

SOGGETTO ATTUATORE DI PRIMO LIVELLO



COMUNE DI BERGAMO

COMUNE DI BERGAMO

Piazza Giacomo Matteotti, 27 - 24122 Bergamo (BG)

SOGGETTO ATTUATORE DI SECONDO LIVELLO



ATB Mobilità S.p.A.

Via Gleno, 13 - 24125 Bergamo (BG)

REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO

PROGETTO DEFINITIVO

CUP: H11B21006730001 - CIG: 9562909A25

APPALTATORE



Vitali S.p.A.

via Lombardia 2/A

20068 -Peschiera Borromeo (MI)

Mandanti:



Artelia Sas

Rue Simone Veil 16
93400 Saint-Ouen-sur-Seine
(France)



Erregi

Piazza del Viminale 14
00184 Roma (RM)



Studio Carrara

Via T. Tasso 89
24121 - Bergamo (BG)



Pide

Via Fosse 13
36063 Marostica (VI)



Pini

Via Cavour 2
22074 - Lomazzo (CO)

PROGETTISTI

Capogruppo/mandataria



Artelia Italia S.p.A.

Piazza G. Marconi 25

00144 - Roma (RM)

IL PROGETTISTA

Ing. Arch. Giovanni Zallocco

IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE

Ing. Marco Gonella

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. C. Rita Donato

C					
B					
A	Ottobre 2023	Emissione	S. Rodigari	V. Arena	G. Zallocco
REV	DATA	TIPO DI EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO/AUTORIZZATO

4.7 STUDIO DI FATTIBILITA' AMBIENTALE

Relazione clima acustico

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

SCALA:

DATA:

OTTOBRE 2023

Commessa	Lotto	Fase	Tratto	Tipo doc.	Disciplina / WBS 1-2	Progressivo	Revi
B 2 3 D	0 0	D	0 0	R H	I M B R C 0	0 0 2	A

Capogruppo/mandataria:  Passion & Solutions Italia Mandanti:  Passion & Solutions France  ERREDI  pide  PINI  studioCARRARA ARCHITECTS ENGINEERS Urban Builders	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002A	REV. A	FOGLIO 2 di 36

Indice

1. DEFINIZIONI	pag. 4
1.1 Classe acustica I	pag. 6
1.2 Classe acustica II	pag. 6
1.3 Classe acustica III	pag. 7
1.4 Classe acustica IV	pag. 7
1.5 Classe acustica V	pag. 8
1.6 Classe acustica VI	pag. 8
2. RELAZIONE	pag. 9
2.1 Identificazione dell'intervento	pag. 9
I° TRATTO – Comune di Bergamo	pag. 14
II° TRATTO – Comune di Lallio	pag. 18
III° TRATTO – Comune di Dalmine	pag. 21
IV° TRATTO – Comune di Osio Sopra	pag. 23
V° TRATTO – Comune di Osio Sotto	pag. 24
VI° TRATTO – Comune di Verdellino	pag. 26
3. ANALISI DEL CLIMA ACUSTICO	pag. 27
3.1 Considerazioni generali	pag. 27
3.2 Analisi del rumore prodotto dai mezzi tradizionali	pag. 30
3.3 Confronto con i veicoli a trazione elettrica	pag. 32
4. EMISSIONI ACUSTICHE DURANTE LE FASI LAVORATIVE	pag. 34
5. CONCLUSIONI	pag. 36
ALLEGATI	pag. 37

Capogruppo/mandataria:  Passion & Solutions Italia Mandanti:  Passion & Solutions France  REDAZIONE INTERCOMPTON   SMART ENGINEERING  ARCHITETTI ASSOCIATI Dean Builders	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002A	REV. A	FOGLIO 3 di 36

Roma, 26/10/2023

RELAZIONE TECNICA

Il sottoscritto Sandro Luis Rodigari, residente in Roma Via Settime, 22, C.A.P. 00123 - Roma, telefono ufficio 06/30.99.44.42 – 06/30.99.58.33, telefono cellulare 340/0587257, C.F. RDG SDR 78T11 Z600T, P. IVA 09762281005, iscritto all’elenco dei Tecnici competenti in materia di acustica ambientale della Regione Lazio al n. 895 (determinazione B1456 del 08/05/2008)

ATTO

A relazionare circa il miglioramento del clima acustico derivante dalla trasformazione dei mezzi di trasporto (da combustibili fossili ad elettrico) sulla linea che collega Bergamo con i vicini comuni di Lallio, Dalmine, Osio Sopra, Osio Sotto, Verdellino

Capogruppo/mandataria:  Passion & Solutions Italia Mandanti:  Passion & Solutions France  INGEGNERIA DI ARCHITETTURA   SMART ENGINEERING  ARCHITETTURA <i>Green Builders</i>	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002A	REV. A	FOGLIO 4 di 36

1. DEFINIZIONI

Valore di immissione

Il valore di immissione è riferito al rumore immesso nell’ambiente abitativo o nell’ambiente esterno dall’insieme di tutte le sorgenti presenti in un determinato luogo. Anche in questo caso il valore deve essere misurato in prossimità dei ricettori. L’insieme delle sorgenti sonore deve rispettare i limiti di immissione previsti dalla classificazione acustica del territorio per le aree ove sono ubicati i ricettori.

Valore di emissione

Il valore di emissione è riferito al livello di rumorosità prodotto dalla specifica sorgente disturbante, ossia dalla sorgente sonora selettivamente identificabile che costituisce la causa del potenziale inquinamento acustico. Tale valore è misurato in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone e comunità.

Valore di attenzione

Il valore di attenzione segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l’ambiente.

I valori di attenzione sono espressi come livelli continui equivalenti di pressione sonora ponderata “A” riferiti al tempo a lungo termine il quale rappresenta il tempo all’interno del quale si vuole caratterizzare la rumorosità ambientale del territorio.

Questi valori limite, quando sono relativi all’intero tempo di riferimento (diurno o notturno) coincidono con quelli di immissione. Diversamente quando sono riferiti ad un intervallo temporale

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002A	REV. A	FOGLIO 5 di 36

di un'ora, i valori di attenzione si ottengono sommando ai valori di immissione 10 dB per il periodo diurno e 5 dB per quello notturno.

Il superamento di tale valore obbliga l'amministrazione comunale ad adottare i piani di risanamento acustico.

Valore di qualità

Il valore di qualità rappresenta un obiettivo da conseguire nel breve, medio e lungo termine attraverso l'impiego delle nuove tecnologie o delle metodiche di risanamento disponibili al fine di realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla legge quadro.

Limiti differenziali

I valori limiti differenziale di immissione, misurati all'interno degli ambienti abitativi, prevedono che l'incremento al rumore residuo, apportato da una specifica sorgente di rumore, non può superare il limite di 5 dB(A) per il periodo diurno e di 3 dB(A) per quello notturno. Il valore differenziale è quindi ottenuto eseguendo la differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale e quello residuo.

I limiti differenziali non si applicano nei seguenti casi poiché ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile:

- se il livello di rumore ambientale misurato a finestre aperte è inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) in quello notturno;
- se il livello di rumore ambientale misurato a finestre chiuse è inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) in quello notturno;

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France  ERREDI SERVIZIO ASSISTENZA IN INGEGNERIA ED ARCHITETTURA  pide  OPINI SMART ENGINEERING  studioCARRARA ARCHITETTURA Dinner builders	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	IMBRC0 002A	A	6 di 36

Classificazione acustica del territorio ai sensi dell'articolo 1, comma 2 del DPCM 14/11/1997

1.1 Classe acustica I - Aree particolarmente protette

Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc. Valori limite della classe acustica I

Valori limite della classe acustica I

	Limiti assoluti di emissione	Limiti Assoluti di immissione	Limiti differenziali di immissione	Qvalori di qualità	Valori di attenzione riferiti a un'ora
Periodo diurno	45	50	5	47	60
Periodo notturno	35	40	3	37	45

1.2 Classe acustica II - Aree prevalentemente residenziali

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali.

Valori limite della classe acustica II

	Limiti assoluti di emissione	Limiti Assoluti di immissione	Limiti differenziali di immissione	Qvalori di qualità	Valori di attenzione riferiti a un'ora
Periodo diurno	50	55	5	52	65
Periodo notturno	40	45	3	42	50

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002A	REV. A	FOGLIO 7 di 36

1.3 Classe acustica III - Aree di tipo misto

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.

Valori limite della classe acustica III

	Limiti assoluti di emissione	Limiti Assoluti di immissione	Limiti differenziali di immissione	Qvalori di qualità	Valori di attenzione riferiti a un'ora
Periodo diurno	55	60	5	57	70
Periodo notturno	45	50	3	47	55

1.4 Classe acustica IV - Aree di intensa attività umana

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

Valori limite della classe acustica IV

	Limiti assoluti di emissione	Limiti Assoluti di immissione	Limiti differenziali di immissione	Qvalori di qualità	Valori di attenzione riferiti a un'ora
Periodo diurno	60	65	5	62	75
Periodo notturno	50	55	3	52	60

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002A	REV. A	FOGLIO 8 di 36

1.5 Classe acustica V - Aree prevalentemente industriali

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

Valori limite della classe acustica V

	Limiti assoluti di emissione	Limiti Assoluti di immissione	Limiti differenziali di immissione	Qvalori di qualità	Valori di attenzione riferiti a un'ora
Periodo diurno	65	70	5	67	80
Periodo notturno	55	60	3	57	65

1.6 Classe acustica VI - Aree esclusivamente industriali

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

Valori limite della classe acustica VI

	Limiti assoluti di emissione	Limiti Assoluti di immissione	Limiti differenziali di immissione	Qvalori di qualità	Valori di attenzione riferiti a un'ora
Periodo diurno	65	70	-	70	70
Periodo notturno	65	70	-	70	70

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France  ERREDI SERVIZIO ASSISTENZA ED INCASSO PER GLI ARCHITETTI  pide  OPINI SMART ENGINEERING  studioCARRARA ARCHITETTI ASSOCIATI Diana Bultrini	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	IMBRC0 002A	A	9 di 36

2. RELAZIONA

2.1) Identificazione dell'intervento

L'intervento in progetto riguarda il nuovo sistema di trasporto E-BRT realizzato mediante l'utilizzo di veicoli elettrici lunghi 18 metri con capienza massima di circa **120 passeggeri**, in particolare si tratta di **autobus E12 dei cinesi di Yutong** con autonomia da 12 ore che permette la ricarica nel deposito comunale e questo modello sarà utilizzato per gli scopi della presente relazione tecnica. Dalle informazioni reperite per tale mezzo di trasporto è possibile determinare una riduzione dei livelli di emissione sonora pari a 9 dB. Dati più specifici potranno essere ricavati tramite misure in loco tramite campagne di rilevamento in situ con strumentazione fonometrica una volta completati gli interventi di bonifica del manto stradale e l'approvvigionamento dei mezzi di trasporto. In particolare potranno essere determinati i livelli di emissione sonora dei nuovi bus elettrici in modo da poterli confrontare con i medesimi livelli dei bus tradizionali.

Il percorso previsto consentirà di collegare il Polo Intermodale attuale presso la Stazione di Bergamo, con Dalmine (Università di Bergamo), Verdellino (stazione FS) e con il Polo Scientifico del Kilometro Rosso di Stezzano.

La lunghezza complessiva del tracciato è di 29.2 km e prevede n. 21 fermate su entrambi i tragitti Bergamo- Verdellino e Verdellino-Bergamo.

Nelle ore di punta si stima di **trasportare fino a 700 persone** con una corsa ogni 15 minuti.

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002A	REV. A	FOGLIO 10 di 36

Il tracciato di progetto transita sulla strada provinciale SP525, la quale presenta un sedime sufficientemente largo e lineare, al di fuori dei centri abitati di Dalmine, Lallio e Osio sotto (il tracciato prevede una deviazione all'interno di Dalmine nelle vicinanze dell'Università di Ingegneria e delle scuole superiori, considerato punto nevralgico). Il progetto prevede, inoltre, il collegamento con il Polo Scientifico del KmRosso e la stazione FS di Stezzano.

Le caratteristiche principali dell'intervento sono:

- prevalenza di corsie in sede riservata (83%) rispetto alla sede promiscua (17%);
- fermate quasi tutte simmetriche rispetto all'asse stradale, eccetto che nei sensi unici obbligati;
- lungo la direttrice della SP 525, per realizzare la corsia preferenziale dedicata al E-BRT, verrà tombata la Roggia Colleonesca esistente mediante scatolari prefabbricati;
- realizzazione sovrappasso stradale alla rotatoria Guzzanica;
- opere civili minori (sistemazione marciapiedi, aree verdi, recinzioni, ecc...).

Le fermate previste sono le seguenti:

N	COMUNE	DIREZIONE	NOME	TIPOLOGIA PD
1	Bergamo	sud/nord	BERGAMO - Stazione	B
2	Bergamo	sud	BERGAMO - Paleocapa	C
3	Bergamo	sud	BERGAMO - San Giorgio dir. Sud	C
4	Bergamo	nord	BERGAMO - San Giorgio dir. Nord	C
5	Bergamo	sud	BERGAMO - UniBg Dir. Sud	B
6	Bergamo	nord	BERGAMO - UniBg Dir. Nord	Palina
7	Bergamo	sud	BERGAMO - San Tomaso dir. Sud	Palina
8	Bergamo	nord	BERGAMO - San Tomaso dir. Nord	Palina

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France  ERRECI SERVIZIO ARCHITETTICO-CL INGEGNERIA ED ARCHITETTURA  pide  OPINI SMART ENGINEERING  studioCARRARA ARCHITETTURA DISEGNO	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	IMBRC0 002A	A	11 di 36

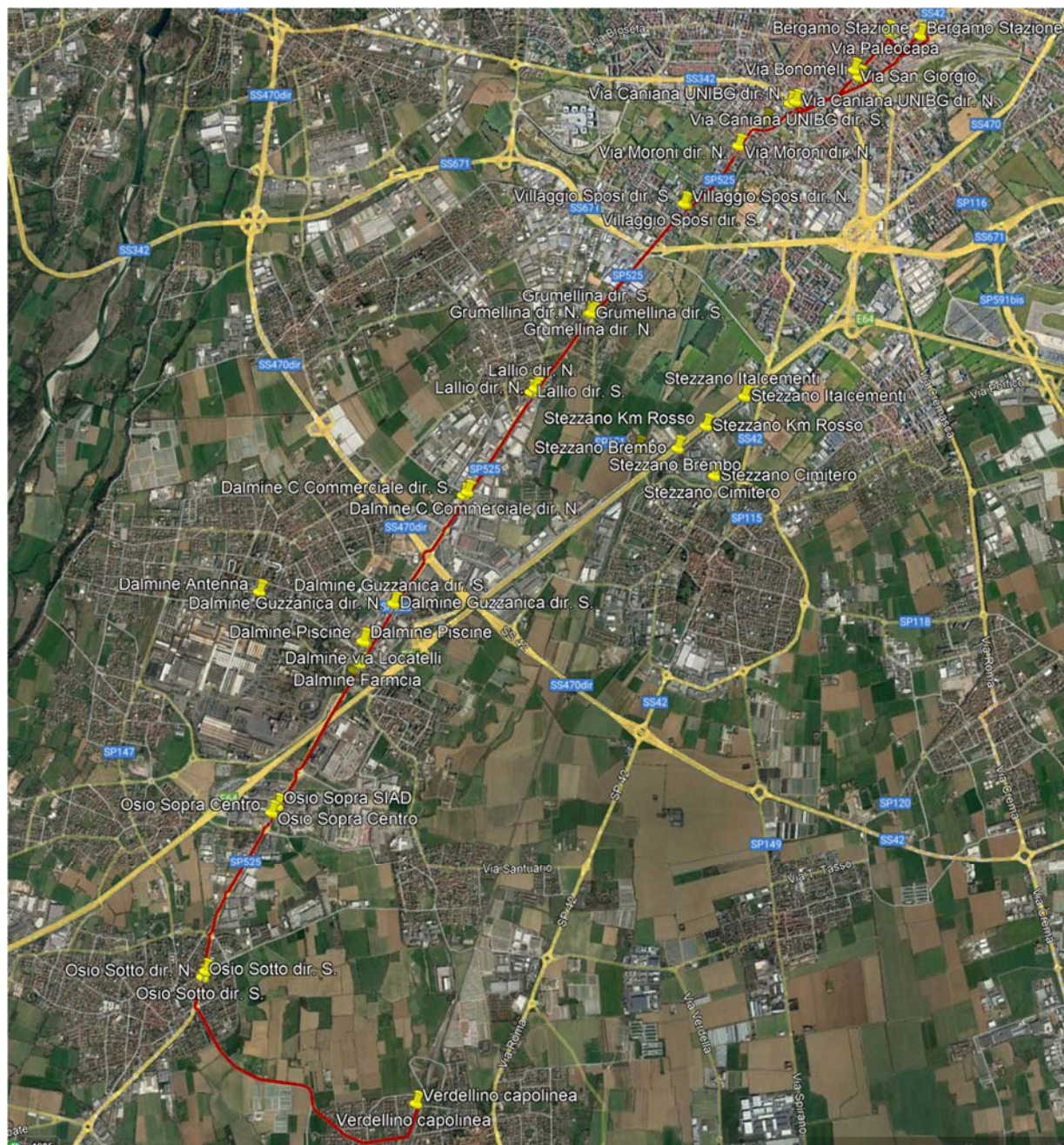
9	Bergamo	sud	BERGAMO - Moroni dir. Sud	A
10	Bergamo	nord	BERGAMO - Moroni dir. Nord	B
11	Bergamo	sud	BERGAMO - Villaggio Sposi dir. Sud	B
12	Bergamo	nord	BERGAMO - Villaggio Sposi dir. Nord	B
13	Bergamo	sud	BERGAMO - Grumello del Piano dir. Sud	A
14	Bergamo	nord	BERGAMO - Grumello del Piano dir. Nord	B
15	Lallio	sud	LALLIO CENTRO - Dir. Sud	B
16	Lallio	nord	LALLIO CENTRO - Dir. Nord	B
17	Dalmine	sud	SP525 Area Commerciale - dir. Sud	A
18	lallio	nord	SP525 Area Commerciale - dir. Nord	A
19	Dalmine	Sud	DALMINE - Guzzanica dir. Sud	Palina
20	Dalmine	Nord	DALMINE - Guzzanica dir. Nord	A
21	Dalmine		DALMINE - Locatelli dir. Sud	A
22	Dalmine		DALMINE - Locatelli dir. Nord	A
23	Dalmine		DALMINE - Antenna	B
24	Dalmine	sud	DALMINE - Veodromo dir. Sud	Palina
25	Dalmine	nord	DALMINE - Veodromo dir. Nord	A
26	Osio Sopra	sud	OSIO SOPRA dir. Sud	A
27	Osio Sopra	nord	OSIO SOPRA dir. Nord	A
28	Osio Sotto	sud	OSIO SOTTO dir. Sud	A
29	Osio Sotto	nord	OSIO SOTTO dir. Nord	A
30	Verdellino	sud	VERDELLINO ZINGONIA dir. Sud	Palina
31	Verdellino	nord	VERDELLINO ZINGONIA dir. Nord	Palina
32	Verdellino	sud/nord	VERDELLINO Stazione	B
33	Stezzano		STEZZANO Stazione	Palina
34	Stezzano		Brembo Stezzano	Palina
35	Stezzano		Kilometro Rosso	Palina
36	Stezzano		Brembo Bergamo	Palina
37	Stezzano		STEZZANO Cascinetto	A

REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO

-PROGETTO DEFINITIVO-

IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
RELAZIONE CLIMA ACUSTICO

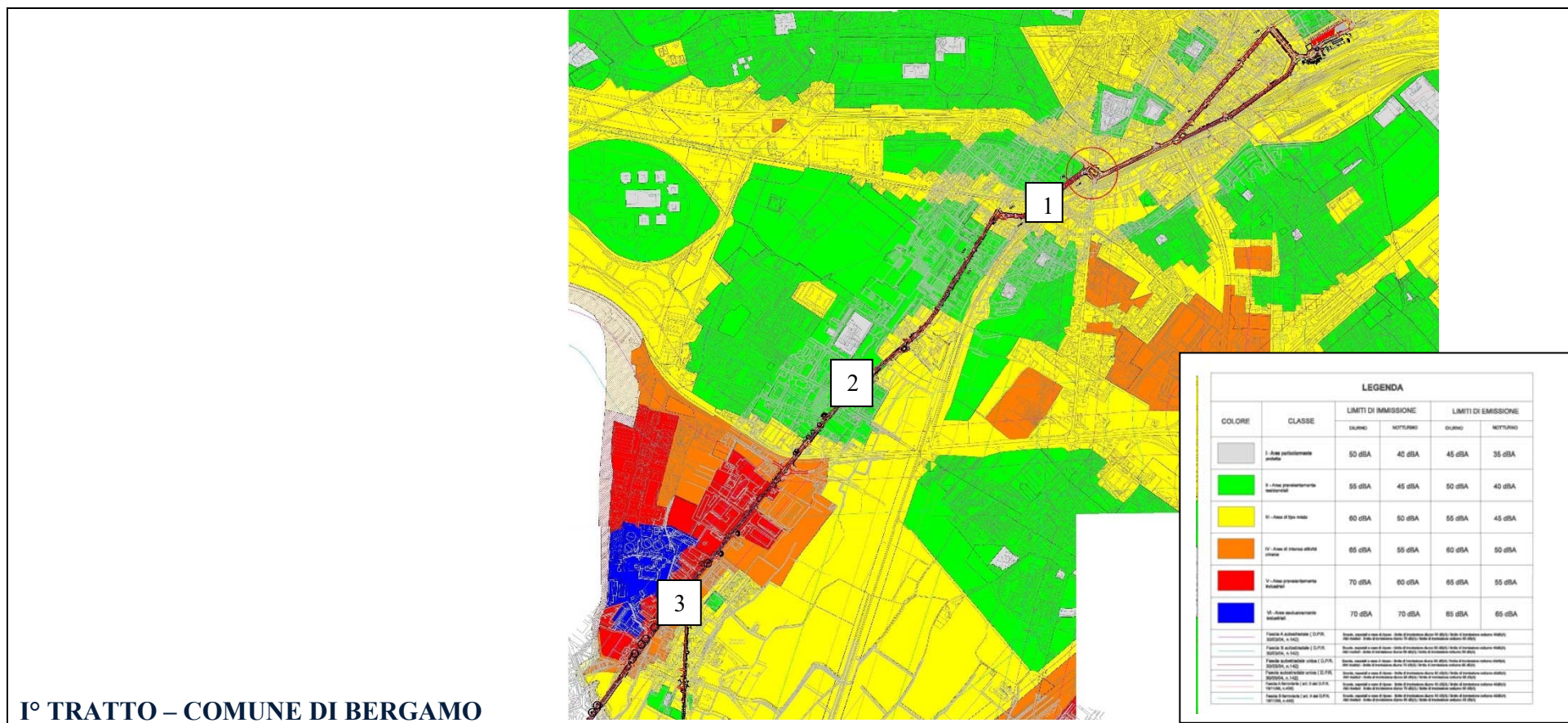
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
B23D	00 D 00	RH	IMBRC0 002A	A	12 di 36



Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France  ERREDI SISTEMI AUTOMATI DI INTELLIGENZA ED INNOVATION  pide  OPINI SMART ENGINEERING  studioCARRARA ARCHITETTURA Design Builders	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	IMBRC0 002A	A	13 di 36

Il percorso anzidetto attraversa numerosi comuni e, pertanto, è inserito all'interno di varie zonizzazioni acustiche comunali che si riportano di seguito (laddove disponibili). Le zone indicate sono classificate secondo l'elenco riportato al punto 2) e particolare attenzione dovrà essere posta in prossimità dei c.d. ricettori sensibili di Classe I ai sensi del DPCM 14/11/97 ovvero zone nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione come, ad esempio, ospedali, scuole, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici. Risulta evidente che, se da un lato la transizione verso la trazione elettrica della linea di trasporto pubblico locale porterà un beneficio a detti ambienti a seguito del miglioramento del clima acustico, è altresì vero che le opere di cantierizzazione ed edilizie dovranno essere puntualmente progettate dal punto di vista delle emissioni acustiche in modo da rispettare i limiti previsti per tali strutture.

Capogruppo/mandataria:  Passion & Solutions Italia Mandanti:  Passion & Solutions France  SISTEMI INTEGRATI DL INGEGNERIA ED ARCHITETTURA   SMART ENGINEERING  ARCHITETTURA INNOVATIVA design builders	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	IMBRC0 002A	A	14 di 36



In questo primo tratto vengono attraversate n. 04 aree di zonizzazione acustica: si passa dalle aree prevalentemente residenziali fino alle aree prevalentemente industriali presenti nel quadrante sud ovest.

Prendendo in considerazione i valori limite di immissione (ovvero i valori massimi di rumore che possono essere immessi da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori) passiamo da un valore di 55 dBA per le zone prevalentemente residenziali ad un valore di 70 dBA per le zone prevalentemente industriali.

ESEMPIO AREA DI TIPO MISTA



L'area di tipo mista (corrispondente al punto 1 in planimetria) costituisce una zona in cui vi è la compresenza della linea ferroviaria (a sinistra in foto) con una zona di tipo residenziale.

Capogruppo/mandataria: ARTELIA Passions & Solutions Italia Mandanti: ARTELIA Passions & Solutions France ERREDA RISORSE INTEGRATE PROGETTO DI ARCHITETTURA pide OPINI SMART ENGINEERING studio CARRARA ARCHITETTURA E URBANISMO <i>Design builders</i>	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 16 di 36

AREA PREVALENTEMENTE RESIDENZIALE (Villaggio degli Sposi – BG)



L'area corrisponde al punto 2) indicato in planimetria e costituisce una zona densamente edificata con attività commerciali di tipo “vicinato” ed edifici esclusivamente residenziali dove il comfort acustico (soprattutto in corrispondenza dell’orario notturno) costituisce un elemento essenziale per la vivibilità della zona e per la presenza antropica.

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 17 di 36

AREE DI TIPO INDUSTRIALE



Le aree industriali di cui al punto 3) indicato in planimetria prevedono zone con presenza di grossi stabilimenti industriali (capannoni, fabbriche, grandi strutture di vendita, ecc.) e l'esclusione di qualsiasi tipo di insediamento residenziale.

Capogruppo/mandataria:



Mandanti:



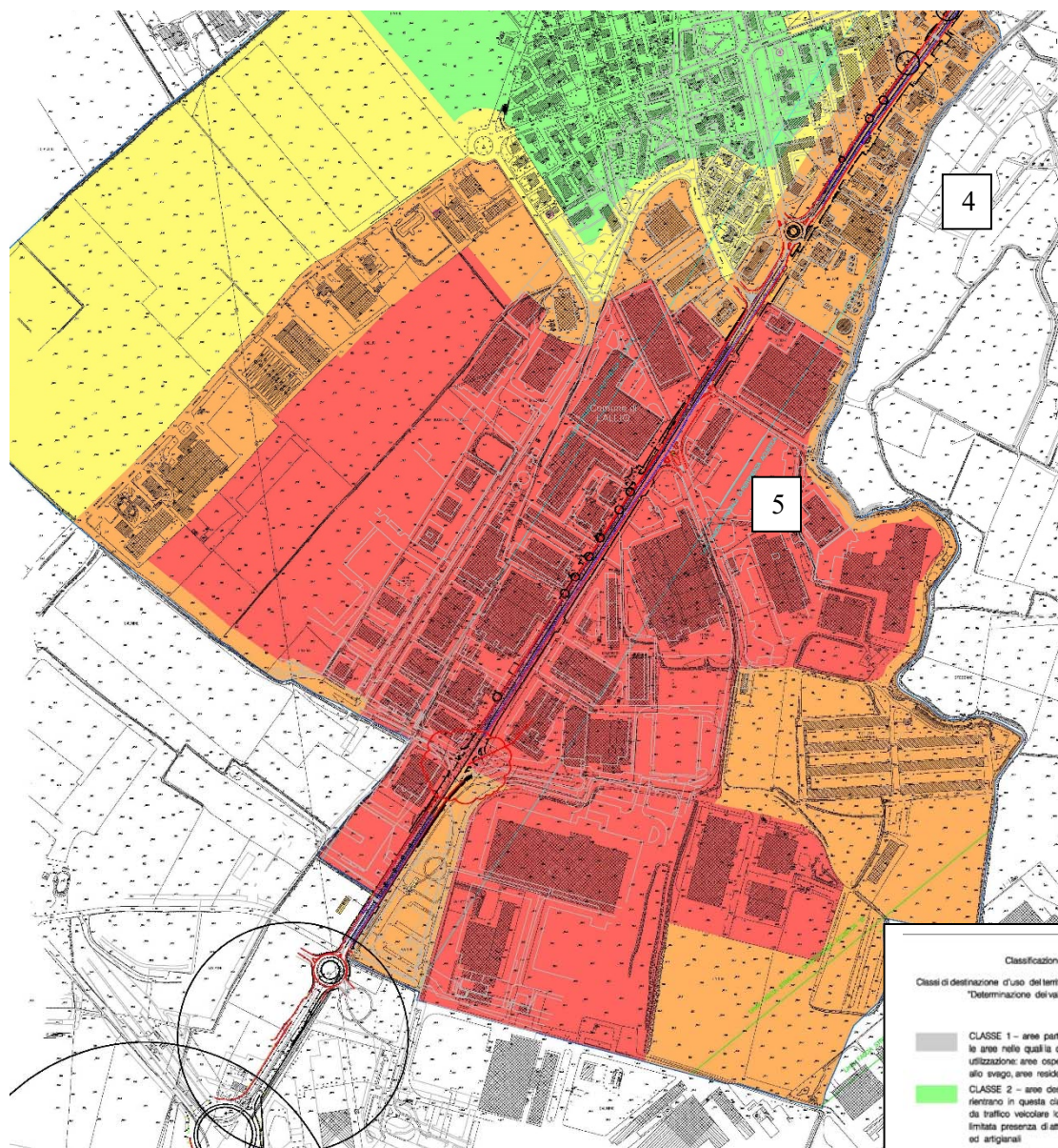
REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO

-PROGETTO DEFINITIVO-

IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 RELAZIONE CLIMA ACUSTICO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
B23D	00 D 00	RH	IMBRC0 002	A	18 di 36

II° TRATTO – COMUNE DI LALLIO



Classificazione del territorio comunale	
Classi di destinazione d'uso del territorio – tabella A allegata al DPCM 14/197 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"	
	CLASSE 1 – aree particolarmente protette: rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali.
	CLASSE 2 – aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali.
	CLASSE 3 – aree di tipo misto: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.
	CLASSE 4 – aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali, uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.
	CLASSE 5 – aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
	CLASSE 6 – aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 19 di 36

Il Comune di Lallio è caratterizzato da una porzione limitata di insediamenti residenziali nella parte nord mentre il resto del territorio comunale è principalmente destinato ad aree artigianali/commerciali/industriali.

In questo Comune si attraversa infatti una prima parte di aree di tipo IV (aree di intensa attività umana - ovvero l'area posta nel quadrante nordest che, pur essendo interessata da insediamenti di tipo residenziale, si trova in prossimità della SP 525) fino ad una seconda di tipo V (area prevalentemente industriale – ed è infatti caratterizzata da insediamenti di tipo prettamente industriale con capannoni, centri produzione).

AREA DI INTENSA ATTIVITA' UMANA



L'area (indicata con il punto 4) è caratterizzata dalla compresenza di zone residenziali e zone produttive nonché dalla presenza della Strada Provinciale 525.

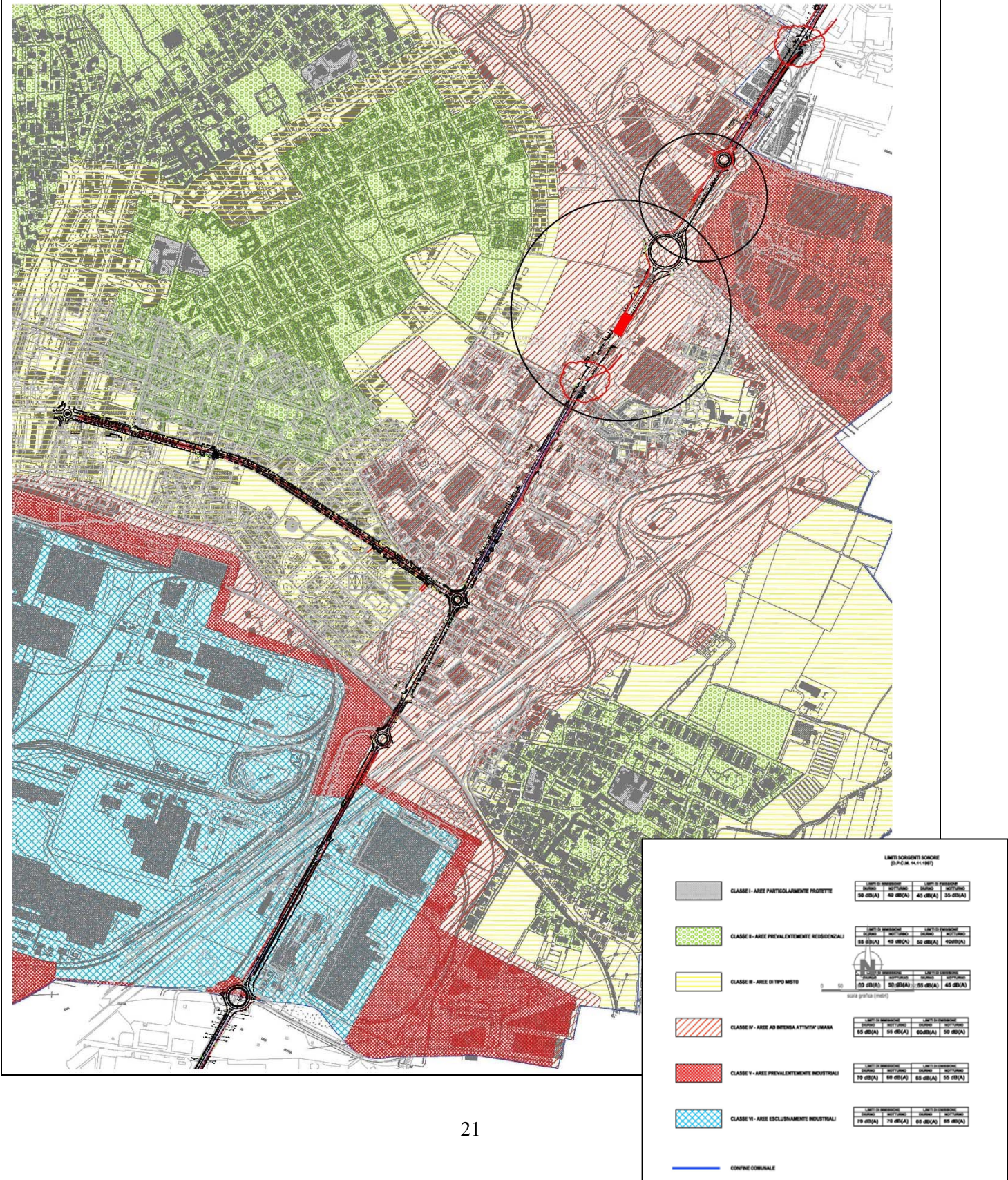
Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 20 di 36

AREA PREVALENTEMENTE INDUSTRIALE



L'area prevalentemente industriale (punto 5 in planimetria) comprende numerose attività industriali, magazzini e stabilimenti produttivi.

III° TRATTO – COMUNE DI DALMINE



Capogruppo/mandataria: ARTELIA Passion & Solutions Italia ARTELIA Passion & Solutions France ERREDA INGEGNERIA DI ARCHITETTURA pide OPINI SMART ENGINEERING studio CARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA <i>Design builders</i>	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 22 di 36

All'interno del territorio di questo comune, la linea di trasporto pubblico passa da area di classe IV (intensa attività umana) ad area di classe VI (aree esclusivamente industriali).



Capogruppo/mandataria: ARTELIA Passion & Solutions Italia Mandanti: ARTELIA Passion & Solutions France ERREDA RISORSE INTEGRATE PROGETTO DI ARCHITETTURA pide OPINI SMART ENGINEERING studioCARRARA ARCHITETTURA <i>Design builders</i>	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 23 di 36

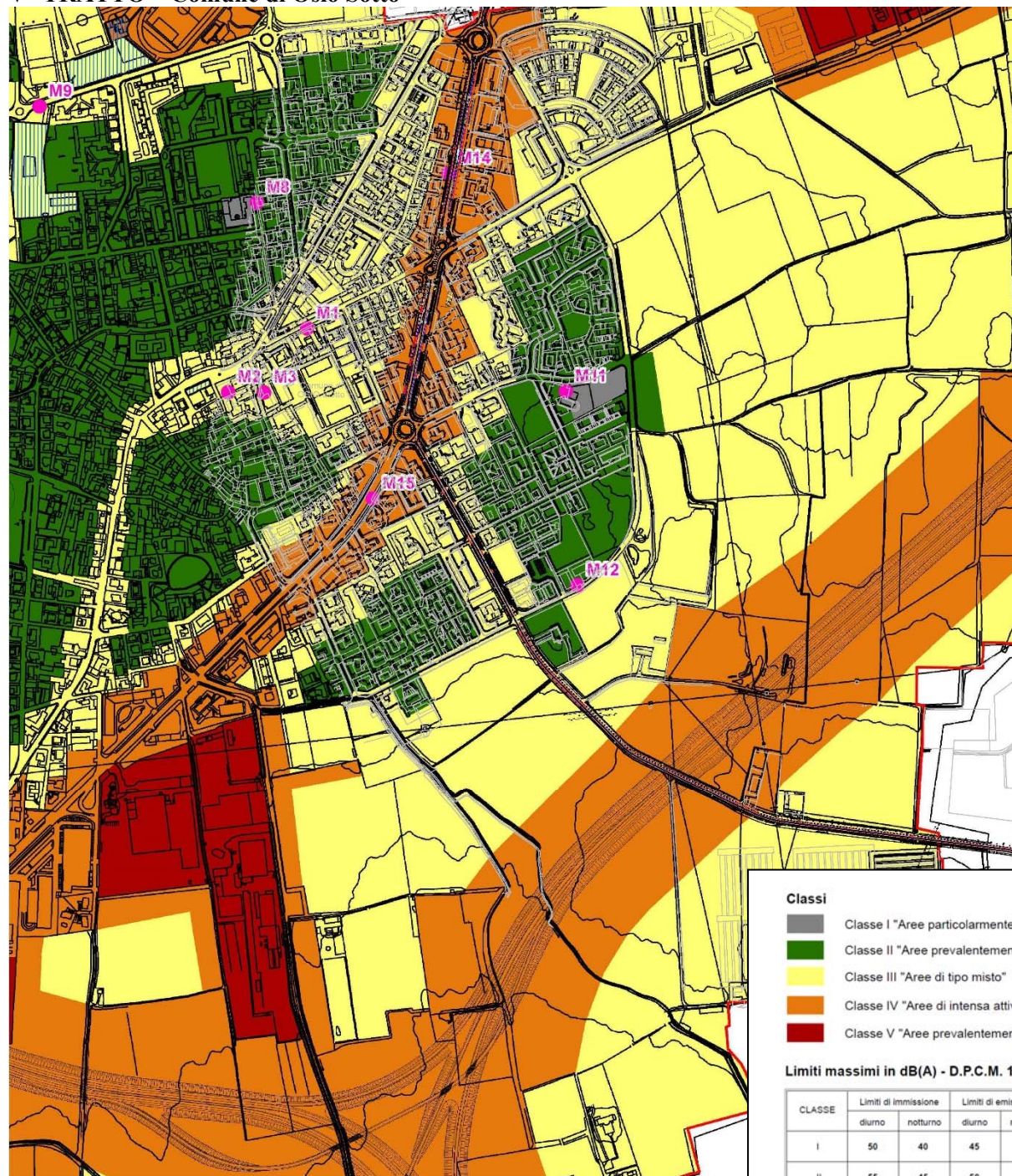
IV° TRATTO – COMUNE OSIO SOPRA

Per questo Comune non è stato possibile reperire le planimetrie della zonizzazione acustica comunale, tuttavia la Strada Provinciale 525 attraversa prevalentemente zone di intensa attività umana/industriali



Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France  ERREDI SISTEMI INTEGRATI DI ARCHITETTURA  pide  PINI SMART ENGINEERING  studioCARRARA ARCHITETTURA URBANA Design builders	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-												
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>IMBRC0 002</td><td>A</td><td>24 di 36</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	IMBRC0 002	A	24 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	IMBRC0 002	A	24 di 36								

V° TRATTO – Comune di Osio Sotto



Classi	
	Classe I "Aree particolarmente protette"
	Classe II "Aree prevalentemente residenziali"
	Classe III "Aree di tipo misto"
	Classe IV "Aree di intensa attività umana"
	Classe V "Aree prevalentemente industriali"

Limiti massimi in dB(A) - D.P.C.M. 14.11.1997

CLASSE	Limiti di immissione		Limiti di emissione	
	diurno	notturno	diurno	notturno
I	50	40	45	35
II	55	45	50	40
III	60	50	55	45
IV	65	55	60	50
V	70	60	65	55
VI	70	70	65	65

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 25 di 36

In questo tratto abbiamo un cambio di direzione importante: dopo un primo tratto all'interno di una zona di classe IV, il percorso devia verso Via di Verdellino, inoltrandosi in una zona di classe III (aree di tipo misto).

AREA DI INTENSA ATTIVITA' URBANA



Si noti in quest'area, oltre alla presenza della Strada Provinciale 525, la compresenza di immobili di tipo residenziale (sul lato sinistro) con attività artigianali/industriali (sul lato destro della foto).

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 26 di 36

VI° TRATTO – COMUNE DI VERDELLINO

Anche per questo Comune non è stato possibile reperire la planimetria della zonizzazione acustica del territorio, tuttavia, date le caratteristiche del percorso e del tessuto, si può ritenere che la zona possa essere classificata come Classe acustica III - Aree di tipo misto *ovvero* aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.



Vista di un tratto di percorso all'interno del Comune di Verdellino ove si denota la compresenza di edifici di tipo residenziale ed attività commerciali/artigianali.

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 27 di 36

3. ANALISI DEL CLIMA ACUSTICO

3.1 Considerazioni generali

Il percorso della linea E-BRT avviene principalmente attraverso la Strada Provinciale 525 ovvero una arteria che collega tutti i Comuni interessati e, fondamentalmente, attraversa zone a prevalente caratteristica industriale.

L'arteria è utilizzata sia per il traffico veicolare tra i diversi comuni sia da traffico commerciale di tipo pesante (camion, furgoni, tir, ecc.) che effettuano servizio di trasporto/consegna nei numerosi stabilimenti presenti.

Ai lati della strada sono presenti capannoni, centri direzionali e grandi strutture di vendita, ovvero zone per le quali il clima acustico NON rappresenta un parametro essenziale per la fruizione della zona, tuttavia il miglioramento del clima acustico interesserà in modo sensibile le aree residenziali interessate dal percorso (soprattutto durante il periodo notturno).

Le zone inferiori alla classe V sono in ogni caso fortemente influenzate dall'elevato traffico veicolare (anche di tipo pesante) presente nella Strada Provinciale.

La direttiva europea 2002/49/EC stabilisce come soglie di salvaguardia della salute di **50 decibel per il rumore notturno** e 55 decibel per quello diurno.

Per l'OMS, l'esposizione a rumori al di sopra di questi livelli ha **impatti negativi sulla salute**, specialmente quando si tratta di un'esposizione prolungata e di lungo termine, provocando una serie di patologie e disturbi fisici e mentali.

I principali effetti sulle **persone** dell'inquinamento acustico sono:

- riduzione dell'udito;
- perdita totale della capacità uditiva;

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 28 di 36

- aggravamento delle malattie cardiovascolari;
- aumento del livello di stress e ansia;
- incremento dell'aggressività;
- disturbi del sonno.

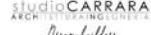
Senza voler entrare nel merito della questione (che esula dalle competenze dello scrivente) si vedano le conclusioni di uno studio dell'Università di Göteborg, in Svezia (*Road traffic noise abatement scenarios in Gothenburg 2015 – 2035* , Mikael Ögren*, Peter Molnár, Lars Barregard

Occupational and Environmental Medicine, Institute of Medicine, Sahlgrenska Academy, University of Gothenburg, Box 414, 405 30 Gothenburg, Sweden), dove dal 2019 gli autobus ibridi sono stati sostituiti da alternative full electric lungo la linea 60 (allegato alla presente).

Nei tre anni successivi alla sostituzione è stato quindi condotto un esperimento per capire quanto la silenziosità dei mezzi a batteria incida sulla vita dei residenti.

A dare ancora più valore ai risultati sono le caratteristiche delle strade protagoniste della prova, dove i livelli di inquinamento acustico causati dal precedente sistema di trasporto erano percepiti come fastidiosi, soprattutto nei tratti in salita. Alcuni test precedenti dimostravano addirittura **disturbi da rumore a bassa frequenza**.

L'analisi dell'Università di Göteborg ha dunque selezionato casualmente alcuni residenti della zona, sia prima che dopo il passaggio all'elettrico, dividendoli in due gruppi: una metà che abita in case che fiancheggiano la linea 60 e un'altra che vive invece a una distanza maggiore. Per eseguire le misurazioni sono stati installati anche 10-12 microfoni nelle abitazioni interessate.

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France  ERREDA PROGETTO E REALIZZAZIONE DI INTERVENTI DI ARCHITETTURA  pide  OPINI SMART ENGINEERING  studioCARRARA ARCHITETTURA E INGENNERIA Diana Bultrini	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	IMBRC0 002	A	29 di 36

Il numero di intervistati che hanno notato i suoni emessi dagli autobus è sceso dal 75% al 39%,
mentre quello delle persone infastidite dai rumori più forti è diminuito dal 26% al 5%.

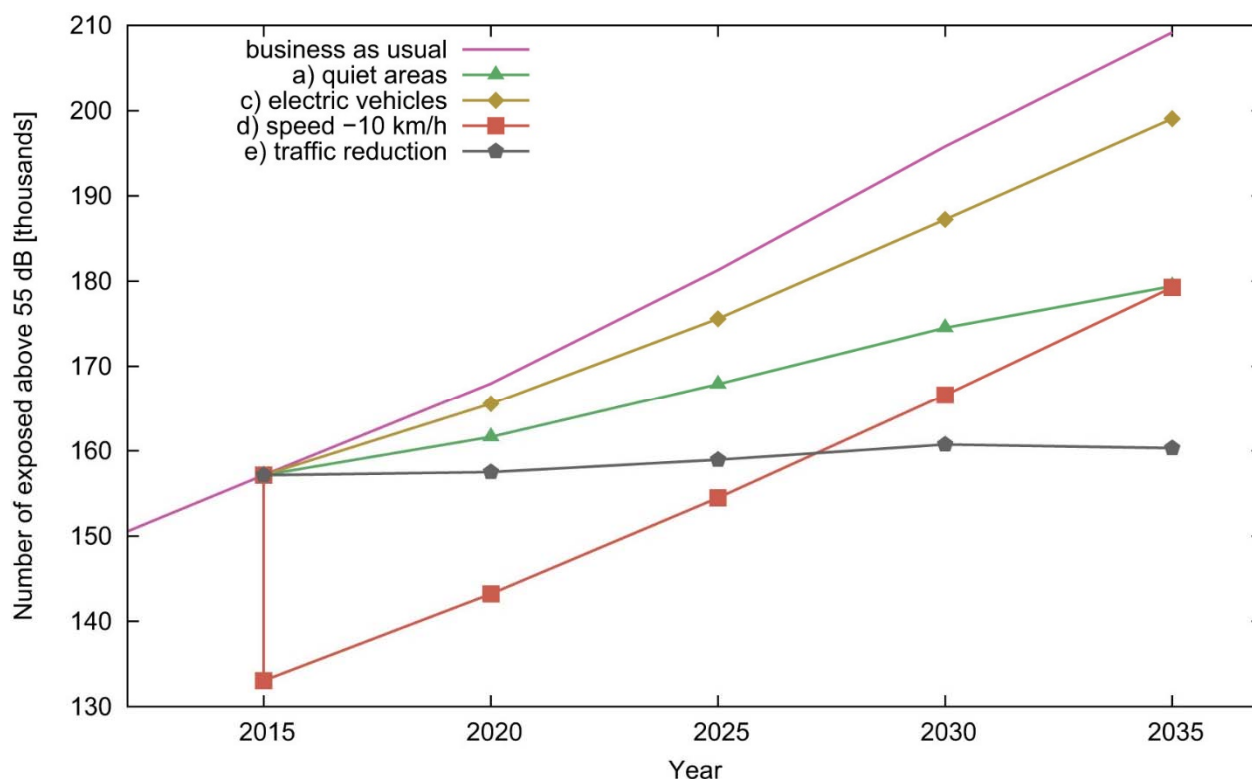


Figura 2. Numero stimato di abitanti (migliaia) esposti a livelli di rumore equivalente ponderati A (24 ore) dovuti al traffico stradale in facciata superiore a 55 dB. Risultati per le nuove abitazioni in aree tranquille (scenario a), i veicoli elettrici (scenario c), la riduzione della velocità globale (scenario d) e la riduzione del traffico (scenario e).

Risulta evidente che il passaggio da trasporto tradizionale a elettrico consente una diminuzione dell'esposizione al rumore sia in periodo diurno che notturno poiché, diminuendo l'immissione sonora dei mezzi in circolazione, si migliora il clima acustico della zona.

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 30 di 36

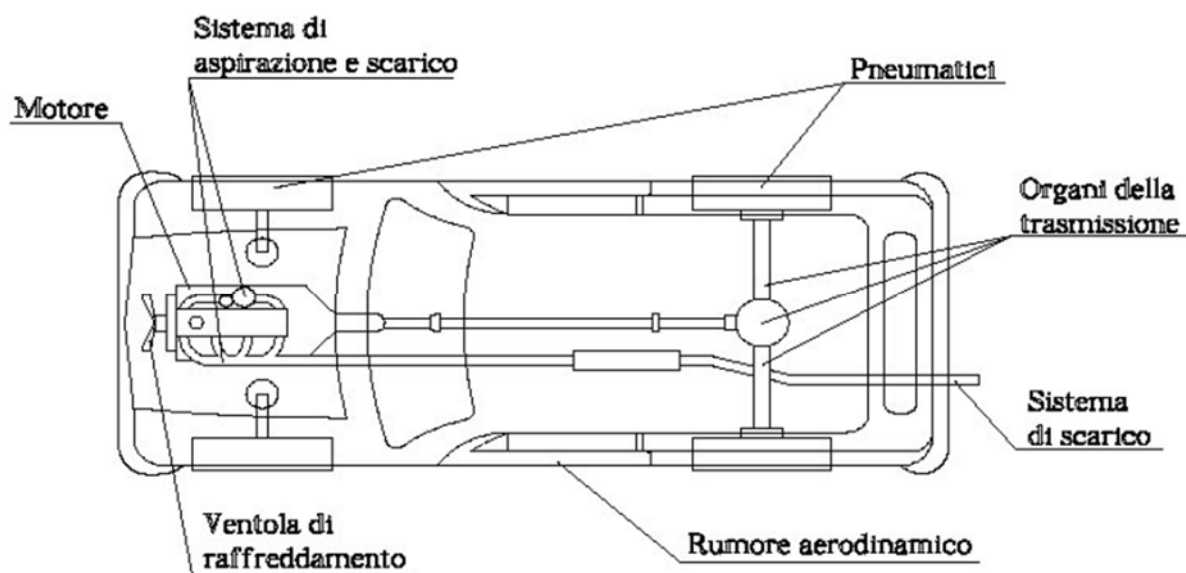
3.2 ANALISI DEL RUMORE PRODOTTO DAI MEZZI TRADIZIONALI

All'origine del rumore veicolare dei mezzi di trasporto tradizionali possiamo individuare varie sorgenti, componendo i livelli delle quali si ottiene il livello globale, che rientrano in due principali categorie:

- Quelle collegate con il numero di giri del motore (power train);
- Quelle correlate con la velocità del veicolo su strada.

Nella prima categoria, che è indipendente dalla seconda, rientrano il motore, l'impianto di aspirazione e scarico, la ventola di raffreddamento, gli alberi di trasmissione, il cambio, le pompe idrauliche e i generatori elettrici.

Nella seconda, invece, rientrano il rumore provocato dall'interazione pneumatici-strada ed il rumore aerodinamico.



Il rumore del motore è principalmente dovuto all'aspirazione dell'aria, alla combustione della camera di scoppio, alla emissione dei gas combusti, agli accoppiamenti meccanici, alle vibrazioni (causate dai carichi variabili determinati dalla pressione dei gas, alle forze di inerzia, all'azione delle masse rotanti e di quelle in moto relativo) ed alle vibrazioni indotte nella carrozzeria.

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 31 di 36

Il rumore da rotolamento dipende, sostanzialmente, dalla velocità del veicolo e dalle caratteristiche e condizioni del manto stradale (rugosità, tipo di inerti e granulometrie utilizzate, grado di ammaloramento, proprietà di assorbimento acustico), mentre le caratteristiche del pneumatico (dimensione, carico, pressione di gonfiaggio, disegno del battistrada, grado di usura), il peso del veicolo e la sua accelerazione hanno una minore influenza.

Tale rumore è essenzialmente causato dall’impatto del battistrada sulla superficie (“rumore di impatto”), dalla vibrazione dell’aria compressa fra i tasselli del battistrada per effetto della deformazione elastica del pneumatico (“pompaggio dell’aria”) e dal cosiddetto “slip and stick” (aggrappamento del pneumatico sugli inerti dello strato superficiale della pavimentazione stradale).

Le emissioni generate dal rumore di rotolamento si trovano in generale al di sotto dei 1000 Hz, ovvero nel campo delle basse frequenze.

Il rumore aerodinamico è dovuto all’impatto della vettura contro l’aria ed è funzione, oltre che della velocità, del profilo della carrozzeria; esso copre di norma frequenze comprese tra i 500 ed i 3000 Hz ed è particolarmente fastidioso perché interferisce con la voce parlata.

Secondo indagini svolte dalla CEE risulta che il 45% delle emissioni sonore è causato dallo scappamento, il 30% dal motore, il 10% dalla aspirazione, il 10% dalla ventola e solo il 5% dall’attrito con la superficie stradale.

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 32 di 36

3.3 CONFRONTO CON I VEICOLI A TRAZIONE ELETTRICA

Stando a quanto sopra riportato, vediamo ora le differenze con un veicolo a trazione elettrica:

- **Rumore dovuto all'aspirazione dell'aria:** assente nei veicoli elettrici in quanto non prevista fase di carburazione e conseguente aspirazione dell'aria.
- **Rumore dovuto alla camera di scoppio e alla emissione dei gas combusti:** ovviamente questi componenti non esistono e pertanto non producono alcun rumore.
- **Rumore dovuto agli accoppiamenti meccanici:** gli accoppiamenti meccanici sono ridotti al minimo indispensabile.
- **Rumore dovuto alle vibrazioni:** le vibrazioni indotte dalla pressione dei gas e del funzionamento del motore sono eliminate.
- **Rumore prodotto dalla carrozzeria e dai pneumatici:** questo tipo di rumore non può essere completamente eliminato passando alla trazione elettrica poiché dipende solo in minima parte dal tipo di trazione. Possono essere invece adottati dei miglioramenti nel manto stradale, utilizzando asfalti ad elevate prestazioni acustiche (in grado di ridurre ulteriormente le emissioni rumorose prodotte dal sistema pneumatico-asfalto di ca. 2-5 dB).

Capogruppo/mandataria:  Passion & Solutions Italia Mandanti:  Passion & Solutions France  ERREDA  pide  OPINI SMART ENGINEERING  studioCARRARA ARCHITECTURE  Diana Builders	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 33 di 36

- **Rumore prodotto dalla trasmissione.**

Le trasmissioni nei veicoli a trazione elettrica sono più sensibili a problemi di rumore rispetto a quelle utilizzate nei veicoli a motore con combustione interna convenzionale per due motivi:

- Il numero di giri in ingresso del motore elettrico (che può arrivare fino a 30.000/50.000 giri/minuto) ed è significativamente superiore a quello di un motore a combustione (che può arrivare a 5.000-7.000 giri/minuto);
- Il rumore di mascheramento della combustione stessa non è presente nel caso di propulsore elettrico, il che rende il rumore proveniente dalla trasmissione più evidente.

Capogruppo/mandataria:  Passions & Solutions Italia Mandanti:  Passions & Solutions France  ERREDA  PIDE  OPINI  Studio CARRARA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 34 di 36

4. EMISSIONI ACUSTICHE DURANTE LE FASI LAVORATIVE

Al fine di limitare le emissioni acustiche, è primo luogo indispensabile che le Imprese Appaltatrici utilizzino macchinari dotati di sistemi tecnologicamente avanzati che garantiscano una limitata emissione di inquinamento acustico.

In corrispondenza del campo base, dei varchi di cantiere ed in generale delle aree oggetto dei lavori, dovranno essere prese tutte le precauzioni necessarie a garantire la sicurezza degli utenti della strada, cercando di minimizzare gli impatti sia sulla circolazione veicolare sia pedonale; le viabilità di servizio al cantiere dovranno essere studiate al fine di individuare i percorsi che impattino il meno possibile con i ricettori sensibili.

Al fine di mitigare l'impatto acustico e limitare il disturbo proveniente dal cantiere, soprattutto in concomitanza di quelle lavorazioni che per loro natura generano rumore (ad esempio demolizioni e perforazioni micropali) al fine di proteggere la presenza di ricettori sensibili (abitazioni, scuole, uffici) sarà necessario prevedere la fornitura e posa in opera di idonei elementi fonoassorbenti e fonoisolanti che, in aggiunta, offrono anche una ottima soluzione per diminuire, oltre che l'inquinamento acustico, anche l'emissione di polveri e l'impatto visivo del cantiere.

In allegato è riportata la scheda tecnica di un pannello fonoisolante e fonoassorbente con isolamento acustico $R_w = 14$ dB certificato in laboratorio secondo prova UNI EN ISO 140-3 2006 + UNI EN ISO 717-1 2007 e costituito da un involucro esterno in telo di PVC armato ed un lato perforato. All'interno è alloggiato un materassino fonoassorbente di spessore 5 cm in fibra di poliestere ad alta densità (40 Kg/m³). Questo materiale non teme l'umidità, è

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 35 di 36

anallergico ed antimuffa, riciclabile al 100% e non degrada nel tempo. Tutti i materiali impiegati sono in classe (1) di reazione al fuoco. Tale barriera risulta molto versatile in quanto può essere integrata in maniera semplice ed immediata alle recinzioni di cantiere, smontata e rimontata, seguendo in questo modo l'andamento del cantiere e le varie fasi di lavoro.

Risulta evidente che per la puntuale progettazione di tali schermature e per la loro corretta posa sarà necessario provvedere ad una campagna di misurazioni in loco da parte di Tecnico Competente in Acustica Ambientale dotato di fonometro integratore in classe I in modo da poter misurare i livelli di rumore ambientale, di rumore residuo ed i limiti di immissione.

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
IMPIANTI XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX RELAZIONE CLIMA ACUSTICO	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO IMBRC0 002	REV. A	FOGLIO 36 di 36

5. CONCLUSIONI

Dagli studi presenti in letteratura, la transizione trasporto pubblico tradizionale (ovvero alimentato con combustibili fossili) a trazione elettrica comporta un livello di emissione sonora inferiore in un range compreso tra 7 e 9 dB.

Considerando che ogni decremento di 10 dB rappresenta un dimezzamento approssimativo della pressione sonora percepita, se ne deduce che l'intervento, limitato solamente alla sostituzione dei mezzi di trasporto, consente di dimezzare la pressione sonora generata dagli automezzi.

L'intervento (unitamente ad un intervento di bonifica del manto stradale che sarà successivamente oggetto di perizia di impatto acustico per cantiere stradale con opere connesse) consente pertanto di ottenere un sensibile miglioramento del clima acustico dell'intera zona.

Un ulteriore miglioramento del clima acustico potrà essere ottenuto attraverso l'adozione di asfalti a bassa emissione sonora lungo il percorso della rete di trasporto pubblico.

Per quanto riguarda l'emissione di rumori durante le opere previste è da prevedere la fornitura e posa in opera di schermature fonoisolanti e fonoassorbenti che consentano il rispetto dei limiti massimi previsti dalla normativa.

IL TECNICO





E12 series

FULL ELECTRIC | ZERO EMISSION



E12 Series 100% Full Electric Urban Bus

Low energy consumption, zero emissions

Multiple charge solutions for any customer requirements

Ultra-low floor design with wheelchair ramp

Dual wheelchair areas with back stop for passenger safety

Electronic shock and fire resistance

Seats 44 / Standees 30

vdiaustralia.com.au
yutong.com.au



E12 series

FULL ELECTRIC | ZERO EMISSION

MODEL

E12

SEAT CONFIGURATIONS

1 x drivers suspension seat with lap sash belt & head rest
44 x fixed metro type seats in cloth 2 door plus 21 standees
49 x fixed metro type seats in cloth 1 door plus 30 standees

STANDARD VEHICLE CONFIGURATION

44 x fixed metro type seats in cloth 2 door plus 21 standees
Two piece windscreen
Electric controlled mirrors with heating
Full electric reverse cycle air conditioning with fixed outlets
Bonded dark glass to saloon area
Frame & body panels steel full vehicle electro plating for anti corrosion
Body skirt panels in aluminium
3 piece front and rear bumper bars in FRP
Reverse camera with colour screen
Integrated audio system with radio, PA.
Passenger door system to TS155 spec
3 destination boards fitted
7 camera CCTV
Fully opening easy access front panel

DIMENSIONS

Length	12,470mm
Width	2,500mm
Height	3,445mm
Wheel Base	6,300mm
Overhang Front / Rear	2,740mm / 3,430mm
Track Front / Rear	2,050 mm / 1,853 mm

GROSS VEHICLE MASS

GVM (Maximum Permissible)	18,000 kg
---------------------------	-----------

DRIVE SYSTEM

Engine Arrangement	Single rear mounted
Emission Type	Zero
Drive Motor Manufacturer	Yutong
Drive Motor Model	YTZ330XSY-B45
Motor Control System	Yutong
Rate Output	215Kw continuous 350kw peak
Rated Torque	3200Nm
Battery Type	LiFe
Battery Capacity	422Kwh or 350kwh
Battery management	Yutong
Battery Cooling	Liquid
Charger type	DC
Charge rate	60-230 amp

TRANSMISSION

Nil

INSTRUMENTATION

State of charge , air pressure, speedometer, door state, next stop indication,

WARNING SYSTEM

State of charge, air light & audible, indicator light, hazard light parking brake light, high beam light, door fault

PROPELLER SHAFT

2 piece with slip joint
Forged ends with "U" joint at each end

REAR AXLE

Type	ZF AV133
Capacity	13,000 kg
Gear Ratio	6.19:1

STEER AXLE

Type	ZF RL82
Capacity	8,500 kg

WHEEL & TYRE

Tyre Size	295/80R 22.5
Wheel	Aluminium 8.25 x 22.5 x 10 stud fixing

STEERING

Type	Integral recirculated ball & nut Power assisted
Column	Tilt and telescopic

SERVICE BRAKE

Type	Full air
Front	Disc
Rear	Disc
Lining	Non asbestos
Features	ABS, EBS, ASR, ESC
Park Brake	Spring actuated gradual Control valve
Auxiliary	Vehicle regenerative braking

SUSPENSION

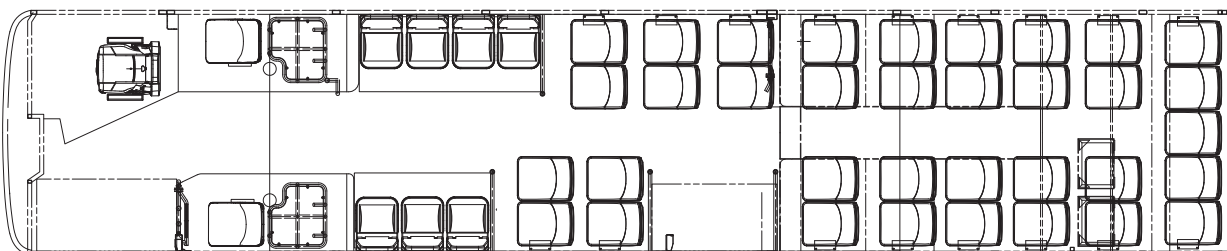
Type	Air suspension with ECAS
Front	2 air bags
Rear	4 air bags
Shocks	2 front 4 rear

ELECTRICAL SYSTEM

Alternator	24v charge from high voltage system
Battery	2 x 90 AH / MF

DRIVER SAFETY

ESC
Mobileye advanced driver warning system





Road traffic noise abatement scenarios in Gothenburg 2015 – 2035

Mikael Ögren*, Peter Molnár, Lars Barregard

Occupational and Environmental Medicine, Institute of Medicine, Sahlgrenska Academy, University of Gothenburg, Box 414, 405 30 Gothenburg, Sweden

ARTICLE INFO

Keywords:

Road traffic noise
Noise exposure
Urbanization
Noise mapping

ABSTRACT

Exposure to high levels of road traffic noise at the most exposed building facade is increasing, both due to urbanization and due to overall traffic increase. This study investigated how different noise reduction measures would influence the noise exposure on a city-wide scale in Gothenburg, a city in Sweden with approximately 550,000 inhabitants. Noise exposure was estimated under several different scenarios for the period 2015–2035, using the standardized Nordic noise prediction method together with traffic flow measurements and population statistics. The scenarios were based on reducing speed limits, reducing traffic flows, introducing more electrically powered vehicles and introducing low-noise tires and pavements. The most effective measures were introducing low-noise tires or pavements, which in comparison to business as usual produced between 13% and 29% reduction in the number of inhabitants exposed above 55 dB equivalent level.

1. Introduction

It is well-established that traffic noise can cause adverse health effects (Fritschi et al., 2011; Stansfeld, 2015; Münzel et al., 2014). In many cities a large part of the population is exposed to high noise levels at their homes, and for the majority of these road traffic is the principal noise source. With continuing urbanization and population growth, traffic noise is a growing problem.

Increased road traffic in urban areas has long been an environmental concern. If measures such as modal shift (moving transport from roads to railway, pedestrian and bicycle traffic) can indeed reduce the amount of road traffic, the problem will decrease in the future. However, so far road traffic is still increasing and is expected to continue to increase for a long time (Capros et al., 2016).

If road traffic increases, then the reduction of noise exposure requires measures to be taken at the source. However, noise emission per vehicle has not changed significantly since the early seventies (Sandberg et al., 2006; Sandberg, 2001). On the other hand, there has been success in reducing air pollution emissions from road traffic; in Gothenburg, nitrogen oxide levels from road traffic have decreased by more than 60% between 1983 and 2007 (Molnár et al., 2015). This is an example of a reduction of environmental impact that has been achieved by measures directed at reducing the emission at the source, and it has been effective in spite of increasing traffic over the period.

In this study our aim was to investigate the effectiveness of different noise reduction strategies, focusing on traffic flow, possible reductions of noise emission from road vehicles and restrictions on new residential

buildings. The study was conducted in Gothenburg, a medium sized port city on the west coast of Sweden with approximately 550,000 inhabitants. Using population data, a database of traffic flow measurements and a noise prediction method we estimate the noise exposure in the period 1975 – 2015, examine several different scenarios for the period 2015 – 2035 and consider their feasibility. Our main outcome was the number of inhabitants exposed above 55 dB equivalent level on the most exposed facade of the dwelling. We choose this level since it is often used as a target level for new dwellings in Sweden, but the results are presented for other equivalent levels and the European noise indicator L_{den} (ISO, 2016) as interactive plots. The exposure across the whole city was taken into account, making it possible to compare local measures such as low-noise pavements to global approaches such as using a higher percentage of electric vehicles.

Previous research has shown that the strategies which address the noise at the source are often the most effective (Herman, 1998; Nijland et al., 2003; Kropp et al., 2007; Den Boer and Schroten, 2007), but there are many ways to do this. Driving behavior, tire and pavement properties, vehicle design and speed are the most important parameters (Sandberg and Ejsmont, 2002). This paper extends the scope of previous research by analyzing the effect of such measures in a complex city environment complete with diverse traffic situations, varying population density and different building structures.

The different noise reduction scenarios are divided into those that reduce rolling noise from traffic, i.e. low noise tires and pavements, and others that affect the propulsion noise, the traffic flow or the population distribution. Rolling noise is the most important noise source for higher

* Corresponding author.

E-mail address: mikael.ogren@amm.gu.se (M. Ögren).

speeds, but propulsion noise is also important at lower speeds, especially for heavy vehicles (Sandberg and Ejsmont, 2002).

Reducing the rolling noise can be achieved by using low noise tires or pavements. Low noise pavements can be either elastic, such as rubberized asphalt, or porous as porous or drain asphalt, or both (poroelastic pavements). Rubberized asphalt is already in use in many areas (Vázquez and Paje, 2016; Licitra et al., 2015; Sandberg, 2010), and reductions compared to standard pavements are in the order of 3–10 dB. Porous asphalt is also in use and reductions are in the same range, and poroelastic surfaces can give even higher reductions but are at the research stage (Sirin, 2016; Ohiduzzaman et al., 2016; Goubert and Sandberg, 2010).

Low noise tires are already available in different forms and the reduction that can be achieved is between 3 and 5 dB (Sandberg et al., 2006; Heutschi et al., 2016). Research prototypes have achieved more than 10 dB reduction compared to standard tires (Sandberg, 2009; Larsson, 2003).

2. Methods

2.1. Noise emission

The calculations of noise levels were based on the Nordic prediction method for road traffic noise (Jonasson and Nielsen, 1996). This method calculates the equivalent sound pressure level at a receiving point based on traffic flow, distribution between light and heavy vehicles and posted speed limits for road traffic in the vicinity of the receiver. The method also calculates the effect of propagation distance, ground effect, reflections and screening; both by terrain, by buildings and noise barriers.

As previously demonstrated (Sandberg et al., 2006; Sandberg, 2001), the noise emission per vehicle did not change much between 1975 and 2005 in Denmark and Sweden. There was even a slight increasing trend for light vehicles; but this observation is uncertain and we assume no change for light or heavy vehicles in typical traffic conditions in Sweden from the start of our period in 1975 and until 2015. It is, however, worth asking what will happen in the future?

Our basic noise prediction method can only predict the total noise emission from the combination of all sources due to road traffic. In order to model the effect of changing only the tire/road noise (low-noise tires or pavements) or the propulsion noise (electric vehicles) we used results from the FOREVER project (Pallas et al., 2014). In this European research project, noise measurements and calculations were performed for electrical and hybrid vehicles and the results were compared to vehicles with traditional internal combustion engines (ICE). In order to separate propulsion noise from rolling noise, the source model of the official European noise calculation method Cnossos-EU (European Commission, 2015) was used. The uncertainty of the recommended values is higher for heavy vehicles than for light vehicles, since the number of measurements performed within the project was lower for heavy vehicles. The resulting overall relation between propulsion noise and rolling noise translated to sound exposure levels (SEL) used in the Nordic prediction method (Jonasson and Nielsen, 1996) is presented in Table 1.

Use of electric vehicles will dramatically reduce the propulsion noise, which will reduce the total noise emission significantly at low speeds. Based on measurements and calculations from the research project FOREVER (Pallas et al., 2014) we estimate how much noise reduction that can be achieved. According to FOREVER the total noise emitted by electrical light vehicles is 2.7 dB lower at 30 km/h but only 0.4 dB lower at 110 km/h. For heavy vehicles we estimate a reduction of 10 dB at 30 km/h and 1.5 dB at 90 km/h based on results from the FOREVER report (Pallas et al., 2014), but as explained above the uncertainty is higher for heavy vehicles.

It may seem odd that the propulsion noise component in Table 1 is slightly higher at 30 km/h than at 50 km/h. This follows from the

Table 1

A-weighted sound exposure level (SEL) in dB for a single vehicle pass-by at 10 m distance at different speeds. Calculated from measurements performed within the FOREVER project (Pallas et al., 2014) and adapted to the Nordic method for predicting noise from traffic (Jonasson and Nielsen, 1996). ICE = internal combustion engine. Heavy vehicles are restricted to speeds equal to or below 90 km/h in Sweden, and therefore no values are presented for 110 km/h.

Speed	30	50	70	90	110
Light vehicles					
Propulsion noise	67.7	66.6	68.3	70.2	71.5
Rolling noise	68.4	72.5	76.6	79.4	81.7
Difference electric vs. ICE	2.7	1.0	0.6	0.5	0.4
Heavy vehicles					
Propulsion noise	80.0	78.9	79.8	80.4	
Rolling noise	70.5	75.4	83.3	87.4	
Difference electric vs. ICE	10.0	5.1	1.6	0.8	

Nordic method (Jonasson and Nielsen, 1996), and can be explained by the fact that the average vehicle uses a gear that gives higher engine speed, and also that vehicles more often accelerate and decelerate while driving at low speeds.

2.2. Noise exposure

When the noise emissions had been determined, noise propagation calculations were used to sum up all contributions at the receiver locations. The attenuation during propagation from source to receiver is determined by distance, terrain shape, noise barriers, ground effect, reflections at building façades and the intrinsic air attenuation (Jonasson and Nielsen, 1996). Reflection at façades is particularly important in urban canyon situations, where the sound energy can be reflected multiple times between parallel façades. Since we do not have complete information on the position and height of every building façade over the whole time period we have simplified the calculations, using a correction for the increase in noise level in urban canyon situations (Ögren and Barregard, 2016).

In order to estimate the noise exposure of the population it is necessary to have population data. We used the total number of inhabitants in 100 m squares every five years from 1975 to 2015 as our base statistics, and then used an algorithm to calculate how many inhabitants were exposed in each square. This algorithm distributes inhabitants evenly over the area of the corresponding square not occupied by roads and uses a numerical integration scheme to estimate noise levels (Ögren and Barregard, 2016). For each square the population density was integrated over the part of the square where the noise levels exceed 55 dB. The total number of exposed over the whole city was calculated as the sum of the exposed populations in all squares. Compared to official estimates for Gothenburg this method underestimates the number of people exposed above 55 dB by 11% (Ögren and Barregard, 2016).

For the time period 2015–2035 a new noise exposure calculation was performed with updated traffic, noise emission and population data as described in the scenarios below for every five years. The same noise propagation method and noise exposure estimation were used for the future scenarios as for the period 1975–2015.

The relative noise exposure was also assessed using the G_{den} indicator (Licitra and Ascari, 2014), which is an index based on the number of exposed people in relation to the total population, with a higher weighting for the more highly exposed groups. It can be considered as an equivalent level over the population instead of over time. It is based on the European noise indicator L_{den} , which is an A-weighted equivalent noise level with a penalty for nighttime and evening traffic. For a typical Swedish traffic distribution over 24 h L_{den} is approximately the equivalent level plus 3 dB (Jonasson and Gustafsson, 2010) ($L_{\text{den}} \approx L_{\text{Aeq},24\text{ h}} + 3$).

2.3. Scenarios

Our aim was to study how the noise exposure in Gothenburg has changed over time, and how effective different strategies can be at reducing noise exposure. For the period 1975–2015 we used previously published exposure estimates (Ögren and Barregard, 2016), and for the period 2015–2035 we used the scenarios described below. Our business as usual scenario assumes an increase in traffic flow of 1.4% yearly, evenly distributed over the road network, and a population increase of 0.8% yearly, evenly distributed over all populated squares. These values represent an extrapolation of the population and traffic increase in the period 1975–2015.

The first scenario was *a) new residential development in quiet areas only*. This scenario assumed that all new residential developments in the city occur only in quiet areas, where all façade levels are below 45 dB. This is not a realistic scenario when land use limitations are taken into account, but is interesting since it represents the maximum effect that can be achieved with restrictions on new dwellings, the traditional political approach in Sweden to keep noise exposure under control. The scenario indirectly assumed that no increase in population would occur in noisy areas.

Promoting the use of low-noise tires is a possible noise reduction measure. This is represented in scenario *b) low-noise tires*. This scenario assumed that all new tires fitted on vehicles after 2015 are either 3 or 5 dB quieter than the average tire in use during 2015. A report on tire/road noise from the EU estimates 5 dB as a viable reduction of rolling noise using technology already available on the market (Sandberg et al., 2006), but a more recent article estimates that the reduction potential is closer to 3 dB (Heutschi et al., 2016). We assumed that 20% of the tires in traffic are worn out and replaced every year, that is, that the average lifespan of a set of tires is five years. According to statistics from the European Tire & Rubber Manufacturers' Association (ETRMA) 252 million passenger car tires were sold in Europe during 2012 and the total passenger car stock was 274.2 million vehicles, which translates to approximately 23% of all tires being replaced if we assume four tires per passenger car (European Tire, 2014). Assuming 20% yearly replacements is a conservative estimate for heavy vehicle tires, as they are replaced more often on average, but for simplicity we also assume 20% per year for heavy vehicle tires.

Electric vehicles are handled in scenario *c) electric vehicles*. During 2015 approximately 0.1% of all passenger cars in Sweden were battery powered electric vehicles (Myhr and Svahn, 2016). In Norway the figure is 2%, and 25% of all newly registered light vehicles in 2015 were electric (Statistics Norway, 2017). This scenario assumed the same development for Sweden, with 25% of all new light vehicles being electric starting from 2015. According to official statistics (Myhr and Svahn, 2016) new registrations amounted to approximately 8% of all vehicles in traffic in 2015, and we assumed this remains true between 2015 and 2035. To estimate how much quieter electric vehicles are at different speeds we used the data from table 1.

Reducing speed is another way of reducing noise emission from traffic. In scenario *d) speed reduction* the posted speed limit was lowered by 10 km/h for all roads with a posted speed limit of 40 km/h or above, so roads with a posted speed limit of 20 or 30 km/h were unaffected. The scenario also assumed that this change in posted speed limits would be immediately reflected in the actual speed of vehicles in traffic.

Reduced traffic flows were analyzed in scenario *e) traffic reduction*. Although most publicly available predictions of future traffic flows in Sweden tend to show an increase of 1–2% per year (Capros et al., 2016; Trafikverket, 2015, 2015), the growth in traffic flows must start to come down if Sweden is to fulfill its official climate goals (Miljö-och jordbruksutskottet, 2009). A report by the Swedish transport administration (Trafikverket, 2016) includes a traffic scenario which stipulates that light vehicle traffic in Sweden must be reduced by about 30% over 20 years (–1.8% per year). Truck transport is estimated to increase by 15–30% and bus travel by over 110% for the same period. According to

the report (Trafikverket, 2016) it will be impossible to achieve the climate goals using current technology, and electric propulsion for a large part of the vehicle fleet is necessary. However, in order to separate this scenario from scenario c) we assumed no noise benefit of electrical vehicles in this scenario.

Low-noise pavements are used in many parts of Europe as a noise reducing measure. A recent state of the art review found that noise reductions compared to standard asphalt up to 7 dB can be achieved with porous asphalt, and even higher reductions are possible with poroelastic and rubberized pavements (Vázquez and Paje, 2016; Licitra et al., 2015; Sirin, 2016; Ohiduzzaman et al., 2016). Trials in Sweden indicate that approximately 6 dB reduction can be expected over the lifetime of a double layer porous asphalt for Swedish conditions (Ahmed, 2015; Jacobson and Viman, 2015). Our scenario *f) low-noise pavement* assumed that 50% of all new asphalt being laid in Gothenburg is of the double layer porous type for roads with a posted speed limit of 70 km/h or above. In a second variant of the scenario we assumed the same for all roads with lower speeds as well. Approximately 5% of all asphalt pavements are renewed every year. We assumed that 2.5% of the road network is converted from standard asphalt to low-noise pavement every year from 2015, starting with the roads links that have the highest number of inhabitants within 200 m of the road. At the end of the study period in 2035 this corresponds to low-noise pavements in 50% of the total network with a posted speed limit ≥ 70 km/h, and in a second step for the rest of the network as well.

For the business as usual scenario, and for scenario b, c, e and f, the key parameters used in our calculations are presented in Table 2. The values are expressed in relation to the situation at the starting year 2015, or as a proportion of the vehicle fleet or the total length of the road network.

Another common noise reducing measure is to erect noise barriers, either as screens or earth berms. We have not included a scenario for noise barriers though, since it is much more difficult to select the areas where they potentially would be most beneficial. For low-noise pavements all inhabitants in the vicinity of the road section will benefit, but for barriers only those dwellings which are close to the barrier and visible from the road will benefit. In a situation with residential buildings situated on a hill it may be impossible to build a barrier that is high enough to create an acoustic shadow zone at the dwellings even if they are located close to the road. The major noise barriers in the city are included in the model from the year when they were erected, but no new noise barriers have been added after 2015 (Ögren and Barregard, 2016).

3. Results

The main results are presented as the number of inhabitants with an equivalent noise level at the most exposed façade of their dwelling ≥ 55 dB for each of our scenarios. The business as usual scenario is included in Fig. 1 and 2 together with the results for each scenario. For business as usual the number of exposed inhabitants is continually increasing in line with the increasing traffic and population, from 93,000 in 1975 to 210,000 in 2035. For the period 1975–2015 the data are

Table 2

Main parameters for the scenarios in five year periods expressed relative to the situation in the starting year 2015.

Scenario	Parameter	2015	2020	2025	2030	2035
all	Population relative to 2015	1.00	1.04	1.08	1.13	1.17
all	Traffic relative to 2015	1.00	1.07	1.15	1.23	1.32
b)	Proportion of low-noise tires	0.00	0.67	0.89	0.96	0.99
c)	Proportion of electric vehicles	0.00	0.10	0.18	0.26	0.33
e)	Light vehicle traffic re 2015	1.00	0.91	0.83	0.76	0.70
e)	Heavy vehicle traffic re 2015	1.00	1.08	1.16	1.25	1.35
f)	Proportion of low-noise pavement	0.00	0.12	0.25	0.38	0.50

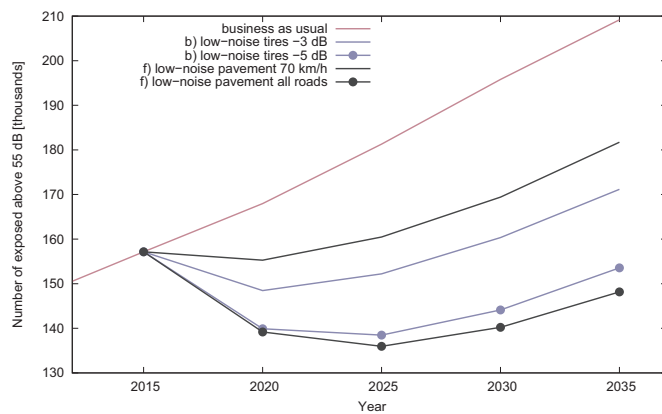


Fig. 1. Estimated number of inhabitants (thousands) exposed to A-weighted equivalent noise levels (24 h) from road traffic at the façade above 55 dB. Results for measures related to the rolling noise, low-noise tires (scenario b) and low-noise pavements (scenario f).

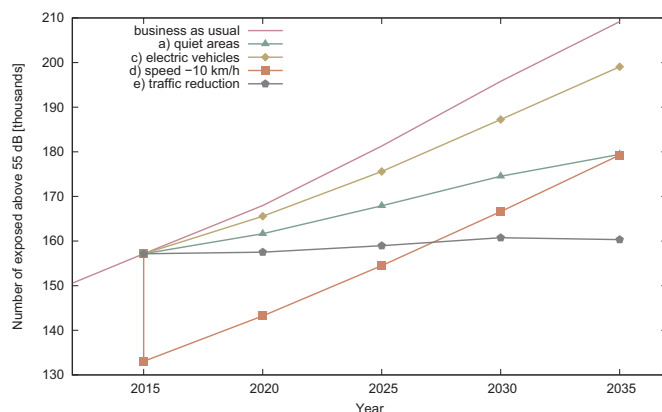


Fig. 2. Estimated number of inhabitants (thousands) exposed to A-weighted equivalent noise levels (24 h) from road traffic at the façade above 55 dB. Results for new housing in quiet areas (scenario a), electric vehicles (scenario c), global speed reduction (scenario d) and traffic reduction (scenario e).

based on traffic measurements and population statistics (Ögren and Barregard, 2016).

For scenario *a) new residential development in quiet areas* the number of exposed inhabitants increases over time. Compared to the business as usual scenario the growth rate is lower. Stopping population increase in exposed areas is not a very effective abatement solution on its own, since those already living in such areas will be more and more exposed as the traffic continues to increase. In principle scenario *a)* demonstrates the contribution of traffic increase without a population increase, since all population increase occurs in quiet areas in this scenario.

Scenario *b) low-noise tires* shows the powerful effect on noise exposure of reducing the tire/road noise by 3 dB or 5 dB for all new tires. Even though the effect of propulsion noise is taken into account, which means that the total noise is often reduced by far less, especially for heavy vehicles and slow speeds, the effect is still very prominent. Ten years after introducing the reduction for all tires the exposure reaches its minimum, 12% lower than the starting year for the 5 dB reduction. For a reduction of 3 dB the effect is not as pronounced, approximately half of the reduction in terms of the number of exposed. Note that after a number of years almost all tires will be replaced, and the curve returns to an increasing trend with the same slope as the business as usual scenario, as traffic and population continue to increase, but at a lower level.

Introducing electrical vehicles would have only a minor impact on

noise exposure, as shown by (scenario *c) electric vehicles*). In contrast to scenario *b)*, scenario *c)* involves a reduction of propulsion noise without changing the rolling noise. Note that this result is valid for noise levels at the most exposed façade outdoors, and there is probably a larger improvement for indoor levels since they are more affected by low frequencies. In order to reduce noise exposure it would be best if electrical vehicles in the future could be equipped with low-noise tires, and this strategy is already part of the Swedish national electrical vehicle procurement initiative (Elbilsupphandling, 2015).

Reducing the speed limit for most roads by 10 km/h as in scenario *d) speed reduction* gives an immediate reduction of approximately 20% in the number of exposed inhabitants, but since future increases in traffic and population are the same as the business as usual scenario, the number of exposed increases with the same slope after the introduction of the new speed limits.

Decreasing light vehicles as in scenario *e) traffic reduction* would cause almost no change in the number of inhabitants exposed, as the effect of reducing the traffic would be balanced by the increasing population. Note that the heavy vehicle traffic is still increasing in this scenario, but since the traffic is dominated by light vehicles the net effect is a reduction of the noise emission. In other less urbanized areas along highways this might not be true, since the proportion of heavy vehicles is often much higher in such cases.

For scenario *f) low-noise pavement* the effect was most prominent in the beginning of the period. After 2025 the road links that expose most inhabitants have already been converted, and repaving road links less populated areas gave only a marginal improvement. Another benefit of using low-noise pavements is that those who are highly exposed close to a road link that gets converted immediately receive the full benefit of noise reduction, whereas in the low-noise tires scenario the change would be gradual.

There was a large difference between the primary scenario where only roads with posted speed limit of 70 km/h were converted and when all roads are addressed. Already five years after the starting year the scenario represents the best measure in terms of the number of exposed even if only 12% of the pavements are converted to low-noise.

The results presented above show only the number of exposed inhabitants above 55 dB. In Table 3 the results are instead presented in 5 dB intervals as the ratio of the number of exposed in each scenario to the business as usual scenario, which makes it possible to see in which noise intervals the changes are most pronounced. The results are shown for the end of the study period (2035).

From Table 3 it is evident that all scenarios have a bigger relative impact on the higher exposure bands. The scenarios that address the tire/road noise source, *c)* and *f)*, are most efficient at high vehicle speeds, and thus have the strongest effect in the highest exposure categories. Also note that scenario *f)*, low-noise pavements, is almost as effective as the global reduction by 3 dB in scenario *c)* but does not require the whole vehicle fleet to change their tires.

In Fig. 3, the noise indicator G_{den} is plotted for the business as usual

Table 3

Ratio of the estimated number of exposed for each scenario to the business as usual scenario in equivalent level categories at the end of the study period (2035).

Scenario	<45	45–50	50–55	55–60	60–65	>65
a) new dwellings < 45 dB	1.17	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
b) low-noise tires – 3 dB	1.20	1.11	0.94	0.89	0.84	0.66
b) low-noise tires – 5 dB	1.32	1.15	0.89	0.84	0.74	0.53
c) 25% new veh. electric	1.09	1.05	0.93	0.97	0.96	0.90
d) global speed reduction – 10 km/h	1.14	1.07	0.99	0.93	0.87	0.70
e) reduced traffic	1.32	1.14	0.85	0.86	0.76	0.61
f) low-noise pavement > 70 km/h	1.11	1.07	1.02	0.92	0.89	0.75
f) low-noise pavement all roads	1.35	1.16	0.89	0.82	0.73	0.47

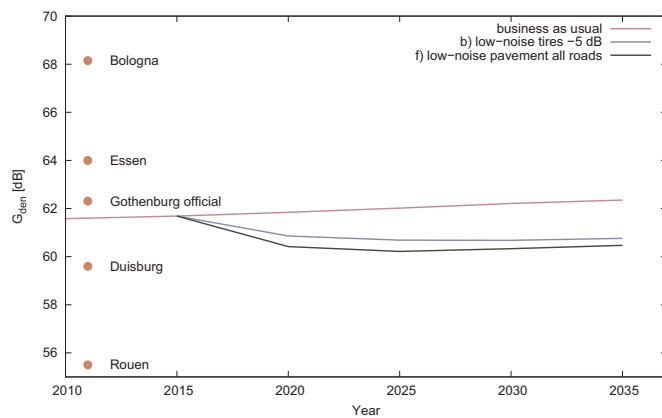


Fig. 3. G_{den} noise indicator for Gothenburg over time for business as usual and scenario b) (-5 Db) and f) (all roads). Circles indicate G_{den} calculated from official data valid for 2011 for Gothenburg and four European cities of approximately the same population size.

scenario together with scenario b) quiet tires (-5 dB) and f) low-noise pavement (all roads). Four other cities of approximately the same population size as Gothenburg are also included from the officially reported END data for 2012 (Nugent, 2014). The difference between the G_{den} calculated from officially reported data for Gothenburg and our calculations is due to the simplifications used in our method.

The predicted changes in G_{den} are less prominent for the presented scenarios than the changes in the number of exposed. This can be explained by the increasing number of exposed at lower levels who still contribute to the overall G_{den} , but not to the number of exposed above a certain threshold.

Combining the estimated effect of different scenarios is straight forward in some cases, and less so in other cases. For example reducing speeds by 10 km/h, scenario d), and simultaneously reducing the traffic flow, scenario e), would lead to independent effects. The low-noise tires scenario is however difficult to combine with the low noise pavement scenario. The noise reduction of low-noise tires is determined on standard asphalt, and the complex interactions with other pavements will most likely make the tires less effective on low noise pavements compared to standard tires and vice versa.

If we estimate that the total reduction of using both low-noise pavements and low-noise tires is approximately 8 dB instead of the 11 dB that would be the case if the effects were independent, we can estimate the effect in an all inclusive scenario where all of the above noise reducing measures are implemented simultaneously. This would result in a dramatic reduction in the number of exposed above 55 dB of 73% in 2035 compared to the business as usual scenario.

4. Discussion

This study simulated the effects of various noise abatement strategies on population-weighted exposure to road traffic noise in a medium-sized Swedish city. The most interesting finding is that reducing the rolling noise by introducing low-noise emission tires or low-noise pavements would have a rapid and dramatic effect on road traffic noise exposure. In contrast, strategies aimed only at separating new residential areas from roads with dense traffic or introducing electrical vehicles would cause only a limited improvement of the situation compared to business as usual.

A global reduction of the speed by 10 km/h would also have a relatively strong effect, but after 20 years the number of inhabitants exposed would be back at the same level as in 2015 due to increased traffic and population. Reducing the traffic in line with the climate scenario of the Swedish transport administration would result in almost no reduction in the number of exposed inhabitants over the time period.

The fact that reducing rolling noise is the most effective abatement measure is in line with the general principle that reducing noise (and many other environmental exposures) is best done at the source. Tire/road noise is not the only noise source from road traffic, but it is the most important one. Introducing low-noise tires will gradually reduce the rolling noise everywhere, and the rate of introduction and the difference in terms of noise emission compared to normal tires will determine the final result. Low-noise pavements will be an immediate improvement at road links where it is introduced, and the main limitations are the possible rate of repaving and the total amount of road links that can be repaved.

Tire/road noise is most important at high speeds, and road links with high speeds and high traffic flows generate high noise levels. When reducing tire/road noise, the greatest reduction in exposure is seen at the higher noise levels. For scenario c) quiet tires the number of exposed in the category 60 – 65 dB is reduced by 27% compared to the business as usual scenario.

A limitation of the present study was that exposure was calculated as outdoor equivalent levels at the most exposed façade. The indoor noise level is typically more influenced by low frequencies, which makes the propulsion noise component more important in relative terms. There may also be a time trend in façade insulation; newer buildings should have better noise insulation in façade elements such as windows and ventilation installations. Many older buildings have also been renovated with better windows which in turn will result in lower indoor levels.

Another limitation of our study was that no attempt has been made to estimate noise levels indoors or at the shielded side of dwellings. Access to a quiet side of the dwelling is known to partly counter the negative effects of noise exposure, especially if the bedroom is located on this side (Öhrström et al., 2006). Indoor levels are obviously an important part of the total noise exposure, but they are difficult to predict on a city-wide scale. For future research it would be interesting to study if there is a time trend in access to quiet sides, and also to study a scenario where all new buildings have access to a quiet side. Any effort towards accurately estimating indoor levels on a large scale would also be an important step forward.

Our calculations were based on data for a medium sized Swedish city. The results may differ somewhat for cities depending on the traffic situation and the structure of the city, but the main finding that addressing the tire/road noise source would have the largest impact would still be valid.

Other important aspects for future research includes looking at dwellings exposed to other noise sources such as railway traffic, air traffic and industrial noise, as well as investigating the effects of combined exposure from several sources. A more complete noise mapping would also make it possible to investigate scenarios for modal shift, for example the impact on noise exposure of moving a number of travels from road to railway.

An important aspect when comparing different modes of transport is that not only does the noise exposure per transported passenger or ton of cargo change, but the noise generated by the different transport modes will have different impacts. In terms of annoyance it is well known that aircraft noise and road traffic noise are more annoying than railway noise at the same level (Miedema and Oudshoorn, 2001), but a recent study shows that noise not typically modeled for railways, such as rattle and squeal, may affect this relation (Licitra et al., 2016). For long term health effects there are also differences between the transport modes (van Kempen et al., 2017).

In conclusion, the present study shows that measures taken at the tire/road source, such as low-noise tires or low-noise pavements, are the most effective for reducing noise exposure. Reducing the speed is also relatively efficient. Traffic reductions would have to be very dramatic to achieve substantial noise reductions, and electrification of the vehicle fleet would only lower the propulsion noise, unless it is combined with changes regarding tires or pavements.

Appendix A. Supplementary data

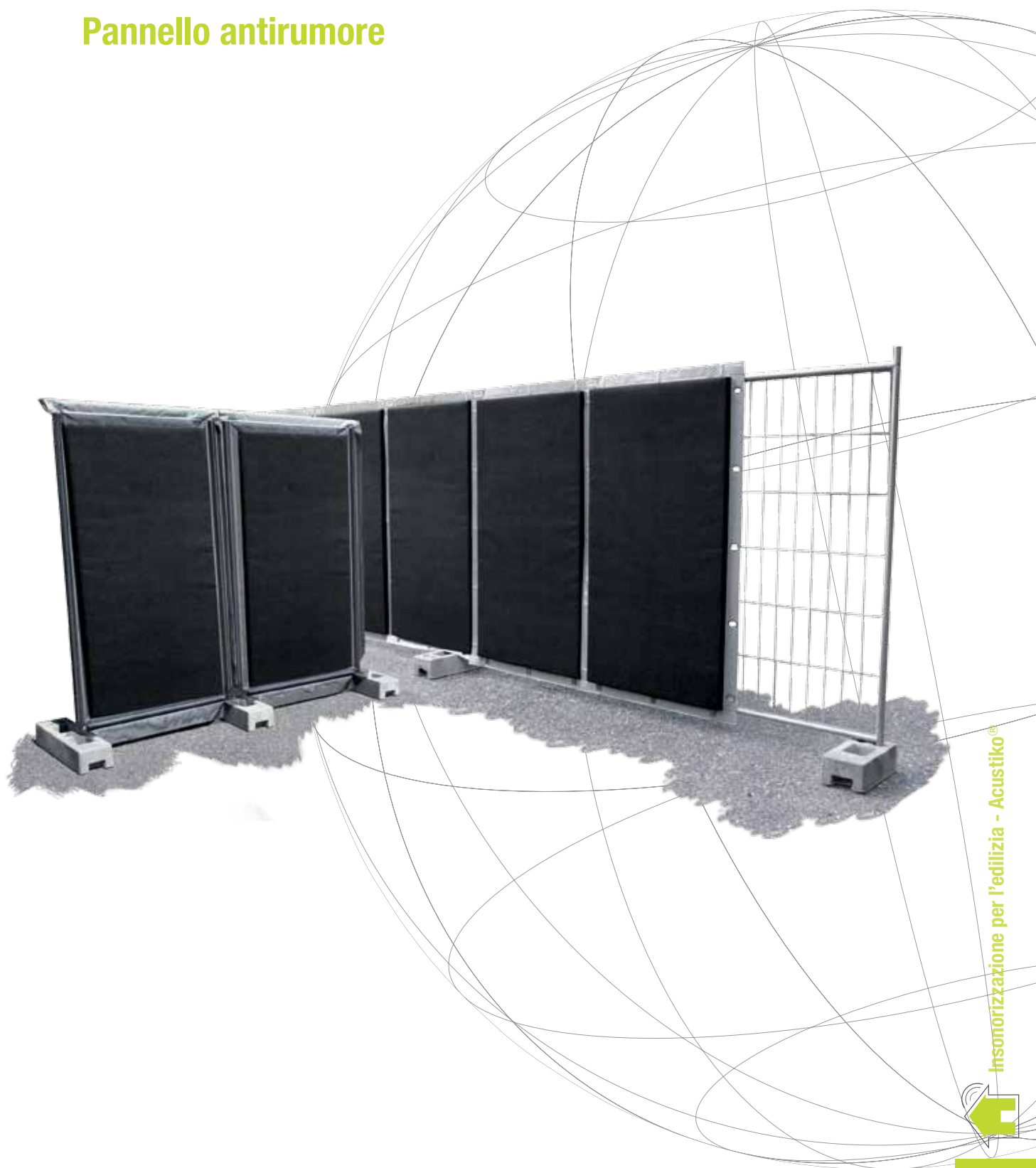
Supplementary data associated with this article can be found in the online version at <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2018.03.011>.

References

- Ahmed, F., 2015. Porous asphalt clogging performance under swedish conditions, Master's thesis, Royal Institute of Technology, Civil and Architectural Engineering.
- Capros, P., De Vita, A., Tasios, N., Siskos, P., Kannavou, M., Petropoulos, A., Evangelopoulou, S., Zampara, M., Papadopoulos, D., Nakos, C., Paroussos, L., Fragiadakis, K., Tsani, S., Karkatsoulis, P., Fragkos, P., Kouvaritakis, N., Höglund Isaksson, L., Winiwarter, W., Purohit, P., Gomez Sanabria, A., Frank, S., Forsell, N., Gusti, M., Havlik, P., Obersteiner, M., Witzke, H., Kesting, M., 2016. EU reference scenario 2016 - energy, transport and ghg emissions trends to 2050, EU reference scenario, Publications Office of the European Union, Luxembourg (Jul). <http://dx.doi.org/10.2833/001137>.
- Den Boer, L., Schrotten, A., 2007. Traffic noise reduction in europe. CE Delft 14, 2057–2068.
- Elbilsupphandling, National electric vehicle procurement initiative, Web page, (Accessed 6 September 2016) (2015). URL <http://www.elbilsupphandling.se/en/>.
- European Commission, Commission directive (eu) 2015/996 of 19 may 2015 establishing common noise assessment methods according to directive 2002/49/ec of the european parliament and of the council, Official Journal of the European Union EUR-Lex (C/2015/3171).
- European Tyre, E., 2014. Rubber Manufacturers Association, Statistics booklet 2014. URL <http://www.etma.org>.
- Fritsch, L., Brown, L., Kim, R., Schwela, D., Kephapopolous, S., 2011. Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe, WHO. URL http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888/en/.
- Goubert, L., Sandberg, U., 2010. The persuade project: developing the concept of poroelastic road surface into a powerful tool for abating traffic noise. In: INTER-NOISE 2010-39th International Congress on Noise Control Engineering 2010, 15–16 June 2010, Lisbon, Portugal, Sociedade Portuguesa de Acustica (SPA), pp. 7329–7338.
- Herman, L., 1998. Analysis of strategies to control traffic noise at the source: Implications for policy makers. Transp. Res. Rec.: J. Transp. Res. Board 1626, 41–48. <http://dx.doi.org/10.3141/1626-05>.
- Heutschi, K., Bhlmann, E., Oertli, J., 2016. Options for reducing noise from roads and railway lines. Transp. Res. Part A: Policy Pract. 94 (Suppl. C), S308–S322. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2016.09.019>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856416301586>.
- ISO 1996-1, Acoustics - description, measurement and assessment of environmental noise - part 1: Basic quantities and assessment procedures, ISO standard, ISO, Geneva (2016).
- Jacobson, T., Viman, L., 2015. Provvägsförsök på e4 huskvarna med bullerreducerande asfaltbeläggning, VTI Report Report 842, The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), Linköping. URL <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:814001/FULLTEXT01.pdf>.
- Jonasson, H., Gustafsson, A., 2010. Anvisningar för kartläggning av buller enligt 2002/49/eg, SP Report 2010:77, SP Technical Research Institute of Sweden, Borås.
- Jonasson, H., Nielsen, H., 1996. Road traffic noise - nordic prediction method, TemaNord 1996:525, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark.
- Kropp, W., Kihlman, T., Forssén, J., Ivarsson, L., 2007. Reduction potential of road traffic noise, Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, report.
- Larsson, K., 2003. Modelling of the dynamic behaviour of a low-noise composite wheel. In: Proceedings of the 10th International Congress on Sound and Vibration.
- Licitra, G., Ascari, E., 2014. Gden: an indicator for european noise maps comparison and to support action plans. Sci. Total Environ. 482, 411–419.
- Licitra, G., Cerchiai, M., Teti, L., Ascari, E., Fredianelli, L., 2015. Durability and variability of the acoustical performance of rubberized road surfaces. Appl. Acoust. 94, 20–28.
- Licitra, G., Fredianelli, L., Petri, D., Vigotti, M.A., 2016. Annoyance evaluation due to overall railway noise and vibration in pisa urban areas. Sci. Total Environ. 568, 1315–1325.
- Miedema, H., Oudshoorn, C., 2001. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. Environ. Health Perspect. 109 (4), 409–416.
- Miljö- och jordbruksutskottet, Riktlinjer för klimatpolitiken m.m., Report 2008/09: MJU28 (Jun 2009). <https://data.riksdagen.se/fil/111A8E06-5AB5-4653-8DA6-64074F2C4DF5>.
- Molnár, P., Stockfelt, L., Barregard, L., Sallsten, G., 2015. Residential NOx exposure in a 35-year cohort study. changes of exposure, and comparison with back extrapolation for historical exposure assessment. Atmos. Environ. 115, 62–69.
- Münzel, T., Gori, T., Babisch, W., Basner, M., 2014. Cardiovascular effects of environmental noise exposure. Eur. Heart J. 35 (13), 829–836.
- Myhr, A., Svahn, T., 2016. Vehicle statistics 2015, Report 2016:4, Transport Analysis, Stockholm (Mar). URL http://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/fordon/fordon_2015.pdf.
- Nijland, H., Van Kempen, E., Van Wee, G., Jabben, J., 2003. Costs and benefits of noise abatement measures. Transp. Policy 10 (2), 131–140.
- Statistics Norway, Registered vehicles, Online statistics, date (Accessed 2 October 2017). <https://www.ssb.no/en/transport-og-reiseliv/statistikk/bilreg>.
- Nugent, C., Noise in Europe 2014, EEA Report 10/2014, European Environment Agency. <http://dx.doi.org/10.2800/763331>.
- Ögren, M., Barregard, L., 2016. Road traffic noise exposure in gothenburg 1975–2010. PLoS One 11 (5), e0155328. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0155328>.
- Ohiduzzaman, M., Sirin, O., Kassem, E., Rochat, J.L., 2016. State-of-the-art review on sustainable design and construction of quieter pavements part 1: traffic noise measurement and abatement techniques. Sustainability 8 (8), 742.
- Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H., Gidlöf-Gunnarsson, A., 2006. Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. J. Sound Vib. 295 (1), 40–59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2005.11.034>.
- Pallas, M.A., Kennedy, J., Walker, I., Chatagnon, R., Berengier, M., Lelong, J., 2014. Noise emission of electric and hybrid electric vehicles, FOREVER deliverable D2.1, CEDR Transnational Road Research Programme (April).
- Sandberg, U., 2001. Noise emissions of road vehicles effect of regulations: final report 01-1. Noise News Int. 9 (3), 147–203.
- Sandberg, U., 2009. The composite wheel: an innovation featuring low tire/road noise and low rolling resistance simultaneously. In: 38th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, held 23–26 August 2009, Institute of Noise Control Engineering (INCE), pp. 423–434.
- Sandberg, U., 2010. Asphalt rubber pavements in sweden-noise and rolling resistance properties. In: Proceedings of the 39th International Congress on Noise Control Engineering.
- Sandberg, U., Ainge, M., Altekoester, C., Glaeser, K.-P., Nelson, P., Phillips, S., Steven, H., Treleven, C., Watts, G., 2006. Tyre/road noise, volume 2: appendices, no. FEHRL report SI2.408210, Forum of European National Highway Research Laboratories FEHRL.
- Sandberg, U., Ejsmont, J.A., 2002. Tyre/Road Noise Reference Book, Informex, Kisa, Sweden, ISBN 91-631-2610-9.
- Sirin, O., 2016. State-of-the-art review on sustainable design and construction of quieter pavements part 2: factors affecting tire-pavement noise and prediction models. Sustainability 8 (7), 692.
- Stansfeld, S.A., 2015. Noise effects on health in the context of air pollution exposure. Int. J. Environ. Res. Public Health 12 (10), 12735–12760.
- Trafikverket, 2015. Prognos för godstransporter 2030 – trafikverkets basprognos 2015, Report 2015:051, Swedish Transport Administration, Borlänge.
- Trafikverket, 2015. Prognos för personresor 2030 – trafikverkets basprognos 2015, Report 2015:059, Swedish Transport Administration, Borlänge.
- Trafikverket, Styrmedel och åtgärder för att minska transportsystemets utsläpp av växthusgaser, Report 2016:43, The Swedish Transport Administration, Borlänge (Feb 2016).
- van Kempen, E.E.E.M., Casas, M., Pershagen, G., Foraster, M., 2017. Cardiovascular and metabolic effects of environmental noise, RIVM report 2017–0078, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, The Netherlands.
- Vázquez, V., Paje, S., 2016. Study of the road surface properties that control the acoustic performance of a rubberised asphalt mixture. Appl. Acoust. 102, 33–39.

Acustiko®

Pannello antirumore



Pannello antirumore Acustiko®

Cos'è?

Acustiko® è un **pannello antirumore, modulare e versatile**, nato per realizzare barriere acustiche nei cantieri. Le barriere realizzate con pannelli Acustiko® **non richiedono opere di fondazione**, sono estremamente **semplici e veloci da installare** e possono essere **riutilizzate più volte**. Il sistema di montaggio senza discontinuità permette anche di contenere le polveri del cantiere, oltre a rappresentare un'efficace barriera visiva.

Riduce il rumore

I pannelli antirumore Acustiko® SILTE sono la soluzione ideale per **ridurre l'inquinamento acustico** generato dai mezzi e lavori di cantiere in prossimità di zone residenziali o aree protette. Studiati come barriera acustica da cantiere, vengono spesso utilizzati in molte applicazioni industriali, in pubblici esercizi quali bar e discoteche o per installazioni residenziali.

Il pannello Acustiko® ha un indice di potere fonoisolante $R_w=14$ dB certificato in laboratorio secondo prova UNI EN ISO 140-3 2006 e UNI EN ISO 717-1 1997.



Facile da montare

Il pannello Acustiko® **può essere installato su qualsiasi tipo di supporto**. Appositamente pensato per essere installato con facilità e in assenza di personale specializzato, è disponibile in due versioni: nella prima il pannello viene montato su recinzione, nella seconda il pannello viene calzato su montanti verticali di sostegno.



Nella versione con **montaggio su recinzione**, il pannello è provvisto di occhielli, ganci metallici ed accessori che consentono l'installazione su qualsiasi tipo di recinzione metallica da cantiere, grigliato, ponteggio o recinzione residenziale.



Nella versione **autoportante** con **montaggio su montanti verticali** di sostegno il pannello è provvisto di asole laterali per l'inserimento dei tubi metallici con diametro compreso tra 40 e 48 mm, utilizzando ad esempio i tubi innocenti per ponteggio. I montanti possono essere inseriti nei blocchi di cemento per recinzioni da cantiere oppure fissati al suolo o ai basamenti tipo new jersey.

Modulare e versatile

Il pannello Acustiko® è un **elemento modulare, flessibile e componibile**, che proprio grazie a queste caratteristiche può essere disposto su più file per realizzare barriere di altezza superiore. Leggero e facile da movimentare (pesa meno di 5 kg/mq), è realizzato nel formato standard 200x120 cm, con spessore nominale di 5 cm.

Disponibile in differenti colorazioni, può essere ulteriormente personalizzato con grafica, marchio, scritte o bande catarifrangenti. Per particolari necessità, è inoltre possibile la realizzazione di pannelli su misura con dimensioni o caratteristiche personalizzate.



Caratteristiche tecniche ed impiego

Materiali e caratteristiche

Il pannello Acustiko® ha un involucro esterno realizzato con telo di PVC armato e presenta un lato perforato. All'interno è alloggiato un materassino fonoassorbente in fibra di poliestere ad alta densità di spessore 5 cm, un materiale che non teme l'umidità, è anallergico ed antimuffa, è riciclabile al 100% e non degrada nel tempo.

Tutti i materiali impiegati sono in classe (1) di reazione al fuoco. Il pannello Acustiko® si lava facilmente con acqua e detergente neutro.

Impieghi

Acustiko® è indicato per installazioni sia all'interno che all'esterno ed è resistente a qualsiasi condizione climatica. Viene utilizzato in tutti i casi in cui è richiesta una riduzione dell'impatto acustico delle attività sui ricettori sensibili.

Installazioni tipiche sono:

- barriere antirumore mobili o temporanee nei cantieri edili;
- schermature fonoassorbenti per gruppi elettrogeni o unità esterne di condizionamento dell'aria;
- barriere acustiche per ridurre i disagi provocati da pubblici esercizi quali bar e discoteche;
- barriere acustiche residenziali per aumentare privacy e comfort acustico;
- schermature acustiche per impianti di taglio del legno e dei metalli;
- barriere antirumore per attività come la sabbiatura e la pulizia di facciate o monumenti;
- barriere acustiche per impianti di autolavaggio.



Barriera antirumore per cantiere cittadino (Pisa - Corso Italia)



Barriera antirumore per cantiere / scavo



Schermatura fonoassorbente esterna segheria



Isolamento **acustico** interno per macchina taglio legno

Barriere antirumore

Composizione barriere antirumore, accessori ed opzioni

SILTE mette a disposizione la propria esperienza e suggerisce il modo corretto di allestire una barriera antirumore sulle strutture tipicamente utilizzate nei cantieri.

Strutture portanti



Rete metallica

Barriera mobile da cantiere universale (già in possesso dei cantieri).



Tubi innocenti

Montanti verticali di sostegno (già in possesso dei cantieri).

Accessori



Saetta di controventatura

Sostegno della barriera per fornire resistenza alla spinta del vento. In alternativa usare zavorra o contrappeso.



“H” per innalzamento barriera

Prolunga per la sovrapposizione di due reti metalliche. Necessita della saetta di controventatura.

Supporti



Plinto in cemento

Installazione universale per esterno, soluzione tipica per cantieri.



Piede metallico tassellabile

Possibilità di fissaggio a terra con tasselli.



Piede metallico mobile

Le apposite ruote ne facilitano lo spostamento.

Colorazioni pannello Acustiko



Nero

Fronte nero, retro grigio.



Verde

Fronte verde, retro verde. La particolare colorazione lo rende mimetico se inserito in contesti naturali.



Arancione

Fronte nero, retro arancione. La colorazione lo rende ideale per situazioni in cui è necessaria la massima visibilità.

Su richiesta sono disponibili diverse combinazioni di colore.

Avvertenze: le indicazioni di cui sopra si basano sulle nostre attuali esperienze. Esse non costituiscono alcuna garanzia. Sarà cura dell'utilizzatore stabilire se il prodotto è adatto all'impiego previsto e valutare caso per caso le particolari condizioni tecniche e fisiche di installazione.



Istruzioni di montaggio

Versione per recinzioni

1

Montare le staffe metalliche ai ganci del pannello. La staffa si unisce al pannello facendole compiere una rotazione di 90°.



2

Appendere il pannello Acustiko® alla traversa orizzontale della recinzione metallica. Posizionare i successivi pannelli allineandoli senza discontinuità.



3

Fissare i pannelli con le cinghie in dotazione facendole scorrere alternativamente davanti e dietro le bacchette metalliche della recinzione.



4

Tirare la cinghia e bloccarla nella fibbia metallica. La cinghia va applicata a tutti i pannelli della barriera.



Versione autoportante

1

Predisporre dei tubi metallici del commercio (diametro 40-48 mm) nei plinti di cemento. È anche possibile fissare i tubi direttamente nel terreno o con piastre ai basamenti tipo New Jersey.



2

Infilare i pannelli Acustiko® sui tubi attraverso le apposite asole laterali chiuse in testata.



Voce di capitolato

Contenimento del rumore trasmesso per via aerea con pannelli Acustiko®

Il pannello Acustiko®, prodotto dalla SILTE srl, è un **elemento fonoassorbente e fonoisolante**, modulare e componibile, indicato per realizzare barriere antirumore **per ridurre e contenere l'inquinamento acustico trasmesso per via aerea**.

Il pannello Acustiko®, grazie al sistema di montaggio dei pannelli senza discontinuità, risulta utile anche come schermatura visiva e barriera per il contenimento delle polveri del cantiere. Acustiko® ha un isolamento acustico $R_w = 14$ dB certificato in laboratorio secondo prova UNI EN ISO 140-3 2006 + UNI EN ISO 717-1 2007.

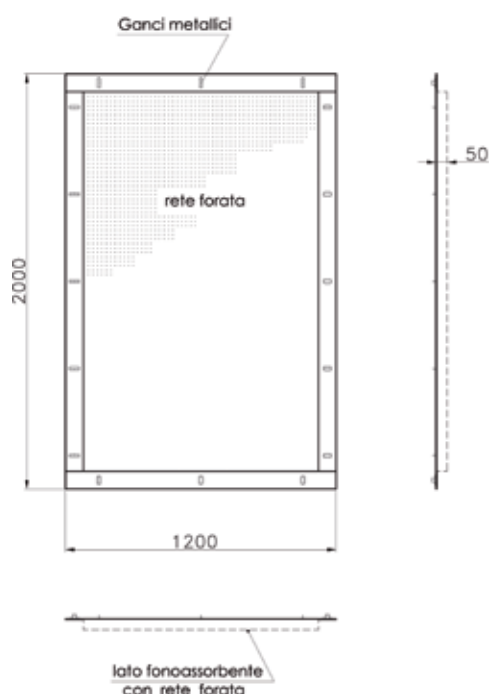
Il pannello Acustiko® è costituito da un involucro esterno in telo di PVC armato e presenta un lato perforato. All'interno è alloggiato un materassino fonoassorbente di spessore 5 cm in fibra di poliestere ad alta densità (40 Kg/m^3). Questo materiale non teme l'umidità, è anallergico ed antimuffa, riciclabile al 100% e non degrada nel tempo. Tutti i materiali impiegati sono in classe (1) di reazione al fuoco.

Acustiko® è disponibile in 2 versioni, la prima prevede il montaggio su recinzione. In questa variante il pannello è provvisto di occhielli, ganci metallici ed accessori che consentono l'installazione su qualsiasi tipo di recinzione metallica da cantiere, grigliato, ponteggio o recinzione residenziale. La seconda variante del pannello Acustiko® prevede il montaggio con montanti verticali di sostegno. In questa versione il pannello è provvisto di asole laterali, chiuse in testata, per l'inserimento dei tubi metallici di sostegno con diametro compreso tra 40 e 48 mm.

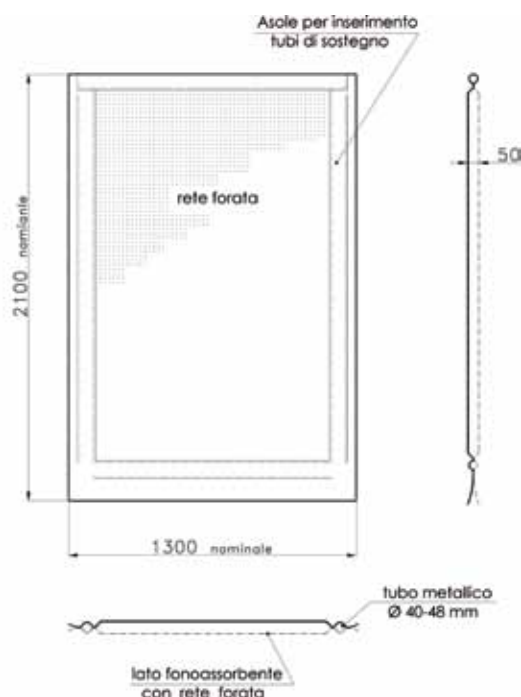
Il pannello antirumore Acustiko® è realizzato nel formato standard 200x120 cm, spessore nominale 5 cm, peso ca. 5 kg/mq. Il pannello è disponibile nelle colorazioni: grigio, verde ed arancio. Può essere personalizzato con grafica, marchio, scritte o bande catarifrangenti. È inoltre possibile la realizzazione di pannelli su misura ed in colorazioni speciali.

Versione per recinzioni

La fornitura comprende anche accessori per il montaggio.



Versione autoportante



Silte S.r.l.
Via Bergamo, 51
23851 - Galbiate (LC)

Tel. +39 0341 54 15 98
Fax + 39 0341 54 22 79
www.silte.it - info@silte.it

Timbro rivenditore