA
09	Ric 09 EG	1,8 m	62,5	> 55 dBA
	Ric 09 1.OG	4,8 m	64,2	> 55 dBA
	Ric 09 2.OG	7,8 m	66,8	> 55 dBA
10	Ric 10 EG	1,8 m	60,3	≤ 65 dBA
	Ric 10 1.OG	4,8 m	62,5	≤ 65 dBA

**Tabella 11 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m NON rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente)**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	53	di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente e con asfalto fonoassorbente nel tratto del sottopasso)	Confronto con i limiti acustici	
01	Ric 01 EG	1,8 m	52,1	≤ 65 dBA
	Ric 01 1.OG	4,5 m	54,6	≤ 65 dBA
	Ric 01 2.OG	7,3 m	58,7	≤ 65 dBA
	Ric 01 3.OG	10,5 m	64,3	≤ 65 dBA
	Ric 01 4.OG	13,5 m	67,6	> 65 dBA
	Ric 01 5.OG	16,5 m	68,4	> 65 dBA
02	Ric 02 EG	2 m	53,3	≤ 65 dBA
	Ric 02 1.OG	6 m	57,1	≤ 65 dBA
03	Ric 03 EG	1,8 m	52,9	≤ 65 dBA
	Ric 03 1.OG	4,5 m	55,6	≤ 65 dBA
	Ric 03 2.OG	7,5 m	61,6	≤ 65 dBA
	Ric 03 3.OG	10,5 m	65,6	> 65 dBA
	Ric 03 4.OG	13,5 m	67,6	> 65 dBA
	Ric 03 5.OG	16,5 m	68,6	> 65 dBA
	Ric 03 6.OG	19,5 m	68,2	> 65 dBA
	Ric 03 7.OG	22,5 m	68,1	> 65 dBA
04	Ric 04 EG	1,8 m	58,4	≤ 65 dBA
	Ric 04 1.OG	4,5 m	60,9	≤ 65 dBA
	Ric 04 2.OG	7,5 m	63,8	≤ 65 dBA
	Ric 04 3.OG	10,5 m	66,6	> 65 dBA
	Ric 04 4.OG	13,5 m	68,0	> 65 dBA
	Ric 04 5.OG	16,5 m	68,4	> 65 dBA
	Ric 04 6.OG	19,5 m	68,2	> 65 dBA
05	Ric 05 EG	1,8 m	58,1	≤ 65 dBA
	Ric 05 1.OG	4,8 m	60,5	≤ 65 dBA
	Ric 05 2.OG	7,8 m	62,8	≤ 65 dBA
06	Ric 06 EG	1,8 m	58,0	≤ 65 dBA
	Ric 06 1.OG	4,8 m	59,5	≤ 65 dBA
	Ric 06 2.OG	7,8 m	61,5	≤ 65 dBA
	Ric 06 3.OG	10,8 m	63,9	≤ 65 dBA
07	Ric 07 EG	1,8 m	62,4	≤ 65 dBA
	Ric 07 1.OG	4,8 m	63,5	≤ 65 dBA
	Ric 07 2.OG	7,8 m	64,3	≤ 65 dBA
	Ric 07 3.OG	10,8 m	65,8	> 65 dBA
08	Ric 08 EG	1,8 m	66,3	> 55 dBA
	Ric 08 1.OG	5,8 m	67,0	> 55 dBA
09	Ric 09 EG	1,8 m	60,5	> 55 dBA
	Ric 09 1.OG	4,8 m	61,7	> 55 dBA
	Ric 09 2.OG	7,8 m	62,9	> 55 dBA
10	Ric 10 EG	1,8 m	58,4	≤ 65 dBA
	Ric 10 1.OG	4,8 m	60,0	≤ 65 dBA

**Tabella 12 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente e con asfalto fonoassorbente nel tratto del sottopasso)**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	54	di 80





## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente, con asfalto fonoassorbente nel tratto del sottopasso e nuove finestre alle scuole)	Confronto con i limiti acustici
01	Ric 01 EG	1,8 m	52,1
	Ric 01 1.OG	4,5 m	54,6
	Ric 01 2.OG	7,3 m	58,7
	Ric 01 3.OG	10,5 m	64,3
	Ric 01 4.OG	13,5 m	67,6
02	Ric 01 5.OG	16,5 m	68,4
	Ric 02 EG	2 m	53,3
03	Ric 02 1.OG	6 m	57,1
	Ric 03 EG	1,8 m	52,9
	Ric 03 1.OG	4,5 m	55,6
	Ric 03 2.OG	7,5 m	61,6
	Ric 03 3.OG	10,5 m	65,6
	Ric 03 4.OG	13,5 m	67,6
	Ric 03 5.OG	16,5 m	68,6
04	Ric 03 6.OG	19,5 m	68,2
	Ric 03 7.OG	22,5 m	68,1
	Ric 04 EG	1,8 m	58,4
	Ric 04 1.OG	4,5 m	60,9
	Ric 04 2.OG	7,5 m	63,8
	Ric 04 3.OG	10,5 m	66,6
05	Ric 04 4.OG	13,5 m	68,0
	Ric 04 5.OG	16,5 m	68,4
	Ric 04 6.OG	19,5 m	68,2
	Ric 05 EG	1,8 m	58,1
06	Ric 05 1.OG	4,8 m	60,5
	Ric 05 2.OG	7,8 m	62,8
	Ric 06 EG	1,8 m	58,0
07	Ric 06 1.OG	4,8 m	59,5
	Ric 06 2.OG	7,8 m	61,5
	Ric 06 3.OG	10,8 m	63,9
08	Ric 07 EG	1,8 m	62,4
	Ric 07 1.OG	4,8 m	63,5
	Ric 07 2.OG	7,8 m	64,3
	Ric 07 3.OG	10,8 m	65,8
09	Ric 08 EG	1,8 m	36,3
	Ric 08 1.OG	5,8 m	37,0
10	Ric 09 EG	1,8 m	30,5
	Ric 09 1.OG	4,8 m	31,7
	Ric 09 2.OG	7,8 m	32,9
10	Ric 10 EG	1,8 m	58,4
	Ric 10 1.OG	4,8 m	60,0

**Tabella 13 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente, con asfalto fonoassorbente nel tratto del sottopasso e nuove finestre alle scuole)**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	55	di 80	





Le tabelle riportate nelle pagine successive, riportano i valori dei livelli di pressione sonora stimati in facciata dei ricettori analizzati per ogni scenario di intervento in periodo notturno.

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di progetto (con asfalto fonoassorbente nel tratto del sottopasso)	Confronto con i limiti acustici		
01	Ric 01 EG	1,8 m	60,3	> 55 dBA	
	Ric 01 1.OG	4,5 m	63,4	> 55 dBA	
	Ric 01 2.OG	7,3 m	63,3	> 55 dBA	
	Ric 01 3.OG	10,5 m	62,9	> 55 dBA	
	Ric 01 4.OG	13,5 m	62,6	> 55 dBA	
	Ric 01 5.OG	16,5 m	62,2	> 55 dBA	
02	Ric 02 EG	2 m	57,6	> 55 dBA	
	Ric 02 1.OG	6 m	62,8	> 55 dBA	
03	Ric 03 EG	1,8 m	59,5	> 55 dBA	
	Ric 03 1.OG	4,5 m	63,7	> 55 dBA	
	Ric 03 2.OG	7,5 m	64,6	> 55 dBA	
	Ric 03 3.OG	10,5 m	64,2	> 55 dBA	
	Ric 03 4.OG	13,5 m	63,8	> 55 dBA	
	Ric 03 5.OG	16,5 m	63,3	> 55 dBA	
	Ric 03 6.OG	19,5 m	62,9	> 55 dBA	
04	Ric 04 EG	1,8 m	60,0	> 55 dBA	
	Ric 04 1.OG	4,5 m	63,9	> 55 dBA	
	Ric 04 2.OG	7,5 m	64,3	> 55 dBA	
	Ric 04 3.OG	10,5 m	63,9	> 55 dBA	
	Ric 04 4.OG	13,5 m	63,6	> 55 dBA	
	Ric 04 5.OG	16,5 m	63,3	> 55 dBA	
	Ric 04 6.OG	19,5 m	63,0	> 55 dBA	
05	Ric 05 EG	1,8 m	58,8	> 55 dBA	
	Ric 05 1.OG	4,8 m	62,7	> 55 dBA	
	Ric 05 2.OG	7,8 m	64,3	> 55 dBA	
06	Ric 06 EG	1,8 m	57,9	> 55 dBA	
	Ric 06 1.OG	4,8 m	61,3	> 55 dBA	
	Ric 06 2.OG	7,8 m	63,7	> 55 dBA	
	Ric 06 3.OG	10,8 m	64,0	> 55 dBA	
07	Ric 07 EG	1,8 m	60,2	> 55 dBA	
	Ric 07 1.OG	4,8 m	63,6	> 55 dBA	
	Ric 07 2.OG	7,8 m	64,6	> 55 dBA	
	Ric 07 3.OG	10,8 m	64,4	> 55 dBA	
08	Ric 08 EG	1,8 m	62,2	Per le scuole è stato valutato solo il periodo diurno	
	Ric 08 1.OG	5,8 m	64,6		
09	Ric 09 EG	1,8 m	59,6		
	Ric 09 1.OG	4,8 m	62,5		
	Ric 09 2.OG	7,8 m	64,3		
10	Ric 10 EG	1,8 m	59,0		> 55 dBA
	Ric 10 1.OG	4,8 m	62,2		> 55 dBA

**Tabella 14 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito notturno - Stato di progetto (con asfalto fonoassorbente nel tratto del sottopasso)**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	56	di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Punto		Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di progetto (con barriera acustica H = 3 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente)	Confronto con i limiti acustici
01	Ric 01 EG	1,8 m	51,3	≤ 55 dBA
	Ric 01 1.OG	4,5 m	55,9	> 55 dBA
	Ric 01 2.OG	7,3 m	62,1	> 55 dBA
	Ric 01 3.OG	10,5 m	64,8	> 55 dBA
	Ric 01 4.OG	13,5 m	64,9	> 55 dBA
	Ric 01 5.OG	16,5 m	64,5	> 55 dBA
02	Ric 02 EG	2 m	53,0	≤ 55 dBA
	Ric 02 1.OG	6 m	57,3	> 55 dBA
03	Ric 03 EG	1,8 m	52,1	≤ 55 dBA
	Ric 03 1.OG	4,5 m	57,4	> 55 dBA
	Ric 03 2.OG	7,5 m	63,1	> 55 dBA
	Ric 03 3.OG	10,5 m	65,0	> 55 dBA
	Ric 03 4.OG	13,5 m	65,2	> 55 dBA
	Ric 03 5.OG	16,5 m	65,1	> 55 dBA
	Ric 03 6.OG	19,5 m	64,5	> 55 dBA
	Ric 03 7.OG	22,5 m	64,0	> 55 dBA
04	Ric 04 EG	1,8 m	57,1	> 55 dBA
	Ric 04 1.OG	4,5 m	60,6	> 55 dBA
	Ric 04 2.OG	7,5 m	63,5	> 55 dBA
	Ric 04 3.OG	10,5 m	65,0	> 55 dBA
	Ric 04 4.OG	13,5 m	65,0	> 55 dBA
	Ric 04 5.OG	16,5 m	64,8	> 55 dBA
	Ric 04 6.OG	19,5 m	64,4	> 55 dBA
05	Ric 05 EG	1,8 m	57,4	> 55 dBA
	Ric 05 1.OG	4,8 m	60,0	> 55 dBA
	Ric 05 2.OG	7,8 m	62,9	> 55 dBA
06	Ric 06 EG	1,8 m	56,0	> 55 dBA
	Ric 06 1.OG	4,8 m	58,4	> 55 dBA
	Ric 06 2.OG	7,8 m	60,8	> 55 dBA
	Ric 06 3.OG	10,8 m	63,8	> 55 dBA
07	Ric 07 EG	1,8 m	59,0	> 55 dBA
	Ric 07 1.OG	4,8 m	60,3	> 55 dBA
	Ric 07 2.OG	7,8 m	62,6	> 55 dBA
	Ric 07 3.OG	10,8 m	64,9	> 55 dBA
08	Ric 08 EG	1,8 m	62,2	Per le scuole è stato valutato solo il periodo diurno
	Ric 08 1.OG	5,8 m	63,4	
09	Ric 09 EG	1,8 m	57,6	
	Ric 09 1.OG	4,8 m	59,5	
	Ric 09 2.OG	7,8 m	61,6	
10	Ric 10 EG	1,8 m	56,3	
	Ric 10 1.OG	4,8 m	59,3	> 55 dBA

**Tabella 15 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito notturno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 3 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente)**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	57 di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Punto		Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente)	Confronto con i limiti acustici
01	Ric 01 EG	1,8 m	47,4	≤ 55 dBA
	Ric 01 1.OG	4,5 m	49,9	≤ 55 dBA
	Ric 01 2.OG	7,3 m	54,3	≤ 55 dBA
	Ric 01 3.OG	10,5 m	60,1	> 55 dBA
	Ric 01 4.OG	13,5 m	63,5	> 55 dBA
	Ric 01 5.OG	16,5 m	64,3	> 55 dBA
02	Ric 02 EG	2 m	50,2	≤ 55 dBA
	Ric 02 1.OG	6 m	54,2	≤ 55 dBA
03	Ric 03 EG	1,8 m	48,9	≤ 55 dBA
	Ric 03 1.OG	4,5 m	51,7	≤ 55 dBA
	Ric 03 2.OG	7,5 m	58,0	> 55 dBA
	Ric 03 3.OG	10,5 m	61,8	> 55 dBA
	Ric 03 4.OG	13,5 m	63,6	> 55 dBA
	Ric 03 5.OG	16,5 m	64,6	> 55 dBA
	Ric 03 6.OG	19,5 m	64,2	> 55 dBA
04	Ric 04 EG	1,8 m	56,1	> 55 dBA
	Ric 04 1.OG	4,5 m	58,5	> 55 dBA
	Ric 04 2.OG	7,5 m	60,9	> 55 dBA
	Ric 04 3.OG	10,5 m	63,1	> 55 dBA
	Ric 04 4.OG	13,5 m	64,3	> 55 dBA
	Ric 04 5.OG	16,5 m	64,6	> 55 dBA
	Ric 04 6.OG	19,5 m	64,4	> 55 dBA
05	Ric 05 EG	1,8 m	55,6	> 55 dBA
	Ric 05 1.OG	4,8 m	58,0	> 55 dBA
	Ric 05 2.OG	7,8 m	59,8	> 55 dBA
06	Ric 06 EG	1,8 m	54,0	≤ 55 dBA
	Ric 06 1.OG	4,8 m	55,3	> 55 dBA
	Ric 06 2.OG	7,8 m	57,4	> 55 dBA
	Ric 06 3.OG	10,8 m	59,5	> 55 dBA
07	Ric 07 EG	1,8 m	58,2	> 55 dBA
	Ric 07 1.OG	4,8 m	58,9	> 55 dBA
	Ric 07 2.OG	7,8 m	59,6	> 55 dBA
	Ric 07 3.OG	10,8 m	61,1	> 55 dBA
08	Ric 08 EG	1,8 m	61,9	Per le scuole è stato valutato solo il periodo diurno
	Ric 08 1.OG	5,8 m	62,4	
09	Ric 09 EG	1,8 m	56,5	
	Ric 09 1.OG	4,8 m	57,2	
	Ric 09 2.OG	7,8 m	58,7	
10	Ric 10 EG	1,8 m	54,6	
	Ric 10 1.OG	4,8 m	56,0	> 55 dBA

**Tabella 16 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito notturno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente)**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	58	di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Punto		Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m NON rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente)	Confronto con i limiti acustici
01	Ric 01 EG	1,8 m	48,5	≤ 55 dBA
	Ric 01 1.OG	4,5 m	51,8	≤ 55 dBA
	Ric 01 2.OG	7,3 m	58,1	> 55 dBA
	Ric 01 3.OG	10,5 m	63,0	> 55 dBA
	Ric 01 4.OG	13,5 m	64,9	> 55 dBA
	Ric 01 5.OG	16,5 m	65,6	> 55 dBA
02	Ric 02 EG	2 m	52,0	≤ 55 dBA
	Ric 02 1.OG	6 m	56,0	> 55 dBA
03	Ric 03 EG	1,8 m	49,6	≤ 55 dBA
	Ric 03 1.OG	4,5 m	53,6	≤ 55 dBA
	Ric 03 2.OG	7,5 m	61,0	> 55 dBA
	Ric 03 3.OG	10,5 m	64,0	> 55 dBA
	Ric 03 4.OG	13,5 m	65,3	> 55 dBA
	Ric 03 5.OG	16,5 m	65,9	> 55 dBA
	Ric 03 6.OG	19,5 m	65,3	> 55 dBA
04	Ric 04 EG	1,8 m	56,9	> 55 dBA
	Ric 04 1.OG	4,5 m	59,6	> 55 dBA
	Ric 04 2.OG	7,5 m	62,1	> 55 dBA
	Ric 04 3.OG	10,5 m	64,3	> 55 dBA
	Ric 04 4.OG	13,5 m	65,4	> 55 dBA
	Ric 04 5.OG	16,5 m	65,6	> 55 dBA
	Ric 04 6.OG	19,5 m	65,3	> 55 dBA
05	Ric 05 EG	1,8 m	58,9	> 55 dBA
	Ric 05 1.OG	4,8 m	61,1	> 55 dBA
	Ric 05 2.OG	7,8 m	61,9	> 55 dBA
06	Ric 06 EG	1,8 m	55,3	> 55 dBA
	Ric 06 1.OG	4,8 m	56,9	> 55 dBA
	Ric 06 2.OG	7,8 m	59,6	> 55 dBA
	Ric 06 3.OG	10,8 m	62,7	> 55 dBA
07	Ric 07 EG	1,8 m	58,8	> 55 dBA
	Ric 07 1.OG	4,8 m	59,9	> 55 dBA
	Ric 07 2.OG	7,8 m	61,2	> 55 dBA
	Ric 07 3.OG	10,8 m	63,8	> 55 dBA
08	Ric 08 EG	1,8 m	62,0	Per le scuole è stato valutato solo il periodo diurno
	Ric 08 1.OG	5,8 m	62,7	
09	Ric 09 EG	1,8 m	57,0	
	Ric 09 1.OG	4,8 m	58,1	
	Ric 09 2.OG	7,8 m	60,8	
10	Ric 10 EG	1,8 m	55,1	
	Ric 10 1.OG	4,8 m	57,1	> 55 dBA

**Tabella 17 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito notturno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m NON rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente)**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	59	di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente e con asfalto fonoassorbente nel tratto del sottopasso)	Confronto con i limiti acustici	
01	Ric 01 EG	1,8 m	46,6	≤ 55 dBA
	Ric 01 1.OG	4,5 m	49,1	≤ 55 dBA
	Ric 01 2.OG	7,3 m	53,2	≤ 55 dBA
	Ric 01 3.OG	10,5 m	58,3	> 55 dBA
	Ric 01 4.OG	13,5 m	61,4	> 55 dBA
	Ric 01 5.OG	16,5 m	62,3	> 55 dBA
02	Ric 02 EG	2 m	49,8	≤ 55 dBA
	Ric 02 1.OG	6 m	53,6	≤ 55 dBA
03	Ric 03 EG	1,8 m	48,1	≤ 55 dBA
	Ric 03 1.OG	4,5 m	50,9	≤ 55 dBA
	Ric 03 2.OG	7,5 m	57,0	> 55 dBA
	Ric 03 3.OG	10,5 m	60,1	> 55 dBA
	Ric 03 4.OG	13,5 m	61,8	> 55 dBA
	Ric 03 5.OG	16,5 m	62,8	> 55 dBA
	Ric 03 6.OG	19,5 m	62,4	> 55 dBA
	Ric 03 7.OG	22,5 m	62,2	> 55 dBA
04	Ric 04 EG	1,8 m	55,6	> 55 dBA
	Ric 04 1.OG	4,5 m	57,9	> 55 dBA
	Ric 04 2.OG	7,5 m	60,2	> 55 dBA
	Ric 04 3.OG	10,5 m	61,9	> 55 dBA
	Ric 04 4.OG	13,5 m	62,9	> 55 dBA
	Ric 04 5.OG	16,5 m	63,1	> 55 dBA
	Ric 04 6.OG	19,5 m	63,0	> 55 dBA
05	Ric 05 EG	1,8 m	55,3	> 55 dBA
	Ric 05 1.OG	4,8 m	57,5	> 55 dBA
	Ric 05 2.OG	7,8 m	59,1	> 55 dBA
06	Ric 06 EG	1,8 m	52,4	≤ 55 dBA
	Ric 06 1.OG	4,8 m	53,9	≤ 55 dBA
	Ric 06 2.OG	7,8 m	56,1	> 55 dBA
	Ric 06 3.OG	10,8 m	58,0	> 55 dBA
07	Ric 07 EG	1,8 m	56,3	> 55 dBA
	Ric 07 1.OG	4,8 m	57,1	> 55 dBA
	Ric 07 2.OG	7,8 m	58,0	> 55 dBA
	Ric 07 3.OG	10,8 m	59,3	> 55 dBA
08	Ric 08 EG	1,8 m	59,9	Per le scuole è stato valutato solo il periodo diurno
	Ric 08 1.OG	5,8 m	60,5	
09	Ric 09 EG	1,8 m	54,7	
	Ric 09 1.OG	4,8 m	55,6	
	Ric 09 2.OG	7,8 m	57,5	
10	Ric 10 EG	1,8 m	53,2	
	Ric 10 1.OG	4,8 m	54,9	≤ 55 dBA

**Tabella 18 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito notturno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m rivestita sul lato verso la strada di materiale fonoassorbente e con asfalto fonoassorbente nel tratto del sottopasso)**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	60	di 80



Dall'analisi comparata emergono le seguenti osservazioni, valide sia per l'ambito diurno che per quello notturno:

- nessuno degli interventi modellizzati consente di rientrare nei limiti di legge presso tutti i ricettori considerati ai vari piani;
- tra gli interventi analizzati la posa di asfalto fonoassorbente è quello che realizza decrementi di intensità relativamente costante per tutti i ricettori (circa 1-2 dB di abbattimento del campo sonoro), mentre le barriere comportano un decremento fortemente dipendente dalla posizione reciproca ricettore-barriera-sorgente;
- si attesta in generale una differenza tra la posa di barriere fonoassorbenti rispetto a barriere tradizionali (riflettenti) stimabile intorno agli 1-2 dB, comparabile all'effetto dell'intervento sull'asfalto, pur evidenziando che in certe situazioni tuttavia l'installazione di uno schermo riflettente può esaltare difformità locali del campo sonoro e peggiorare la situazione (RIC03-5);
- un ulteriore intervento alternativo potrebbe consistere nel rivestimento delle pareti del sottopasso con pannelli fonoassorbenti; a tale intervento ulteriore, in coerenza con i risultati sopra esposti, si può assegnare l'effetto di riduzione di 1-2 dB dei livelli di pressione sonora presso i ricettori.

In questa situazione è pertanto preferibile la soluzione che integra tutti gli interventi possibili, in cui all'abbinamento di barriera di 5,25 m su ambo i lati e di posa di asfalto fonoassorbente si accompagna la sostituzione dei serramenti per i piani non raggiunti dall'effetto locale di decremento dell'intensità del campo sonora prodotto dalla presenza della barriera.

Con questo intervento i livelli sonori ai piani più alti infatti rimangono al di sotto dei 65 dB(A) in ambito notturno, pertanto con l'abbattimento stimato per serramenti nuovi (il cui livello di fonoisolamento dovrebbe portare una facciata "standard" a valori di  $D_{2m,rT,w}$  intorno a 40 dB) si rientra sicuramente nei limiti definiti dal D.P.R. 30 Marzo 2004, n. 142 "40 dB(A) Leq notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo".

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	61 di 80



## 9.2 SCUOLA MATERNA STATALE “DON GNOCCHI” - VIA MADRE CABRINI, 22

La modellizzazione acustica è stata effettuata ad un'altezza relativa di 2 m dalla quota del terreno. Le mappe acustiche riportate in Allegato 3 rappresentano le seguenti situazioni:

1. Ambito diurno - Stato di fatto, senza barriera acustica.
2. Ambito diurno - Stato di progetto, con barriera acustica di altezza pari a 5,25 m e lato fonoassorbente sul lato strada con grado di fonoassorbimento medio.

Si riportano nelle tabelle seguenti i risultati delle simulazioni acustiche effettuate nel punto di misura P ( $H = 4,5$  m) e nei punti ricettori R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7 posizionati al piano terra dell'edificio scolastico ( $H = 1,5$  m) e al primo piano ( $H = 4,5$  m). Le tabelle riportano anche la relativa valutazione di conformità ai limiti acustici di legge. Sono state analizzate le seguenti situazioni:

1. Ambito diurno - Stato di progetto, con barriera acustica di altezza pari a 5,25 m.

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato - Stato di progetto (con barriera acustica $H = 5,25$ m)	Confronto con i limiti acustici della Classe II
P	4,5 m	50,0 dBA	$\leq 55$ dBA
R1A	3,5 m	45,0 dBA	$\leq 55$ dBA
R1B	4,5 m	54,0 dBA	$\leq 55$ dBA
R2A	3,5 m	41,5 dBA	$\leq 55$ dBA
R2B	4,5 m	49,5 dBA	$\leq 55$ dBA
R3A	3,5 m	43,5 dBA	$\leq 55$ dBA
R3B	4,5 m	47,0 dBA	$\leq 55$ dBA
R4A	3,5 m	47,0 dBA	$\leq 55$ dBA
R4B	4,5 m	55,0 dBA	$\leq 55$ dBA
R5A	3,5 m	43,5 dBA	$\leq 55$ dBA
R5B	4,5 m	53,0 dBA	$\leq 55$ dBA
R6A	3,5 m	47,0 dBA	$\leq 55$ dBA
R6B	4,5 m	47,5 dBA	$\leq 55$ dBA
R7A	3,5 m	47,0 dBA	$\leq 55$ dBA
R7B	4,5 m	47,0 dBA	$\leq 55$ dBA

**Tabella 19 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di progetto (con barriera acustica  $H = 5,25$  m)**

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	62	di 80	



### 9.3 SCUOLA MATERNA STATALE “CAMPO MARTE” - VIA CAMPO MARTE

La modellizzazione acustica è stata effettuata ad un'altezza relativa di 2 m dalla quota del terreno. Le mappe acustiche rappresentano le seguenti situazioni:

1. Ambito diurno - Stato di fatto, senza barriera acustica.
2. Ambito diurno - Stato di progetto, con barriera acustica di altezza pari a 3 m.

Si riportano nelle tabelle seguenti i risultati delle simulazioni acustiche effettuate nel punto di misura P (H = 3 m) e nei punti ricettori R1, R2 e R3 posizionati al piano rialzato dell'edificio scolastico (H = 3 m) e in giardino (H = 1 m). Le tabelle riportano anche la relativa valutazione di conformità ai limiti acustici di legge. Sono state analizzate le seguenti situazioni:

1. Ambito diurno - Stato di progetto, con barriera acustica di altezza pari a 3 m.
2. Ambito diurno - Stato di progetto, con barriera acustica di altezza pari a 5,25 m.

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato Stato di progetto (con barriera acustica H = 3 m)	Confronto con i limiti acustici della Classe II
P	4,5 m	60,0 dBA	> 55 dBA
R1	3,5 m	55,5 dBA	> 55 dBA
R2	4,5 m	54,5 dBA	≤ 55 dBA
R3	3,5 m	48,5 dBA	≤ 55 dBA

Tabella 20 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 3 m)

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m)	Confronto con i limiti acustici della Classe II
P	4,5 m	51,0 dBA	≤ 55 dBA
R1	3,5 m	45,5 dBA	≤ 55 dBA
R2	4,5 m	47,5 dBA	≤ 55 dBA
R3	3,5 m	45,0 dBA	≤ 55 dBA

Tabella 21 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m)

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	63	di 80	





#### 9.4 SCUOLA MEDIA INFERIORE STATALE “DON MILANI” - VIA SALVEMINI, 1

La modellizzazione acustica è stata effettuata ad un'altezza relativa di 2 m dalla quota del terreno. Le mappe acustiche rappresentano le seguenti situazioni:

1. Ambito diurno - Stato di fatto, senza barriera acustica.
2. Ambito diurno - Stato di progetto, con barriera acustica di altezza pari a 3 m.

Si riportano nelle tabelle seguenti i risultati delle simulazioni acustiche effettuate nel punto di misura P (H = 7,5 m) e nei punti ricettori R1, R2, R3, R4, R5 e R6 posizionati al piano terra dell'edificio scolastico (H = 1,5 m), al primo piano (H = 4,5 m) e al secondo piano (H = 7,5 m). Le tabelle riportano anche la relativa valutazione di conformità ai limiti acustici di legge. Sono state analizzate le seguenti situazioni:

1. Ambito diurno - Stato di progetto, con barriera acustica di altezza pari a 3 m.
2. Ambito diurno - Stato di progetto, con barriera acustica di altezza pari a 5,25 m.

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato Stato di progetto (senza barriera acustica H = 3 m)	Confronto con i limiti acustici della Classe II
P	7,5 m	58,0 dBA	> 55 dBA
R1A	1,5 m	49,5 dBA	≤ 55 dBA
R1B	4,5 m	54,5 dBA	≤ 55 dBA
R1C	7,5 m	57,5 dBA	> 55 dBA
R2A	1,5 m	46,5 dBA	≤ 55 dBA
R2B	4,5 m	51,5 dBA	≤ 55 dBA
R2C	7,5 m	54,5 dBA	≤ 55 dBA
R3A	1,5 m	47,0 dBA	≤ 55 dBA
R3B	4,5 m	52,0 dBA	≤ 55 dBA
R3C	7,5 m	54,5 dBA	≤ 55 dBA
R4A	1,5 m	47,0 dBA	≤ 55 dBA
R4B	4,5 m	53,5 dBA	≤ 55 dBA
R4C	7,5 m	56,5 dBA	> 55 dBA
R5A	1,5 m	41,0 dBA	≤ 55 dBA
R5B	4,5 m	49,5 dBA	≤ 55 dBA
R5C	7,5 m	50,5 dBA	≤ 55 dBA
R6A	1,5 m	41,0 dBA	≤ 55 dBA
R6B	4,5 m	47,0 dBA	≤ 55 dBA
R6C	7,5 m	48,0 dBA	≤ 55 dBA

Tabella 22 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 3 m)

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	64 di 80



Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato Stato di progetto (senza barriera acustica H = 5,25 m)	Confronto con i limiti acustici della Classe II
P	7,5 m	53,5	≤ 55 dBA
R1A	1,5 m	46,5	≤ 55 dBA
R1B	4,5 m	48,5	≤ 55 dBA
R1C	7,5 m	52,0	≤ 55 dBA
R2A	1,5 m	41,5	≤ 55 dBA
R2B	4,5 m	44,5	≤ 55 dBA
R2C	7,5 m	49,5	≤ 55 dBA
R3A	1,5 m	41,5	≤ 55 dBA
R3B	4,5 m	45,0	≤ 55 dBA
R3C	7,5 m	50,0	≤ 55 dBA
R4A	1,5 m	41,0	≤ 55 dBA
R4B	4,5 m	45,5	≤ 55 dBA
R4C	7,5 m	51,5	≤ 55 dBA
R5A	1,5 m	38,0	≤ 55 dBA
R5B	4,5 m	42,0	≤ 55 dBA
R5C	7,5 m	49,0	≤ 55 dBA
R6A	1,5 m	38,5	≤ 55 dBA
R6B	4,5 m	41,0	≤ 55 dBA
R6C	7,5 m	46,5	≤ 55 dBA

Tabella 23 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m)

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	65	di 80	



### 9.5 EDIFICI RESIDENZIALI DI LOCALITÀ CASCINA SECONDINA - VIA EMILIA (TANGENZIALE)

La modellizzazione acustica è stata effettuata ad un'altezza relativa di 2 m dalla quota del terreno. Le mappe acustiche rappresentano le seguenti situazioni:

1. Ambito diurno - Stato di fatto, senza barriera acustica.
2. Ambito notturno - Stato di fatto, senza barriera acustica.
3. Ambito diurno - Stato di progetto, con barriera acustica di altezza pari a 5,25 m.
4. Ambito notturno - Stato di progetto, con barriera acustica di altezza pari a 5,25 m.

Si riportano nelle tabelle seguenti i risultati delle simulazioni acustiche effettuate nel punto di misura P (H = 4 m) e nei punti ricettori R1, R2, R3, R4, R5 e R6 posizionati al piano terra degli edifici residenziali (H = 1,5 m) e al primo piano (H = 4,5 m). Le tabelle riportano anche la relativa valutazione di conformità ai limiti acustici di legge. Sono state analizzate le seguenti situazioni:

1. Ambito diurno - Stato di progetto, con barriera acustica di altezza pari a 5,25 m.
2. Ambito notturno - Stato di progetto, con barriera acustica di altezza pari a 5,25 m.

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato Stato di progetto (con barriera acustica H =5,25 m) Ambito diurno	Confronto con i limiti acustici della Classe IV	Confronto con i limiti acustici della fascia A per strada tipo Ca ex D.P.R. 30/03/2004, n. 142
P	4 m	63,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R1A	1,5 m	63,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R1B	4,5 m	63,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R2A	1,5 m	61,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R2B	4,5 m	61,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R3A	1,5 m	60,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R3B	4,5 m	60,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R4A	1,5 m	59,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R4B	4,5 m	59,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R5A	1,5 m	58,5 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R5B	4,5 m	59,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R6A	1,5 m	59,5 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA
R6B	4,5 m	60,0 dBA	≤ 65 dBA	≤ 70 dBA

Tabella 24 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito diurno (06.00-22.00) - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m)

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico		
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola	Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>								
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	66	di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Punto	Altezza del punto	Leq(A) stimato Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m) Ambito notturno	Confronto con i limiti acustici della Classe IV	Confronto con i limiti acustici della fascia A per strada tipo Ca ex D.P.R. 30/03/2004, n. 142
P	4 m	55,5 dBA	> 55 dBA	≤ 60 dBA
R1A	1,5 m	56,0 dBA	> 55 dBA	≤ 60 dBA
R1B	4,5 m	56,0 dBA	> 55 dBA	≤ 60 dBA
R2A	1,5 m	53,5 dBA	≤ 55 dBA	≤ 60 dBA
R2B	4,5 m	54,0 dBA	≤ 55 dBA	≤ 60 dBA
R3A	1,5 m	52,5 dBA	≤ 55 dBA	≤ 60 dBA
R3B	4,5 m	52,5 dBA	≤ 55 dBA	≤ 60 dBA
R4A	1,5 m	51,0 dBA	≤ 55 dBA	≤ 60 dBA
R4B	4,5 m	51,5 dBA	≤ 55 dBA	≤ 60 dBA
R5A	1,5 m	50,0 dBA	≤ 55 dBA	≤ 60 dBA
R5B	4,5 m	50,5 dBA	≤ 55 dBA	≤ 60 dBA
R6A	1,5 m	50,5 dBA	≤ 55 dBA	≤ 60 dBA
R6B	4,5 m	51,0 dBA	≤ 55 dBA	≤ 60 dBA

Tabella 25 - Risultati delle simulazioni acustiche in ambito notturno (22.00-06.00) - Stato di progetto (con barriera acustica H = 5,25 m)

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola	Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	67 di 80



## 10 ANALISI ECONOMICA DEGLI INTERVENTI PRIORITARI A CARICO DEL COMUNE

L'ultima parte riguarda la definizione delle proposte di intervento e una loro descrizione riassunta tramite l'indice di fattibilità, che consente all'amministrazione comunale di eseguire un confronto tra diverse alternative.

Ci si riferisce in particolare a interventi di tipo "Interventi Diretti", che possono essere analizzati sulla base di tempi e costi di realizzazione e caratterizzati da un Fi che ne consente il confronto.

### 10.1 DEFINIZIONE DELL'INDICE DI FATTIBILITÀ

A partire dai parametri e dalle informazioni inserite nella scheda vengono calcolati GLI INDICI DI FATTIBILITÀ, considerando quanto espresso alla voce Fattibilità nel seguente modo:

$$F = (\text{Efficacia} * \text{Vita utile intervento normalizzata}) / \text{Costo}$$

Gli interventi saranno pertanto ordinati in ordine decrescente di indice di fattibilità (maggiore valore di F migliore intervento) e associati al ricettore caratterizzato dal suo indice di priorità.

Per la definizione dei costi e dell'efficacia degli interventi si può fare riferimento, in assenza di provvedimenti di legge più aggiornati, a quanto indicato nel D.M. 29/11/2000 (costi parametrici). Nel caso di utilizzo dei presenti prezzi, gli stessi sono stati aumentati del 20%.

Tipo di intervento	Campo di impiego	Efficacia	Costo unitario
Pavimentazione antirumore tradizionali	Impiego in situazioni non particolarmente critiche o ad integrazione di altri interventi	3 dB per tutti i ricettori a prescindere dalla quota relativa alla infrastruttura	7,75 €/mq di superficie stradale trattata
Pavimentazioni eufoniche	Impiego in situazioni non particolarmente critiche o ad integrazione di altri interventi	5 dB per tutti i ricettori a prescindere dalla quota relativa alla infrastruttura; è efficace anche alle basse frequenze	15,49 €/mq di superficie stradale trattata
Barriere antirumore artificiali (metalliche, in legno, calcestruzzo, argilla espansa, trasparenti, bromuri)	Impiego tipico in presenza di ricettori di altezza media posti in prossimità della infrastruttura	14 dB per i ricettori posti nella zona A dell'ombra 7 dB per i ricettori posti nella zona B dell'ombra 0 dB per i ricettori posti fuori dalla zona d'ombra	206,37 €/mq

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	68 di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Tipo di intervento	Campo di impiego	Efficacia	Costo unitario
Barriere antirumore artificiali integrate con elemento antidiffrittivo superiore	Impiego tipico in presenza di ricettori di altezza media posti in prossimità della infrastruttura; con elevata densità di ricettori nella zona d'ombra	15 dB per i ricettori posti nella zona A dell'ombra 7,5 dB per i ricettori posti nella zona B dell'ombra 0 dB per i ricettori posti fuori dalla zona d'ombra	232,05 €/mq
Barriere antirumore formate da muro cellulare (alveolare) rinverdito in calcestruzzo o legno	Impiego tipico in presenza di ricettori di altezza media posti in prossimità della infrastruttura	19 dB per i ricettori posti nella zona A dell'ombra 10 dB per i ricettori posti nella zona B dell'ombra 0 dB per i ricettori posti fuori dalla zona d'ombra	298,93 €/mq per interventi su linee ferroviarie in normale esercizio; 252,41 €/mq per interventi su nuove ferrovie, strade/autostrade o tracciati esistenti con possibilità di deviazione del traffico
Barriere vegetali antirumore	Impiego per situazioni non particolarmente critiche con ampie fasce di territorio non edificato tra i ricettori e la sede stradale	1 dB ogni 3 m di spessore della fascia piantumata	77,23 €/mq di terreno piantumato, escluso il costo del terreno
Barriere di sicurezza tradizionali	Applicazioni congiunte di sicurezza ed acustiche	2 dB	180,11 €/mq
Barriere di sicurezza di tipo ecotecnico	Applicazioni congiunte di sicurezza ed acustiche	3 dB	257,17 €/mq
Rilevato antirumore	Richiede una fascia di territorio non edificato tra i ricettori e l'infrastruttura, pari ad almeno 2,1 volta l'altezza del rilevato. Intervento integrabile con barriere vegetali	13 dB per i ricettori posti nella zona A dell'ombra 6 dB per i ricettori posti nella zona B dell'ombra 0 dB per i ricettori posti fuori dalla zona d'ombra	154,22 €/ml per altezze minori o eguali a 3 m dal piano della infrastruttura, senza piantumazioni ed escluso il costo del terreno; 257,17 €/ml per altezze superiori a 3 m e fino a 6 m dal piano stradale, senza piantumazioni ed escluso il costo del terreno
Copertura a cielo aperto, con grigliato di pannelli acustici (baffles)	Aree densamente popolate; edifici alti rispetto all'infrastruttura	10 dB per i ricettori posti al di sopra della copertura 16 dB per i ricettori posti nella zona d'ombra al di sotto della copertura	257,17 €/ml di sede stradale coperta fino a 18 m di larghezza 307,97 €/ml di sede stradale coperta oltre 18 m di larghezza
Copertura totale	Aree molto popolate con edifici alti rispetto alla infrastruttura e livello di rumore elevato	superiore a 25 dB	436,06 €/ml di sede stradale coperta

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	69 di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Tipo di intervento	Campo di impiego	Efficacia	Costo unitario
Giunti silenziosi	Ricettori vicini a ponti o viadotti; intervento ad integrazione di altri, per ridurre i rumori impulsivi	3 dB di $L_{max}$	615,30 €/ml per escursioni dei giunti di $\pm 15$ mm; 10.249,73 €/ml per escursioni dei giunti di $\pm 50$ mm
Rivestimenti fonoassorbenti delle facciate degli edifici	Contesti densamente urbanizzati per migliorare il clima acustico di zona	3 dB	51,17 €/mq
Trattamento antirumore imbocchi di gallerie	Zone con edifici in prossimità di gallerie; l'intervento consiste in un rivestimento interno della galleria	2 dB fino a 30 m dall'imbocco	25.571,92 € per imbocco

*Nota: la zona d'ombra di una barriera acustica è la parte di territorio schermata dalla barriera e delimitata dal piano dell'infrastruttura e dal piano passante per la mezzzeria della corsia o binario di corsa più lontani dalla barriera e per la sommità della barriera stessa. La zona d'ombra si divide in due parti:*

- 1. zona A o di massima protezione, compresa fra il piano in cui si trova l'infrastruttura ed il piano ad essa parallelo passante per la sommità della barriera;*
- 2. zona B compresa fra il piano parallelo all'infrastruttura e passante per la sommità della barriera ed il piano passante per la mezzzeria della corsia o binario di corsa più lontani dalla barriera e per la sommità della barriera stessa.*

*Il territorio posto al di fuori delle zone A e B non è protetto dalla barriera acustica.*

Nel presente studio sono stati stimati valori specifici dei parametri, descritti nei paragrafi seguenti.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	70 di 80



### 10.1.1 COSTI DI REALIZZAZIONE

Il termine di costo è costituito dai soli costi di realizzazione dell'intervento, in quanto si è preferito evidenziare a parte i costi aggiuntivi e quelli per la manutenzione.

Costo di realizzazione intervento = entità \* costo parametrico

I costi di realizzazione dell'intervento sono stati definiti sulla base di costi parametrici, costruiti mediante le voci di prezzario considerate per ogni tipologia di intervento e precedentemente descritte.

ID	Intervento	Costo parametrico
1	Barriera antirumore standard (altezza 3 m)	1.000,00 €/ml
2	Barriera antirumore standard (altezza 5,25 m)	1.800,00 €/ml
3	Serramento fonoisolante standard (dimensioni 1,5 x 1,2)	900,00 €/cad
4	Asfalto fonoassorbente standard	25,00 €/mq

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	71	di 80	





### 10.1.2 EFFICACIA

I valori di attenuazione dei livelli di pressione sonora proposti dal decreto sono coerenti con i valori di letteratura; si riportano a titolo di esempio nella seguente tabella alcuni valori riportati nella documentazione “Risanamento acustico della rete provinciale” – Servizio infrastrutture – Provincia di Bergamo (Agg. 2001)”.

Intervento	Attenuazione livelli di pressione sonora a seguito di intervento
Riduzione della velocità da 100 a 50 km/h in ambito extraurbano	Attenuazione della rumorosità di circa 10 dB(A)
Dimezzamento del flusso veicolare nel tessuto urbano	Attenuazione della rumorosità di circa 3-5 dB(A) se velocità di percorrenza resta costante
Dimezzamento del flusso veicolare nel tessuto urbano	Attenuazione della rumorosità di circa 2-3 dB(A) se velocità di percorrenza aumenta
Asfalto fonoassorbente	10 dB(A) secondo dichiarazione del produttore 3-5 dB(A) in opera, per effetto dell'usura
Barriere antirumore in materiali artificiali	10-15 dB(A)
Barriere antirumore in materiali naturali	5-7 dB(A)

L'efficacia in senso proprio, nell'algoritmo di calcolo, è definita come il rapporto tra il valore dell'attenuazione dei livelli di pressione sonora presso i ricettori portata dall'intervento e il valore iniziale di inquinamento acustico (massimo tra quello diurno e quello notturno).

$$E = \frac{A_{D,N}}{\max(L_{Aeq} - L_{LIM})_{D,N}}$$

se l'attenuazione è maggiore del supero del limite di legge considero un'efficacia del 100 %.

La scheda implementata fa riferimento ai valori riportati nella seguente tabella:

ID	Intervento	Attenuazione A [dB]
1	Barriera antirumore standard (altezza 3 m)	10
2	Barriera antirumore standard (altezza 5,25 m)	10
3	Serramento fonoisolante standard	30
4	Asfalto fonoassorbente standard	3

Per i ricettori considerati in pratica si sono presentate due situazioni:

- ricettori sensibili tipo scuole e ospedali con possibilità di intervenire solo in modo passivo, sostituendo i serramenti;
- ricettori sensibili tipo scuole e ricettori residenziali con possibilità di intervenire in modo attivo, con gli interventi di tipo 1, 2 e 4 sia in modo passivo, sostituendo i serramenti.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	72 di 80



Per i casi che ricadono nella prima situazione indicata si considera l'efficacia dell'intervento costante e pari a 30 dB, per quanto già indicato a pagina 61, per i casi che ricadono nella seconda situazione, in presenza di modellizzazioni, l'efficacia è calcolata considerando l'effettiva differenza tra gli scenari (attuale e futuro) relativi alla realizzazione dell'intervento e in questo caso il termine di efficacia deve essere pesato quando varia per fasce di popolazione esposta (ad esempio per le barriere, dove si hanno diversi livelli di efficacia a seconda della posizione dei ricettori rispetto all'infrastruttura e alla barriera stessa).

$$E = \sum \frac{E_i * P_{EXP,i}}{P_{EXP}}$$

### 10.1.3 VITA UTILE

In relazione alla vita utile da considerare per un serramento nuovo installato in sostituzione del serramento precedente è stato formulata per la fase di uso l'ipotesi di una vita di trenta anni, considerando per un serramento in legno con verniciatura per manutenzione eseguita con vernice all'acqua e applicazione a pennello ogni 5 anni. È stata considerata quindi la tipologia di serramento soggetta al deterioramento più rapido, in modo da non sopravvalutare tale parametro.

In relazione alla vita utile da considerare per un manto di usura con caratteristiche fonoassorbenti sono state seguite le indicazioni desunte dal seguente paragrafo estratto dalla pubblicazione "Piano direttore per il risanamento acustico della rete stradale provinciale - Provincia di Bergamo - settembre 2001".  
"Limitatamente ai dati di cui si dispone è possibile tentare delle proiezioni sul lungo periodo, per stabilire entro quando il manto fonoassorbente sarà acusticamente equivalente a un asfalto tradizionale. Nell'ipotesi che il decadimento prosegua anche nei prossimi mesi con tasso uniforme di circa 0.04 dB/mese, si può prevedere una riduzione a zero del guadagno acustico nell'arco di 6 anni e mezzo dall'asfaltatura. Più precisamente, sulla base degli errori associati alle stime, si possono estrapolare due situazioni limite sulla durata futura dell'asfalto: una proiezione minima di 4 anni ed una massima di oltre 10 anni."

In relazione alla vita utile da considerare per una barriera antirumore di tipo trasparente sono state seguite le indicazioni desunte dalla scheda tecnica riportata a pagina 45, che riporta una garanzia di 10 anni in relazione alle prestazioni della barriera. Tale informazione è stata intergrata con i requisiti indicati nei seguenti capitoli estratti dalla pubblicazione "BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI – Disciplinare tecnico" (Dicembre 1998, Istituto Sperimentale Direzione Tecnica Progettazione - DIVISIONE INFRASTRUTTURA).

### 6 - MANUTENZIONE

*Tutta la costruzione del manufatto dovrà essere tale da garantire che durante i primi 10 anni dopo il collaudo non si debbano eseguire lavori di manutenzione escludendo i lavori dovuti a cause accidentali.*

[omissis]

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	73 di 80



## 7 - FORNITURE DI MATERIALI DI RISERVA

Dopo il collaudo dell'opera, la Ditta può essere chiamata a fornire materiali di riserva alle strutture preposte alla manutenzione, per sostituire gli elementi danneggiati da incidenti. A tal fine la Ditta deve garantire, per i pezzi non reperibili direttamente sul mercato, una disponibilità di magazzino di almeno 10 anni dopo il collaudo.

[omissis]

La tabella seguente riporta i dati che sono stati considerati per il parametro “vita utile dell'intervento” sulla base delle osservazioni sovra esposte.

ID	Intervento	Vita utile intervento
1	Barriera antirumore standard (altezza 3 m)	10 anni
2	Barriera antirumore standard (altezza 5,25 m)	10 anni
3	Serramento fonoisolante standard	30 anni
4	Asfalto fonoassorbente standard	5 anni

## 10.2 DEFINIZIONE DEGLI ALTRI PARAMETRI ECONOMICI

### 10.2.1 COSTO DI PROGETTAZIONE

Il costo di progettazione viene stimato sulla base del costo di realizzazione; la relazione è di tipo semplicemente proporzionale, e riguarda le barriere, per le quali serve una progettazione esecutiva per il dimensionamento dei montanti e dei pannelli in relazione al peso proprio della struttura e delle forze agenti, e i serramenti, per i quali è necessario verificare per il singolo caso i requisiti acustici in modo da evitare inutili sovradimensionamenti. La seguente tabella riporta i valori dei coefficienti lineari considerati per la relazione tra costi di progettazione e costo di realizzazione.

ID	Intervento	Percentuale sul costo realizzazione
1	Barriera antirumore standard (altezza 3 m)	0,11
2	Barriera antirumore standard (altezza 5,25 m)	0,11
3	Serramento fonoisolante standard	0,11
4	Asfalto fonoassorbente standard	0

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	74 di 80



### 10.2.2 COSTO DI MANUTENZIONE

Il costo di manutenzione viene stimato sulla base del costo di realizzazione; la relazione è di tipo semplicemente proporzionale, ad eccezione degli interventi di realizzazione di barriera acustica, che prevedono anche un contributo peggiorativo dovuto alla presenza di eventuali ostacoli o vincoli di accessibilità, secondo la seguente formula:

$$\text{Costo manutenzione (migliaia di euro)} = \text{costo realizzazione} * \% * (1 + \text{incidenza})$$

che fa riferimento ai dati delle seguenti tabelle:

ID	Intervento	Percentuale sul costo realizzazione %
1	Barriera antirumore standard (altezza 3 m)	0,04
2	Barriera antirumore standard (altezza 5,25 m)	0,05
3	Serramento fonoisolante standard	0,01
4	Asfalto fonoassorbente standard	0,04

Accessibilità	Incidenza costo manutenzione
vincoli morfologici trascurabili	0
vincoli morfologici rilevanti	0,3

### 10.2.3 TEMPO DI REALIZZAZIONE

Anche il tempo di realizzazione è parametrizzato; la tabella seguente riporta i valori attribuiti a ogni tipologia di intervento.

ID	Intervento	Parametro caratteristico (Entità)	Tempo realizzazione parametrico (ore/parametro)
1	Barriera antirumore standard (altezza 3 m)	lunghezza	0,4
2	Barriera antirumore standard (altezza 5,25 m)	lunghezza	0,5
3	Serramento fonoisolante standard	numero	1
4	Asfalto fonoassorbente standard	superficie	0,18

Il valore che si ottiene è del tutto strumentale alla possibilità di fornire una connotazione temporale all'intervento, non può pertanto essere considerato un parametro di programmazione nell'ambito di progettazione esecutiva. Si considerano pertanto classi di durata di realizzazione dell'intervento, che comprendono i valori puntuali stimati per prodotto tra l'entità e il tempo parametrico.

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	75 di 80



Accessibilità	Tempo realizzazione parametrizzato (mese)
tempo realizzazione inferiore a 2 settimane	0,5
tempo realizzazione inferiore a 1 mese	1
tempo realizzazione compreso tra 1-2 mesi	1,5
tempo realizzazione superiore a 2 mesi	2

### 10.3 CALCOLO DELL'INDICE DI FATTIBILITÀ PER LE AREE PRIORITARIE

Si rimanda alle tabelle in Allegato 4 che descrivono i dati utilizzati e i risultati ottenuti applicando gli algoritmi di calcolo descritti, oltre alle schede dei ricettori (Allegato 2) che mostrano il confronto tra gli indici di fattibilità degli interventi più alti in graduatoria, caso per caso.

Per quanto riguarda l'intervento di sostituzione dei serramenti, che si rende indispensabile nel caso si voglia ottenere un'efficacia del 100% in tutte le aree critiche individuate, è necessario definire la competenza, in funzione della tipologia di sorgente (strada provinciale, tangenziale,...) e dei ricettori (scuole, residenze).

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi		
<i>Stato di revisione del documento</i>									
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	76	di 80	



## 11 CONCLUSIONI

In conclusione il presente documento si configura come relazione tecnica di accompagnamento alle schede di criticità implementate attraverso il software Microsoft Excel; di seguito si riportano i risultati in forma semplificata dei dati calcolati con il foglio “Tabella finale Indici” del file “Schede di Criticità.xls” riportato in Allegato 2.

Ricettore	Scheda N°	Cd	Cn	Sd	Sn	P	F1	F2	Proprietà	Competenza
Scuola Elementare Statale “Agnelli”	1	6,9	-	9,0	-	32			Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Materna Statale “Campo Marte”	2	2,2	-	6,0	-	7	0,71	0,41	Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Elementare Statale “E. De Amicis”	3	-	-	-	-				Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Materna Statale “San Gualtiero”	4	-	-	-	-				Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Materna e Elementare Statale “Archinti”	5	1,1	-	9,0	-	5			Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Materna Privata “Pio XXII”	6	-	-	-	-				Comune di Lodi	Privata
Scuola Media Inferiore Statale “Ada Negri”	7	1,1	-	15,0	-	8			Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Materna Privata “M. Cabrini”	8	-	-	-	-				Privata	Privata
Scuola Elementare Statale “Barzaghi”	9	1,1	-	15,0	-	8			Comune di Lodi	Comune di Lodi
Istituto Privato “Collegio S.Francesco” e Liceo Classico Statale “Verri”	10	-	-	-	-				Privata	Privata
Ospedale Maggiore	11	1,1	3,5	24,0	16,0	42			Privata	Privata

(continua)

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi			Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi			
<i>Stato di revisione del documento</i>										
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010		Tipo documento	Report Finale	N. pag.	77	di 80	



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Ricettore	Scheda N°	Cd	Cn	Sd	Sn	P	F1	F2	Proprietà	Competenza
Casa di cura "Santa Chiara"	12	1,1	8,8	20,0	20,0	100			Privata	Privata
Scuola Media Inferiore Privata "Andreoli"	13	-	-	-	-				Privata	Privata
Asilo nido di via Volturmo "Clarion"	14	-	-	-	-				Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Diocesana Privata Liceo Scientifico "San Carlo"	15	-	-	-	-				Privata	Privata
Poliambulatorio San Matteo	16	-	-	-	-				Privata	Privata
Scuola Materna ed Elementare Privata "Scaglioni"	17	-	-	-	-				Privata	Privata
Istituto Magistrale Statale "Maffeo Vegio"	18	3,2	-	24,0	-	39			Comune di Lodi	Provincia di Lodi
Scuola Materna Statale "Orfane"	19	-	-	-	-				Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Media Inferiore Statale "Ada Negri"	20	-	-	-	-				Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Materna Statale "Lago di Como"	21	-	-	-	-				Comune di Lodi	Comune di Lodi
C.F.P. "Luigi Clerici"	22	3,5	-	15,0	-	27				Privata
Scuola Materna, Elementare, Media Inferiore Private e ELFAP "Canossa"	23	-	-	-	-				Privata	Privata
Istituto Tecnico Commerciale Statale "A. Bassi"	24	-	-	-	-				Comune di Lodi	Provincia di Lodi
Scuola Materna ed Elementare Statale "Don Gnocchi"	25	3,5	-	15,0	-	27	0,30		Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Materna ed Elementare Privata "Maria Ausiliatrice"	26	-	-	-	-				Privata	Privata

(continua)

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni	Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi	
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	78 di 80



## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Ricettore	Scheda N°	Cd	Cn	Sd	Sn	P	F1	F2	Proprietà	Competenza
Polo Universitario	27	1,5	-	-	-				Comune di Lodi	Privata
Scuola Materna Statale "Chiosino"	28	-	-	-	-				Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Elementare Statale "Arcobaleno"	29	1,1	-	12,0	-	7			Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Media Inferiore Statale "Cazzulani"	30	3,5	-	18,0	-	32	2,47		Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Materna Privata "Sacra Famiglia"	31	-	-	-	-				Privata	Privata
C.F.P. di via Fascetti	32	-	-	-	-				Comune di Lodi	
Liceo Artistico Statale "Piazza"	33	-	-	-	-				Comune di Lodi	Provincia di Lodi
C.F.P. di Via Besana	34	-	-	-	-				Comune di Lodi	
Scuola Media Inferiore Statale "Don Milani"	35	2,2	-	15,0	-	17	0,11	0,07	Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Materna Statale "Salvemini"	36	-	-	-	-				Comune di Lodi	Comune di Lodi
Asilo Nido "Salvemini"	37	-	-	-	-				Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Elementare Statale "Pezzani"	38	-	-	-	-				Comune di Lodi	Comune di Lodi
Centro Professionale per disabili	39	-	-	-	-				Privata	Privata
Istituto Tecnico Industriale ITIS "A. Volta"	40	1,0	-	18,0	-	9			Comune di Lodi	Provincia di Lodi
Liceo Scientifico Statale "Gandini"	41	-	-	-	-				Comune di Lodi	Provincia di Lodi
Scuola Elementare Statale "Pascoli"	42	1,7	-	15,0	-	13	7,41	0,83	Comune di Lodi	Comune di Lodi
Scuola Materna Statale "Calabria"	43	-	-	-	-				Comune di Lodi	Comune di Lodi

(continua)

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi		Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico	
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi
<i>Stato di revisione del documento</i>							
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010	Tipo documento	Report Finale	N. pag.	79 di 80





## PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO

Ricettore	Scheda N°	Cd	Cn	Sd	Sn	P	F1	F2	Proprietà	Competenza
Istituto Professionale di Stato per i Servizi Commerciali, Turistici e della Pubblicità "L. Einaudi"	44	-	-	-	-				Comune di Lodi	Provincia di Lodi
Scuola Media Superiore Statale "Villa Igea"	45	6,9	-	9,0	-	32			Provincia di Lodi	Provincia di Lodi
Scuola di viale Piacenza Bergognone	46	-	-	-	-				Comune di Lodi	Comune di Lodi
Tangenziale di Lodi	47	1,0	1,0	6,0	-	3	0,19		Provincia di Lodi	Provincia di Lodi
Sottopasso di Via San Colombano	48	8,0	8,0	409,5	-	Intervento prioritario	0,06	0,02	Comune di Lodi	Comune di Lodi

I Tecnici Competenti in Acustica

Galatola ing. Edoardo

Zaneboni ing. Paolo

Comm. n.	09210	Cliente	Comune di Lodi			Tipo lavoro	Piano di risanamento acustico			
Emesso da	ing. Paolo Zaneboni		Validato da	ing. Edoardo Galatola		Referente aziendale	ing. Matteo Zanchi			
<i>Stato di revisione del documento</i>										
Rev.	00	Data agg.	21 giugno 2010		Tipo documento	Report Finale	N. pag.	80	di	80