

DELIVERABLE 5

“Demonstrative actions for
noise reduction”



LIFE 09 ENV/IT/102

NADIA

*Noise Abatement
Demonstrative and
Innovative Actions
and information to
the public*

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union.

The European Commission isn't responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Gruppo di lavoro del progetto NADIA

 <p>Provincia di Genova (Beneficiario coordinatore)</p>	<p>Cecilia Brescianini (<i>Project Manager</i>), Michele Balzano, Elisabetta Barbieri, Pietro Bellina, Martina Bruno, Piergiorgio Carpi, Alessandro Conte, Raffaella Dagnino, Andrea Ganzini, Paolo Persico, Mauro Sciamanna, Paolo Sinisi, Franca Stragapede, Francesco Zero.</p>
 <p>Provincia di Savona</p>	<p>Vincenzo Gareri, Antonella Basciani, Nicola Benetti, Roberto Bogno, Franca Briano, Gabriella Calandria, Marina Calcagno, Marco Correggiari, Marco Cozza, Renato Falco, Isabella Frumento, Stefania Ghirardo, Claudia Gonnelli, Giulio Mesiti, Enrico Pastorino, Eugenio Poli, Tiziana Reale.</p>
 <p>COMUNE DI VICENZA</p>	<p>Danilo Guarti, Roberto Scalco, Federica Fontana, Carlo Andriolo, Michele De Giglio, Giovanni Fichera, Donata Fiorentin, Diego Galiazzo, Raffaella Gianello, Lorenzo Giavatto, Giulia Massignan, Laura Matteazzi.</p>
<p>comune di PRATO</p> 	<p>Sergio Giulio Spagnesi, Edoardo Bardazzi, Giampaolo Bonini, Pamela Bracciotti, Dalila Diolaiuti, Nunzio Miceli, Giovanni Nerini, Francesco Pacini, Giorgio Raggiunti, Stefano Sartorio.</p>
 <p>CIRIAF Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici - "Mauro Felli"</p>	<p>Francesco Asdrubali, Giorgio Baldinelli, Franco Cotana, Francesco D'Alessandro, Leandro Lunghi, Elisa Moretti, Samuele Schiavoni, Corrado Schenone, Ilaria Pittaluga.</p>

NADIA è un progetto cofinanziato dalla Commissione Europea – Direzione Generale “Ambiente” in ambito del bando Life+ 2009

L'unica responsabilità per il contenuto di questo documento è degli autori. Il testo non riflette necessariamente il parere della Comunità Europea. La Commissione Europea non è responsabile per qualsiasi uso che potrà essere fatto delle informazioni contenute nel presente documento.

Indice

Abstract.....	4
1 Introduzione.....	5
2 Azioni dimostrative realizzate nelle aree di progetto.....	6
2.1 Provincia di Genova.....	6
2.2 Provincia di Savona.....	6
2.3 Comune di Vicenza.....	6
2.4 Comune di Prato	6
3 Stesura di asfalti a bassa rumorosità.....	7
3.1 Siti di intervento	7
3.2 Interventi su strade urbane.....	7
3.2.1 Asfalto antirumore su Viale F.lli Cervi.....	7
3.2.2 Asfalto antirumore su Strada del Pasubio.....	8
3.3 Interventi sulle strade appenniniche.....	9
3.3.1 Stesura di asfalto antirumore in un tratto della S.P. 333 nel comune di Avegno (Genova).....	12
3.3.2 Stesura di asfalto antirumore in un tratto della S.P. 225 nel comune di Neirone (Genova).....	13
3.3.3 Stesura di asfalto antirumore in un tratto della S.P. 29 nel comune di Quiliano (Savona)	15
3.3.4 Stesura di asfalto antirumore in un tratto della S.P. 334 nel comune di Stella San Giovanni (Savona)	16
3.4 Analisi dell'efficacia su strade urbane	17
3.4.1 Viale Fratelli Cervi.....	17
3.4.2 Strada del Pasubio	18
3.5 Analisi dell'efficacia su strade appenniniche	18
3.5.1 Valutazione dell'effetto della pavimentazione antirumore sul tratto della S.P. 333 nel comune di Avegno (Genova)	18
3.5.2 Valutazione dell'effetto della pavimentazione antirumore sul tratto della S.P. 225 nel comune di Neirone (Genova)	19
3.5.3 Valutazione dell'effetto della pavimentazione antirumore sul tratto della S.P. 29 nel comune di Quiliano (Savona).....	21
3.5.4 Valutazione dell'effetto della pavimentazione antirumore sul tratto della S.P. 334 nel comune di Stella San Giovanni.....	24
3.6 Conclusioni	27
4 Interventi di installazione di barriere e finestre	29
4.1 Siti di intervento	29

4.2 Descrizione dell'intervento di risanamento acustico realizzato per l'Asilo "La Carica dei 101" - Provincia di Genova	30
4.2.1 Introduzione	30
4.2.2 Misure fonometriche ante-operam	31
4.2.3 Consultazioni pubbliche.....	32
4.2.4 Progettazione della barriera acustica	33
4.2.5 Progettazione degli infissi	34
4.2.6 Le misure fonometriche post operam.....	34
4.2.7 Confronto e conclusioni intervento Provincia di Genova	36
4.3 Interventi in Comune di Vicenza	38
4.3.1 Intervento di risanamento acustico realizzato per la Scuola elementare "Cabianca"	38
4.3.2 Intervento di risanamento acustico realizzato per la Scuola per l'infanzia "Lattes"	39
4.3.3 Valutazione del beneficio conseguito.....	40
4.4 Descrizione dell'intervento di risanamento acustico realizzato per la Scuola per l'infanzia "Meoni" – Comune di Prato	41
4.5 Conclusioni	44
5 Attività con le scuole realizzate nelle aree di progetto.....	46
5.1 Provincia di Genova.....	46
5.2 Provincia di Savona.....	46
5.3 Comune di Prato	46
5.4 Comune di Vicenza.....	47
Bibliografia	48
Allegato 1: Storie temporali e sonogrammi delle misure fonometriche eseguite dalle Province di Genova e Savona in prossimità dei tratti stradali in cui è stata realizzata la pavimentazione antirumore	49
Allegato 2: Risultati delle misure fonometriche eseguite dalla Provincia di Genova in prossimità dell'asilo "La Carica dei 101" – ante operam	65
Allegato 3: Risultati delle misure fonometriche eseguite dalla Provincia di Genova in prossimità dell'asilo "La Carica dei 101" – post operam	68
Allegato 4: Verifica dell'efficacia acustica degli interventi di risanamento realizzati dal Comune di Prato nella Scuola "Meoni"	73

Abstract

The NADIA project (Noise Abatement Demonstrative and Innovative Actions and information to the public) is developed by four Italian public bodies (Province of Genoa, Province of Savona, Municipality of Vicenza and Municipality of Prato); the research center CIRIAF (Interuniversity Research Centre on Pollution by Physical Agents), based at the University of Perugia, is the scientific-technical advisor of the project.

The objectives of the project are:

- to demonstrate the technical and economic feasibility and the effectiveness of best practices to reduce road traffic noise levels, using noise mapping activities;
- to demonstrate the effectiveness of the involvement of the stakeholders and the correct communication to the public to increase the awareness on traffic noise emissions and their effects on health and quality of life;
- to widely disseminate the results during and at the end of the project, at local, national and European level.

The project is organized in 9 actions:

N°Action	Description	N° Action	Description
1	Project Management	6	Dissemination
2	Surveys	7	Monitoring
3	NoiseMapping	8	After LIFE communication plan
4	Action plans definition	9	Audit
5	Demostrative action for noise reduction		

The data collected in the Survey activity was used for the realization of the noise maps in the Noise Mapping activity; the outcomes of these actions were used to define the Noise Action Plans. On the basis of the action plans contents, Demonstrative actions for noise reduction were carried out taking into account their costs and the available budget. Priority was given to anti-noise measures for hospitals, schools and similar noise-sensitive structures.

Three different typologies of demonstrative actions were considered:

- high insulating windows;
- low-noise pavement
- noise barriers.

In the following chapter the demonstrative action for noise reduction realized thanks to NADIA Project are reported.

1 Introduzione

Il Progetto NADIA (NoiseAbatementDemonstrative and Innovative Actions and information to the public) è stato ideato e sviluppato dalle Province di Genova e Savona, dai Comuni di Prato e Vicenza e dal CIRIAF (Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici "Mauro Felli"). Il progetto è suddiviso in 9 azioni, e per ciascuna di esse il materiale è stato raccolto in altrettanti documenti, secondo lo schema rappresentato nella seguente tabella:

N°	Descrizione	Report / Documenti pubblici
1	Gestione del progetto	---
2	Reperimento dati	Milestone 1 (M1: indicazioni metodologiche su tipo e qualità dei dati) Deliverable 1 (D1: report sui dati reperiti)
3	Mappatura acustica	Deliverable 2 (D2: descrizione del modello SW) Deliverable 3 (D3: risultati delle mappature)
4	Piano di Azione	Deliverable 4 (D4: piani di azione)
5	Azioni dimostrative	Deliverable 5 (D5: report su interventi eseguiti e verifiche dell'efficacia) Deliverable 6 (D6: report sulle attività svolte con le scuole)
6	Disseminazione	Factsheet (sintesi del progetto) Layman's Report (esposizione divulgativa del progetto) Deliverable 13 (D13: raccomandazioni per i decisori) <i>articoli o presentazioni in parte sul sito</i>
7	Monitoraggio	---
8	Piano di comunicazione successivo al completamento del progetto	<i>documentazione non ancora disponibile</i>
9	Audit	---

Tabella 1–Azioni del progetto Life 09 ENV IT 000102 NADIA e documentazione pubblica

L'azione 5 comprende anche interventi di tipo educativo/formativo con le scuole, attività che viene riportata nella sua completezza nel Deliverable 6, mentre nel presente documento viene solo sinteticamente descritta.

Nel presente documento vengono riportate le azioni dimostrative di tipo tecnico-strutturale realizzati nell'ambito del progetto NADIA e le relative verifiche dell'efficacia.

2 Azioni dimostrative realizzate nelle aree di progetto.

2.1 Provincia di Genova

I siti pilota e le relative azioni per la provincia di Genova sono le seguenti:

- sostituzione delle attuali finestre con nuove finestre dalle spiccate proprietà termiche e acustiche nell'asilo comunale "La Carica dei 101" in comune di Ronco Scrivia, (viabilità interessata: S.P. n. 35 dei Giovi);
- installazione di una barriera acustica a protezione del giardino / spazio gioco all'aperto dell'asilo nido comunale "La Carica dei 101" in comune di Ronco Scrivia, (viabilità interessata: S.P. n. 35 dei Giovi);
- stesura di manto stradale antirumore in un tratto della S.P. n. 225 della Fontanabuona in comune di Neirone;
- stesura di asfalto antirumore in un tratto della S.P. n. 333 in comune di Avegno;
- realizzazione di momenti di educazione ambientale / sensibilizzazione sul tema dell'inquinamento acustico con 6 classi del Liceo Scientifico Tecnologico "Primo Levi" in Loc. Borgo Fornari – Comune di Ronco Scrivia (viabilità interessata: S.P. n. 35 dei Giovi). Per i dettagli si rimanda al Deliverable 6 (D6 - Lessons for Pupils)

2.2 Provincia di Savona

I siti pilota e le relative azioni per la provincia di Savona sono le seguenti:

- stesura di asfalto antirumore in un tratto della S.P. n. 29 del Cadibona nei comuni di Quiliano e Savona (tratto stradale comprendente l'abitato di Cadibona)
- stesura di asfalto antirumore in un tratto della S.P. n. 334 del Sassello in comune di Stella (tratto stradale comprendente sia il centro abitato sia la scuola).
- realizzazione di momenti di educazione ambientale / sensibilizzazione sul tema dell'inquinamento acustico con alcune classi dell'Istituto Superiore per Geometri "Patetta" di Cairo Montenotte (SV) (viabilità interessata S.P28bis). Per i dettagli si rimanda al Deliverable 6 (D6 - Lessons for Pupils)

2.3 Comune di Vicenza

I siti pilota e le relative azioni per il comune di Vicenza sono le seguenti:

- stesura di asfalto antirumore in un tratto di strada prospiciente alla scuola elementare "Cabianca";
- sostituzione degli infissi della scuola elementare "Cabianca";
- realizzazione di una barriera acustica per la protezione degli ambienti interni e delle aree di pertinenza della scuola per l'infanzia "Lattes".

2.4 Comune di Prato

I siti pilota e le relative azioni per il comune di Prato sono le seguenti:

- stesura di asfalto antirumore in un tratto di strada prospiciente alla scuola per l'infanzia e primaria "Meoni";
- sostituzione degli infissi della scuola per l'infanzia e primaria "Meoni".

3Stesura di asfalti a bassa rumorosità

3.1 Siti di intervento

I siti di intervento sono stati i seguenti:

- S.P. n°225 della Fontanabuona in comune di Neirone (Genova)
- S.P. n°333 di Uscio in comune di Avegno (Genova)
- S.P. n° 29 del colle di Cadibona in comune di Quiliano (Savona)
- S.P. n° 334 del Sassello in comune di Stella (Savona)
- Viale F.lli Cervi (Prato)
- Strada del Pasubio (Vicenza)

L'efficacia degli interventi è stata monitorata sia eseguendo rilievi fonometrici prima e dopo gli interventi, dal punto di vista del recettore, sia qualitativamente distribuendo questionari nelle zone oggetto di intervento.

3.2 Interventi su strade urbane

In aree urbane sia il Comune di Vicenza che il Comune di Prato hanno scelto di dare preferenza agli interventi finalizzati alla mitigazione dei ricettori sensibili. La scelta dei siti è stata effettuata considerando:

- superamenti acustici: è stato scelto di dare preferenza ad aree sottoposte a livelli acustici tali da poter essere trattati con tale tipologia di intervento;
- presenza di aree di pertinenza;
- andamento del tracciato stradale: è stata data preferenza alle strade caratterizzate da tracciato pianeggiante e rettilineo;
- caratteristiche del flusso di traffico: penalizzate le strade caratterizzate da un'andatura dei veicoli irregolare;
- velocità media reale dei veicoli: non considerati i tracciati stradali in cui tale dato risultava essere inferiore ai 50 km/h.

3.2.1 Asfalto antirumore su Viale F.lli Cervi

L'intervento ha previsto la stesa di asfalto antirumore per lunghezza complessiva di 650 m ed una superficie complessiva di circa 8500 m² (Figura 1). Tale intervento consente di mitigare l'esposizione al rumore della Scuola dell'infanzia e primaria "Meoni".

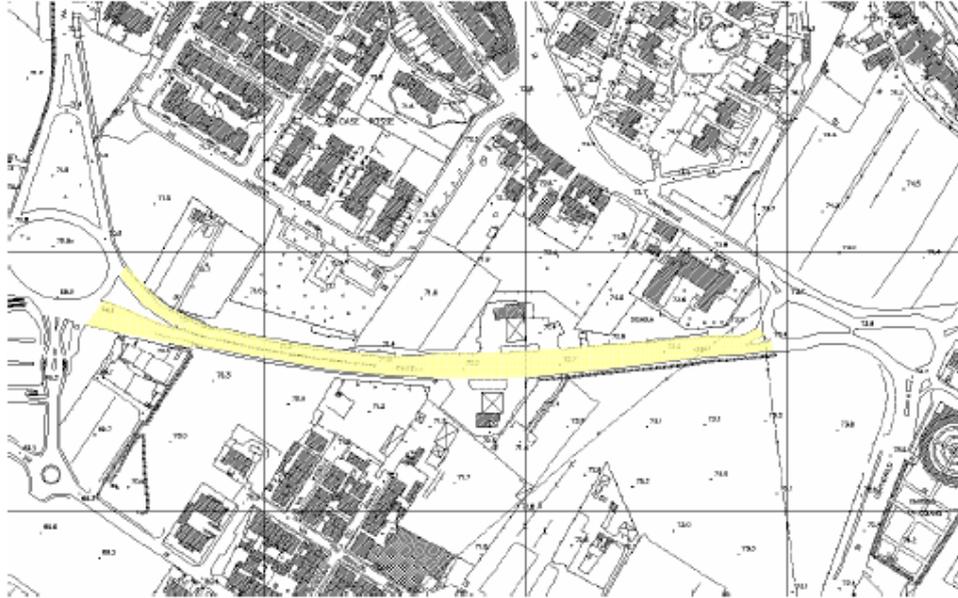


Figura 1: Tratto di Viale Fratelli Cervi interessato dalla stesa di asfalto antirumore

L'intervento ha previsto la fresatura della pavimentazione esistente per una profondità di 4 cm e la conseguente stesura di un tappeto di usura fonoassorbente monostrato di spessore 4 cm. L'Amministrazione ha ritenuto opportuno estendere l'intervento oltre il tratto di strada prospiciente la scuola per ragioni di sicurezza stradale legate ai cambi di finitura su un tratto a velocità costante.

3.2.2 Asfalto antirumore su Strada del Pasubio

La facciata più esposta al rumore dell'edificio dista circa 15 m dall'asse della Strada del Pasubio (Figura 2). Tale infrastruttura stradale costituisce una delle arterie stradali più importanti per il collegamento del centro città con l'area settentrionale del territorio comunale e con i comuni limitrofi a Nord-Ovest di Vicenza (ad es. Schio).

Nella strada è stato stimato un flusso veicolare medio di circa 16.800 veicoli/giorno.

Data l'impossibilità di realizzare una barriera fonoassorbente per motivi dettati dalla tipologia dell'edificio e dagli accessi allo stesso, gli interventi si sono concentrati nella sostituzione degli infissi e nella stesa lungo il fronte stradale di una miscela di asfalto con caratteristiche fonoassorbenti per una lunghezza complessiva di circa 700 m (350 m per lato della scuola, Figura 1). Per l'asfalto fonoassorbente, con caratteristiche drenanti, la scelta è ricaduta sull'innovativa costruzione che prevede una miscela contenente residui di gomma riciclata. La gomma proviene dalla attività di riciclo dei pneumatici fuori uso.

Nello specifico è stato scelto il conglomerato denominato "AsphaltRubber" che consente di ridurre tutti i fenomeni di fessurazione di riflesso, fessurazione a fatica e fessurazione termica, con l'ottenimento di superfici prive di fenomeni

d'ormaiamento (rutting), con buona aderenza (skidresistance), ridotta necessità di manutenzione, una buona regolarità e ridotti livelli di emissioni sonore. Specifiche di dettaglio e scheda tecnica sono consultabili all'indirizzo www.asphaltrubberitalia.com.

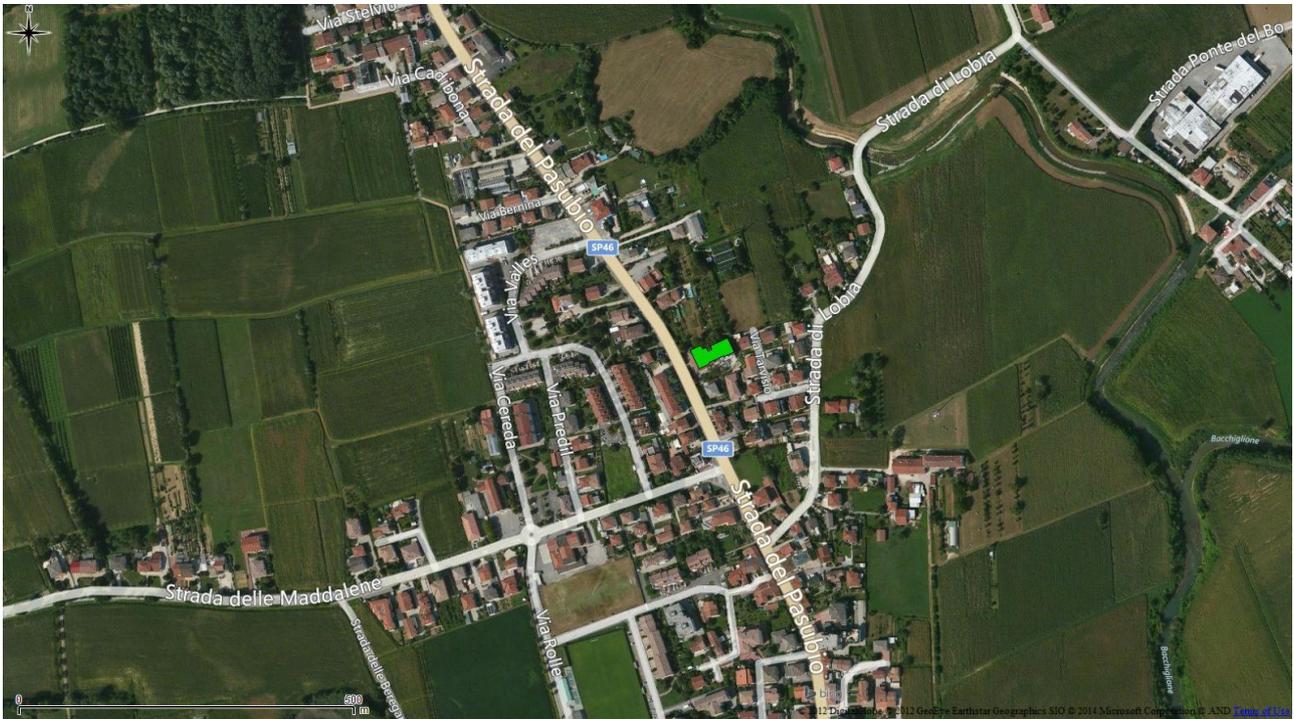


Figura 2: Inquadramento nel territorio della Scuola Cabianca (in verde)



Figura 3: Immagini dell'asfalto fonoassorbente realizzato per la bonifica della Scuola Elementare Cabianca

3.3 Interventi sulle strade appenniniche

L'individuazione dei siti pilota e il dimensionamento degli interventi hanno tenuto conto sia della effettiva necessità di intervento, in relazione ai livelli acustici presenti, sia della fattibilità tecnico – economica, sia della rappresentatività del sito in relazione al contesto più generale della viabilità provinciale (quest'ultima considerazione vale soprattutto in relazione alla posa di asfalti fonoassorbenti).

I siti pilota e le relative azioni sono le seguenti:

- stesura di manto stradale antirumore in un tratto della S.P. n. 225 della Fontanabuona in comune di Neirone;
- stesura di manto stradale antirumore in un tratto della S.P. n. 333 di Uscio in comune di Avegno;
- stesura di manto stradale antirumore in un tratto della S.P. n. 29 del Cadibona nei comuni di Quiliano e Savona (tratto stradale comprendente l'abitato di Cadibona)
- stesura di manto stradale antirumore in un tratto della S.P. n. 334 del Sassello in comune di Stella (tratto stradale comprendente sia il centro abitato sia la scuola).

Le motivazioni che hanno portato alla scelta delle località in cui realizzare l'asfalto antirumore sono molteplici:

- tutti e 4 i siti sono morfologicamente rappresentativi di molti tratti della viabilità di entrambe le province; in particolare per ciò che riguarda i siti genovesi, il sito sulla S.P. n. 225 è un tratto approssimativamente rettilineo, in pendenza e in zona abitata; il sito sulla S.P. n. 333 è un tratto tortuoso, con pendenze maggiori rispetto all'altro caso e con case sparse. Per quanto concerne i siti savonesi, anch'essi sono caratterizzati da una certa tortuosità con parti del tracciato anche caratterizzati da una certa pendenza. In entrambi i siti sono presenti numerose abitazioni, situazione che rappresenta buona parte dei siti savonesi esaminati. Il sito sulla S.P. n. 29 è caratterizzato da un maggior traffico veicolare, anche pesante, rispetto al sito sulla S.P. n. 334, questa circostanza consentirà di valutare il comportamento dell'asfalto fonoassorbente a fronte di carichi di traffico veicolare diversi. Gli aspetti climatici sono simili, infatti entrambi i siti sono posizionati sul versante tirrenico delle colline savonesi a quote collinari confrontabili (Stella S.Giovanni a circa 269 m s.l.m. - Cadibona a circa 330 m s.l.m.);
- in tutti i siti sopra citati il clima acustico è influenzato essenzialmente dal traffico stradale che insiste sulle strade in esame;
- i valori di rumorosità misurata nei quattro siti risulta non elevatissima rispetto al valore limite, quindi anche un effetto modesto di riduzione della rumorosità, effetto che ci si attende dalla posa in opera di asfalti fonoassorbenti, potrebbe consentire il conseguimento del rispetto dei valori limite. Pertanto i risultati ottenuti con questi interventi pilota in termini di rapporto costi – benefici potranno risultare molto utili in rapporto alle scelte progettuali per gli interventi da attuare sul complesso delle reti provinciali, anche in relazione ai Piano di azione provinciali;
- Per altro i benefici conseguiti con la stesa dell'asfalto fono assorbente sono fruibili da tutti, mentre l'eventuale installazione di finestre fonoisolanti (ad esempio scuole) garantisce un reale beneficio – anche se risolutivo – ai soli recettori presso i quali si interviene.
- la tipologia di strada sulla quale si è intervenuti, definita di tipo appenninico, ha reso pressoché obbligatoria la scelta di una tipologia di asfalto fonoassorbente che fosse primariamente di tipo drenante, per evidenti motivazioni legate alla sicurezza stradale.
- i risultati ottenuti con gli interventi di cui sopra, di tipo “sperimentale” in quanto si è andati ad applicare un asfalto di tipo drenante fonoassorbente su strade con

caratteristiche molto differenti rispetto alle applicazioni consuete, congiuntamente alle classifiche di priorità ottenute dai Piani di Azione, saranno utilizzate per la pianificazione e la progettazione degli interventi futuri di mitigazione acustica. A tale scopo saranno effettuate considerazioni anche di tipo economico, attraverso un'analisi basata sul rapporto costi – benefici e le valutazioni saranno effettuate caso per caso.

Nelle figure seguenti sono evidenziati i punti in cui sono state eseguite le asfaltature antirumore.

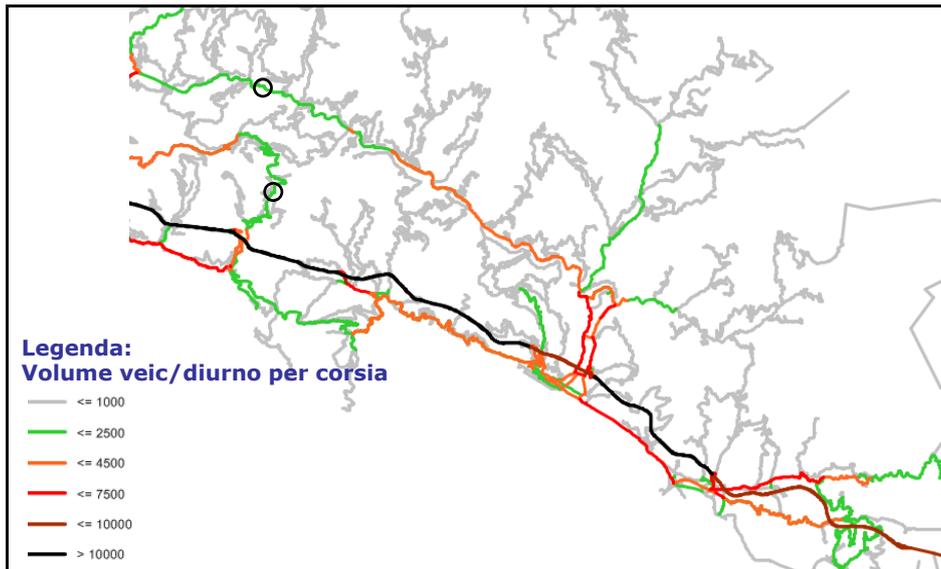


Figura 4: Con un cerchio nero sono segnalati i siti pilota individuati per le asfaltature

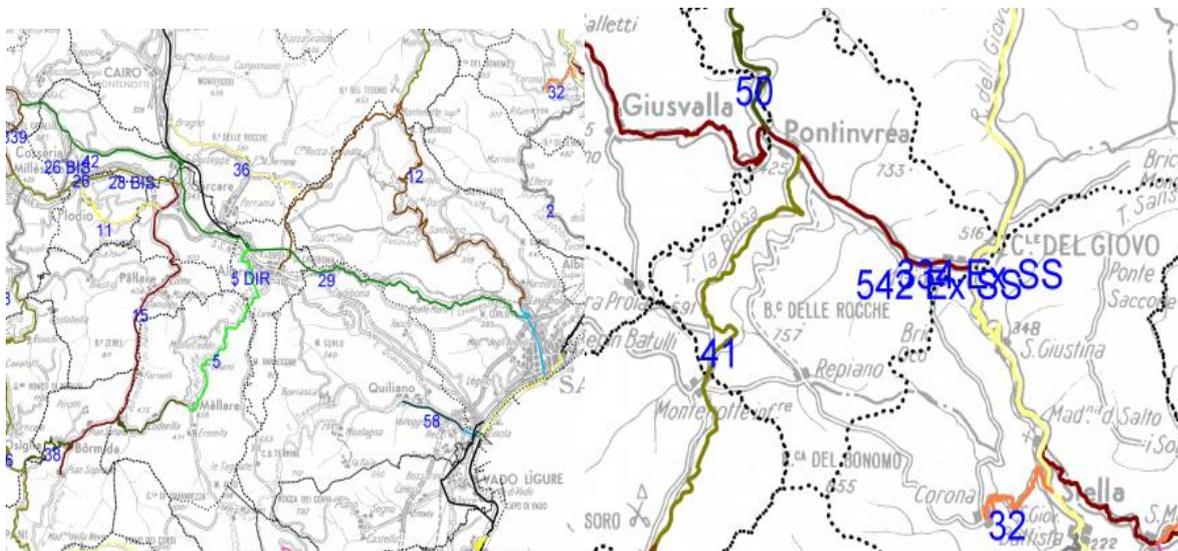


Figura 5: siti pilota strade provincia di Savona (SP29 Cadibona a sx e SP334 del Sassello a dx)

Oltre ai siti di intervento suddetti, è stato considerato anche un sito di test, costituito da un tratto di S. P. n. 35 in ingresso a Busalla da Mignanego (Genova).

Su tale tratto la riasfaltatura è stata eseguita utilizzando una pavimentazione standard, non antirumore, dello stesso tipo di quella usurata e preesistente.

In questo modo è possibile fare una valutazione dell'efficacia della realizzazione di una pavimentazione antirumore rispetto ad una tradizionale.

In Tabella 2 è riportata la descrizione dell'asfalto antirumore così come riportato nel capitolato.

Tabella 2: Descrizione, da capitolato, dell'asfalto antirumore utilizzato dalle Province di Genova e Savona

Realizzazione di strato di usura, (mantino), in conglomerato bituminoso drenante e antirumore, ottenuto con pietrischetti e graniglie della I ^a categoria Norme C.N.R., sabbia naturale e di frantumazione, legante bituminoso modificato HARD, additivi, attivanti l'adesione, confezionato a caldo in idonei impianti, secondo le prescrizioni delle Norme Tecniche, compresa la spruzzatura a caldo sul piano di posa di mano d'attacco costituita da leganti bituminosi modificati HARD in ragione di g/mq 600;
dato in opera con idonee macchine vibro finitrici, compattato con rulli a ruote metalliche, compresa la fornitura di tutti i materiali, lavorazioni, prove e controlli di laboratorio ed in sito, ogni altra prestazione, fornitura ed onere. Misurazione in opera dopo il compattamento, di spessore medio finito pari a cm 5.
Costo complessivo al metro quadro: 15,1 €/mq

3.3.1 Stesura di asfalto antirumore in un tratto della S.P. 333 nel comune di Avegno (Genova)

La strada provinciale n. 333 collega Recco con i comuni della Val Fontanabuona e presenta, nel complesso, un notevole grado di tortuosità e di pendenza, che implica che la velocità di percorrenza massima che è possibile sviluppare sul tracciato è quantificabile in 40/50 km/h.

Nel sito oggetto di intervento la strada è in pendenza e con curve. Gli edifici che risentono delle immissioni acustiche della strada sono disposti in modo non omogeneo.

In Figura 6 è riportata una immagine del tratto stradale interessato.



Figura 6: Tratto della S.P. 333 in cui è stata realizzata l'asfaltatura antirumore

L'intervento di riasfaltatura è stato realizzato nell'autunno 2013 ha riguardato una superficie pari a circa 825 m².

In Figura 7 si riporta una immagine fotografica del manto stradale di nuova realizzazione.



Figura 7: Dettaglio della pavimentazione stradale di nuova realizzazione nel tratto in esame lungo la SP 333

3.3.2 Stesura di asfalto antirumore in un tratto della S.P. 225 nel comune di Neirone (Genova)

La strada provinciale n. 225, asse di collegamento dei comuni della Valle Fontanabuona con Chiavari a levante e con Genova a ponente, ha una forte valenza turistica e industriale nonché di tracciato interlocale su cui pesano tutte le percorrenze di penetrazione del territorio attraversato.

La velocità di percorrenza che è possibile sviluppare sul tracciato è quantificabile mediamente in 50/60 km/h.

Nel sito oggetto di intervento la strada corre sostanzialmente rettilinea ed in pendenza, per larga parte fra due file di edifici. In Figura 8 è riportata un'immagine fotografica del tratto stradale interessato, in cui è visibile l'andamento rettilineo della strada e la collocazione di edifici residenziali in ambi i lati della strada.



Figura 8: Tratto della S.P. 225 in cui è stata realizzata l'asfaltatura antirumore

L'intervento è stato realizzato nell'estate 2013 e la superficie interessata dalla riasfaltatura è stata pari a circa 1.080 m². In Figura 9 si riporta una immagine fotografica dei lavori di posa in opera dell'asfalto.



Figura 9: Realizzazione dell'asfalto fonoisolante nel tratto in esame lungo la SP 225

In Figura 10 si riportano immagini di un dettaglio del manto stradale di nuova realizzazione (a sinistra) e per confronto con l'adiacente manto stradale preesistente (a destra).



Figura 10: Dettaglio della pavimentazione stradale di nuova realizzazione (sinistra) e confronto con il manto preesistente

3.3.3 Stesura di asfalto antirumore in un tratto della S.P. 29 nel comune di Quiliano (Savona)

La S.P. n. 29 “del Colle di Cadibona” collega Savona con il basso Piemonte, risalendo lungo la Valle del Lavanestro sino al Colle di Cadibona, per poi seguire la Valle della Bormida di Pallare sino a Cairo Montenotte e confluire nella S.S. n. 29, ripartendo col ramo denominato S.P. n. 29bis “di Piana Crixia” da Piana Crixia verso Cortemilia e quindi Torino.

L'intervento è stato realizzato all'interno del centro abitato della frazione di Cadibona, comune di Quiliano, ed ha interessato il tratto della SP 29 dal chilometro 143+325 metri al chilometro 144+014 metri.

In Figura 11 e in Figura 12 sono riportati rispettivamente il tratto di strada ed il sito interessato dall'installazione dell'asfalto antirumore.



Figura 11: In giallo è evidenziato il tratto di strada in cui è stata realizzata l'asfaltatura antirumore



Figura 12: Fotografia del sito lungo la SP 29 in cui è stato realizzato l'asfalto antirumore

3.3.4 Stesura di asfalto antirumore in un tratto della S.P. 334 nel comune di Stella San Giovanni (Savona)

La S.P. n. 334 "del Sassello" collega la riviera savonese di levante con il basso Piemonte Acquese, risalendo lungo la Valle del Riobasco sino al Colle del Giovo, per poi seguire il Rio del Giovo sino a Sassello, e proseguire poi fino ad incontrare il Torrente Erro al confine regionale.

Sul suo tracciato si innestano, all'altezza di Stella e di Pontinvrea, i due rami della la S.P. n. 542 "di Pontinvrea", altra direttrice di penetrazione dalla riviera di levante verso la S.S. 29 e quindi verso l'Alessandrino.

L'intervento è stato realizzato all'interno del centro abitato di Stella San Giovanni, ed ha interessato il tratto della SP 334 dal chilometro 008+410 metri al chilometro 008+735 metri e dal chilometro 008+825 metri al chilometro 009+345 metri.

In Figura 13 e in Figura 14 sono riportati rispettivamente il tratto di strada ed il sito interessato dall'installazione dell'asfalto antirumore.



Figura 13: In giallo è evidenziato il tratto di strada in cui è stata realizzata l'asfaltatura antirumore



Figura 14: Fotografia del sito lungo la SP 334 in cui è stato realizzato l'asfalto antirumore

3.4 Analisi dell'efficacia su strade urbane

3.4.1 Viale Fratelli Cervi

Nell' Allegato 4 è riportata l'analisi della verifica di efficacia acustica degli interventi realizzati dal Comune di Prato per la Scuola dell'infanzia e primaria "Meoni". L'analisi ha osservato come l'attenuazione acustica prodotta dalla realizzazione della pavimentazione a bassa rumorosità lungo Viale Fratelli Cervi è risultata essere compresa fra 2,5 e 3,8 dB(A).

3.4.2 Strada del Pasubio

L'intervento è stato realizzato per la mitigazione dell'esposizione a rumore della Scuola Elementare "Cabianca". La valutazione dell'efficacia della realizzazione dell'asfalto fonoassorbente è stata eseguita confrontando i dati di due campagne fonometriche realizzate rispettivamente in condizione di ante-operam e post-operam.

Tabella 1: Effetto della stesura di asfalto antirumore nei pressi della scuola "Cabianca"

Scenario	Data	Durata	Leq Diurno	Leq Notturmo	Note
Ante Operam	11/07/2011	Settimanale	70,2	65,5	Solo giorni feriali
Post Operam	07/11/2012	Giornaliera	67,2	62,5	Misura riferita ad un giorno feriale

L'abbattimento acustico dovuto all'installazione dell'asfalto fonoassorbente è risultato essere pari a 3 dB(A) sia nel periodo diurno che notturno (Tabella 1).

3.5 Analisi dell'efficacia su strade appenniniche

3.5.1 Valutazione dell'effetto della pavimentazione antirumore sul tratto della S.P. 333 nel comune di Avegno (Genova)

Lungo la SP 333 sono state effettuate due misure fonometriche settimanali per la valutazione delle condizioni ante operam e post operam in prossimità del tratto di strada in cui è stata realizzata la pavimentazione stradale antirumore.

I risultati delle misure fonometriche settimanali sono riportate in Tabella 3.

Tabella 3: Risultati delle misure fonometriche settimanali realizzate presso il primo sito di misura situato lungo la SP 333 nel comune di Avegno

Identificativo	Tempo di misura (min)	Diurno	Notturmo
		Leq dB(A)	Leq dB(A)
A3	Settimana	60,1	54,2
P3	Settimana	60,8	53,7
Effettoasfaltatura		0,7	-0,5

I dati riportati in tabella, anche in considerazione dell'incertezza strumentale non evidenziano variazioni di rilievo fra le due situazioni precedente e successiva all'asfaltatura.

Nelle figure seguenti si riporta l'andamento temporale dei valori di Leq orario medio logaritmico feriale, sabato e domenica, ante e post operam

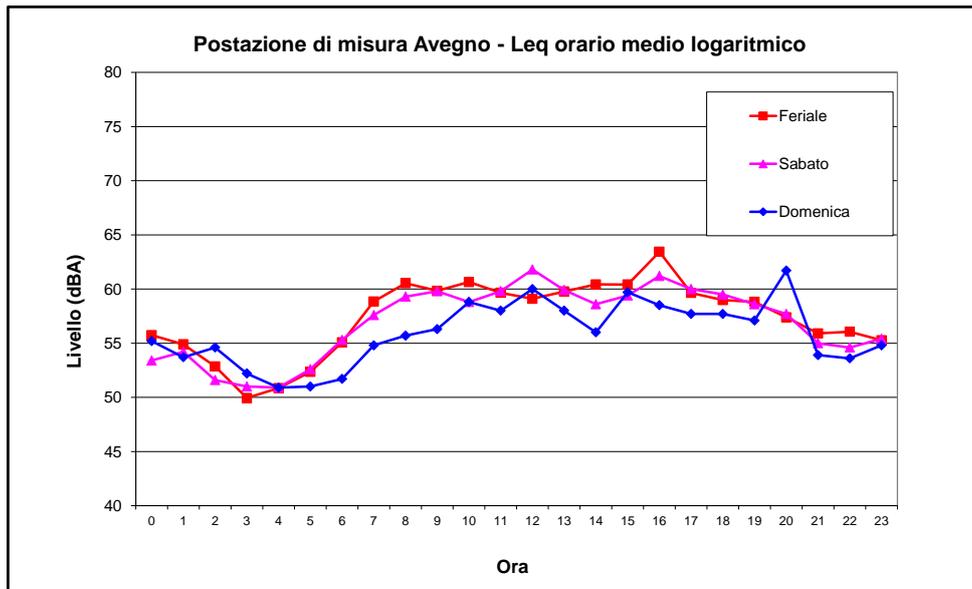


Figura 15: Sito Avegno 1: Evoluzione temporale del Leq orario medio per tipo di giorno in condizione di ante operam (dB(A))

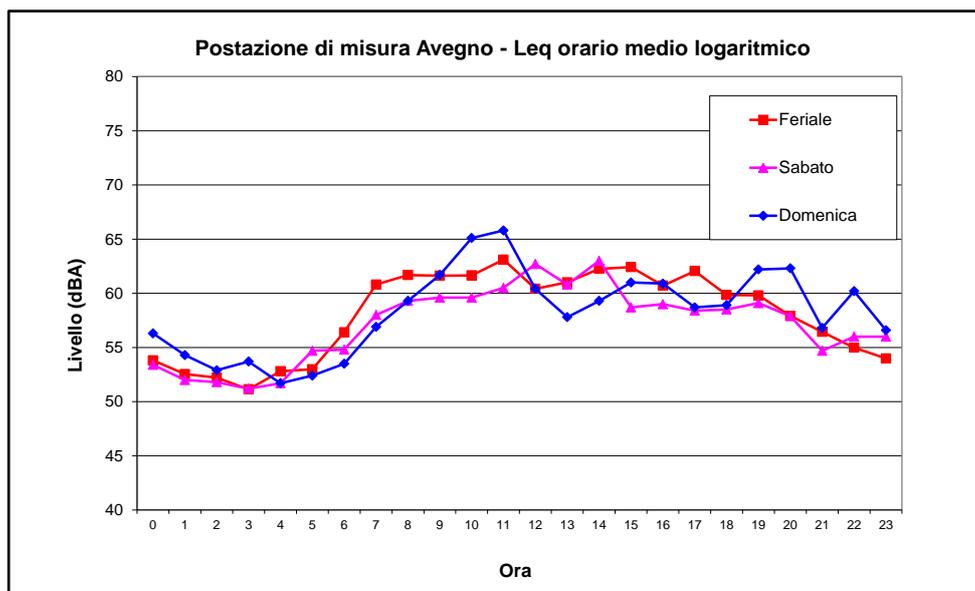


Figura 16: Sito Avegno 1: Evoluzione temporale del Leq orario medio per tipo di giorno in condizione di post operam (dB(A))

In entrambi i monitoraggi l'andamento della rumorosità sulle ventiquattro ore (con riferimento al valore del Leq) è quello tipicamente riscontrabile nei siti interessati prevalentemente da rumore di traffico veicolare.

3.5.2 Valutazione dell'effetto della pavimentazione antirumore sul tratto della S.P. 225 nel comune di Neirone (Genova)

Sono state effettuate misure fonometriche su tempi brevi, in due giornate feriali e in periodo diurno, a bordo strada nel tratto rettilineo in condizione di ante operam e post operam.

Premesso che i valori di L_{eq} su tempo breve consentono confronti, in termini assoluti, di validità comunque limitata a causa della variabilità (sebbene ragionevolmente contenuta per i casi in esame) del fenomeno "traffico", il confronto dei livelli misurati porta a conclusioni analoghe a quanto già indicato dai risultati dei monitoraggi in continuo.

I livelli L_{eq} (dB(A)) su tempo breve misurati prima e dopo gli interventi, infatti, non evidenziano una riduzione della rumorosità in termini energetici globali nella situazione post operam rispetto a quella ante operam.

In allegato 1 sono riportati i sonogrammi e le storie temporali delle 4 misure eseguite: tali dati testimoniano come tali ambienti siano soggetti essenzialmente alle immissioni acustiche derivanti dal passaggio dei veicoli lungo la SP 225.

Oltre al mero confronto dei valori di L_{eq} ponderato A e banda larga, si è anche proceduto, nella logica di un utilizzo più proficuo dei dati su tempo breve, ad una analisi degli eventuali effetti in termini di spettro della rumorosità veicolare.

In termini di spettro di frequenza 1/3 di ottava e ponderazione lineare (dB), i rilievi su tempo breve effettuati nel sito "Neirone" indicano che con il nuovo tipo di asfalto le componenti spettrali ad alta frequenza tendono a concorrere in modo meno rilevante, rispetto alla situazione ante operam, alla determinazione del valore di L_{eq} a banda larga.

Questo effetto è reso qualitativamente evidente dalla comparazione degli spettri di L_{eq} 1/3 di ottava e ponderazione lineare (dB) "normalizzati" (per differenza) ai valori di L_{eq} a banda larga (ponderazione lineare) contestualmente misurati (v. grafico riportato in Figura 15, a sinistra). In Figura 15 sono riportati anche analoghi spettri normalizzati di L_{eq} per il caso di controllo "zero" (sito di misura "Cantoniera", v. appendice per la descrizione del sito di controllo), in cui la riasfaltatura è stata effettuata con lo stesso tipo di asfalto preesistente (grafico a destra).

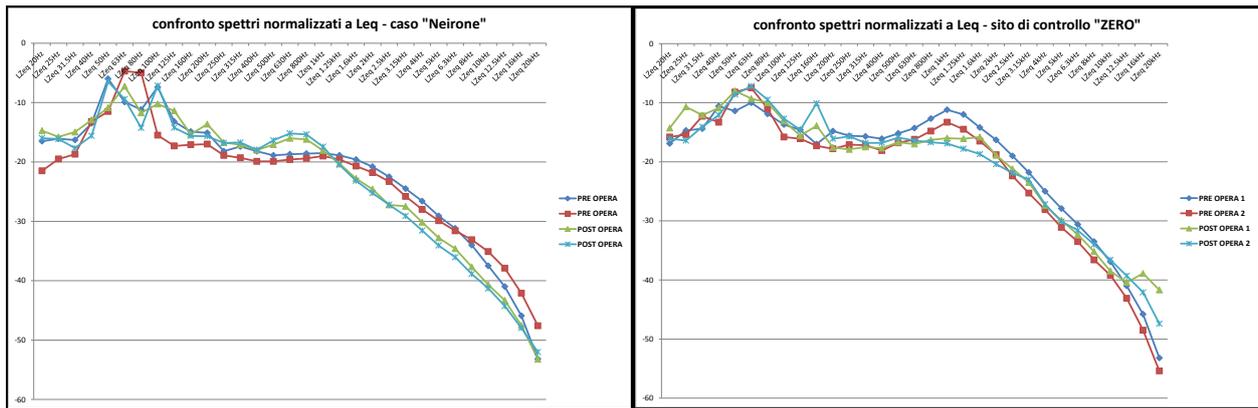


Figura 15: spettri normalizzati di Leq (ponderazione lineare, dB) per il caso di "Neirone" (sinistra) e per il caso di controllo "Cantoniera" (a destra)

3.5.3 Valutazione dell'effetto della pavimentazione antirumore sul tratto della S.P. 29 nel comune di Quiliano (Savona)

Sono state effettuate 4 misure fonometriche in due giornate feriali ed in periodo diurno, a bordo strada in un tratto rettilineo in condizioni di ante operam e post operam. Le misure fonometriche A1 e P1 sono state realizzate nello stesso punto in condizioni di ante operam e post operam per valutare l'efficacia dell'intervento.

Le misure fonometriche SA1 e SP1 sono state eseguite contemporaneamente rispettivamente a A1 e P1, ma in un punto non influenzato dalla realizzazione dell'intervento antirumore.

I risultati delle misure fonometriche A1 e P1 sono riportati in Tabella 4, mentre i risultati delle misure fonometriche di controllo SA1 e SP1 in Tabella 5.

Tabella 4: Risultati delle misure fonometriche realizzate sito di misura situato lungo la SP 29 nella frazione di Cadibona (Quiliano)

Identificativo	Tempo di misura (min)	Diurno, Leq dB(A)
A1	150'	69,4
P1	150'	67,4
Effettoasfaltatura		-2,0

Tabella 5: Risultati delle misure fonometriche realizzate presso sito di controllo situato lungo la SP 29 nella frazione di Cadibona (Quiliano)

Identificativo	Tempo di misura (min)	Diurno, Leq dB(A)
SA1	150'	64,0
SP1	150'	63,4
Differenza fra il livello misurato nella postazione di controllo nelle condizioni di ante operam e post operam		- 0,6

In Tabella 6 sono riportati anche i risultati delle misure di flusso stradale realizzati in prossimità dei punti in cui sono state effettuate le rilevazioni fonometriche A1 e P1.

Tabella 6: Risultati delle misure di flusso di traffico realizzate contemporaneamente ed in prossimità alle rilevazioni fonometriche

Misura eseguita in prossimità ed in contemporanea a	Direzione di marcia	Autoveicoli	Motoveicoli	Mezzi pesanti
A1	Verso Altare	529	6	35
	Verso Savona	619	8	46
	Flusso totale	1148	14	81
P1	Verso Altare	622	15	26
	Verso Savona	666	20	53
	Flusso totale	1288	35	79

In considerazione dell'incertezza strumentale e in presenza di un flusso di traffico che, nel caso delle misure post-operam, risulta complessivamente incrementato (maggior numero di auto, un netto aumento nel numero di motoveicoli e solo 2 mezzi pesanti in meno), si può ritenere che, nel caso del sito di Cadibona, ci sia un effetto positivo dovuto al manto stradale antirumore.

Sono state inoltre eseguite altre 2 misure "spot" dopo circa 1 mese dalla stesura del manto stradale. In particolare sulla SP 29 del Cadibona (comune di Quiliano) sono state scelte le stesse due postazioni utilizzate per il monitoraggio ante-operam e post-operam prima misura, ovvero una posizione 1 (P1bis, in tratto asfaltato) e una postazione SP1bis (in tratto non asfaltato, posizione "spia"). Le misure sono state effettuate nella stessa giornata (feriale) e nella stessa fascia oraria nella quale sono state effettuate le precedenti, contemporaneamente sulle due postazioni. Anche in questo caso è stato effettuato il conteggio manuale del flusso veicolare.

Nella successiva Tabella 7 sono riportate sia le misure realizzate dopo 1 mese dalla stesa, sia le misure di cui alle precedenti tabelle 4 e 5, in modo da avere un confronto complessivo immediato. Analogamente nella Tabella 8 sono riportati i flussi veicolari sia relativi alla prima misura (ante e post-operam) sia relativi alla seconda (post-operam con postazione "spia").

Tabella 7: Risultati delle misure fonometriche realizzate sito di misura situato lungo la SP 29 nella frazione di Cadibona (Quiliano)

Identificativo	Tempo di misura (min)	Diurno, Leq dB(A)
<i>Rilievi "ante-operam" SP29 Cadibona (prima verifica)</i>		
Pos 1 (A1)	150'	69,4
Pos "spia" (SA1)	150'	64,0
<i>Rilievi "post-operam" SP29 Cadibona (prima verifica)</i>		
Pos 1 (P1)	150'	67,4
Pos "spia" (SP1)	150'	63,4
<i>Rilievi "post-operam" SP29 Cadibona (seconda verifica)</i>		
Pos 1 (P1bis)	150'	67,0
Pos "spia" (SP1bis)	150'	63,8
Effetto asfaltatura		-2,0
Differenza tra il livello misurato nella postazione di controllo nelle condizioni di ante e post operam		- 0,6
Effettoasfaltaturadopo 1 mese		-2,4
Differenza tra il livello misurato nella postazione di controllo nelle condizioni di ante e post operam dopo 1 mese		+0,4

Tabella 8: Risultati delle misure di flusso di traffico realizzate contemporaneamente ed in prossimità alle rilevazioni fonometriche

Misura eseguita in prossimità ed in contemporanea a	Direzione di marcia	Autoveicoli	Motoveicoli	Mezzi pesanti
Transiti ante-operam presso posizione 1				
A1	Verso Altare	529	6	35
	Verso Savona	619	8	46
	Flusso totale	1148	14	81
Transiti post-operam presso posizione 1 (prima verifica)				
P1	Verso Altare	622	15	26
	Verso Savona	666	20	53
	Flusso totale	1288	35	79
Transiti post-operam presso posizione 1 (seconda verifica)				
P1Bis	Verso Altare	688	24	48
	Verso Savona	755	23	50
	Flusso totale	1443	47	98
Transiti post-operam presso posizione "spia" (seconda verifica)				
SP1Bis	Verso Altare	642	29	33
	Verso Savona	756	30	38
	Flusso totale	1398	59	71

Durante la seconda verifica, a fronte di un aumento nel numero di transiti rispetto al primo controllo (sia dei veicoli, sia dei mezzi pesanti sia dei motoveicoli, pari a circa il 25% di incremento), il livello della rumorosità registrato è risultato circa 0,4 dB(A) minore rispetto al primo controllo e 2,4 dB(A) minore del livello della rumorosità registrata "ante-operam"; in questo secondo caso, inoltre, nella posizione di controllo si è registrato un aumento della rumorosità pari a 0,4 dB(A)

rispetto al primo. Si può ritenere dunque che si possa confermare il leggero effetto positivo dovuto al manto stradale fonoassorbente e, anzi, si può ritenere che vi possa essere un leggero incremento di tale effetto dopo un periodo di tempo che ha permesso l'assestamento del manto stradale.

3.5.4 Valutazione dell'effetto della pavimentazione antirumore sul tratto della S.P. 334 nel comune di Stella San Giovanni

Sono state effettuate 4 misure fonometriche in due giornate feriali ed in periodo diurno, a bordo strada in un tratto rettilineo in condizioni di ante operam e post operam. Le misure fonometriche A2 e P2 sono state realizzate nello stesso punto in condizioni di ante operam e post operam per valutare l'efficacia dell'intervento.

Le misure fonometriche SA2 e SP2 sono state eseguite contemporaneamente rispettivamente a A2 e P2, ma in un punto, non influenzato dalla realizzazione dell'intervento antirumore.

I risultati delle misure fonometriche A2 e P2 sono riportati in Tabella 9 mentre i risultati delle misure fonometriche di controllo SA1 e SP1 in Tabella 10.

Tabella 9: Risultati delle misure fonometriche realizzate sito di misura situato lungo la SP 334 nel centro abitato di Stella San Giovanni

Identificativo	Tempo di misura (min)	Diurno, Leq dB(A)
A2	150'	62,7
P2	150'	62,7
Effettoasfaltatura		0,0

Tabella 10: Risultati delle misure fonometriche realizzate presso sito di controllo situato lungo la SP 334 nel centro abitato di Stella San Giovanni

Identificativo	Tempo di misura (min)	Diurno, Leq dB(A)
SA2	150'	63,9
SP2	150'	64,4
Differenza fra il livello misurato nella postazione di controllo nelle condizioni di ante operam e post operam		+0,5

In Tabella 11 sono riportati anche i risultati delle misure di flusso stradale realizzati in prossimità dei punti in cui sono state effettuate le rilevazioni fonometriche A2 e P2.

Tabella 11: Risultati delle misure di flusso di traffico realizzate contemporaneamente ed in prossimità alle rilevazioni fonometriche

Misura eseguita in prossimità ed in contemporanea a	Direzione di marcia	Autoveicoli	Motoveicoli	Mezzi pesanti
A2	Verso Sassello	354	3	19
	Verso Savona	326	5	14
	Flusso totale	680	8	33
P2	Verso Sassello	308	9	15
	Verso Savona	315	7	14
	Flusso totale	623	16	29

In questo caso, sia in considerazione dell'incertezza strumentale di misura, sia in considerazione di un flusso veicolare mediamente stabile (più motoveicoli, meno mezzi pesanti) non si sono riscontrati benefici apprezzabili dalla stesa di manto stradale antirumore.

Anche in questo caso, come per la SP 29 del Cadibona sono state eseguite altre 2 misure "spot" dopo circa 1 mese dalla stesura del manto stradale. In particolare sono state effettuate le misure nella stessa giornata e nella stessa fascia oraria utilizzate per il primo controllo, in contemporanea sulla stessa postazione P2 del primo controllo (qui denominata P2bis) e su una postazione "spia" non in zona asfaltata che, però, non coincide con quella scelta nella precedente misura e che è stata denominata P3bis. In questo secondo controllo non si è potuto scegliere la stessa postazione "spia" del precedente a causa di attività di manutenzione in atto sui pali dell'illuminazione presenti nella zona. La posizione di controllo è stata mutata rispetto alla precedente scegliendo di fissare il microfono ad una ringhiera; il microfono risulta più vicino alla sorgente e, di conseguenza, nell'occasione, la rumorosità media è risultata 0,9 dB(A) superiore a quella rilevata nella posizione precedente durante il primo controllo (come si evidenzia nella Tabella 12 successiva). Anche in questo caso è stato effettuato il conteggio manuale del flusso veicolare.

Nella successiva Tabella 12 sono riportate sia le misure realizzate dopo 1 mese dalla stesa, sia le misure di cui alle precedenti Tabella 10 e Tabella 11, in modo da avere un confronto complessivo immediato. Analogamente nella Tabella 13 sono riportati i flussi veicolari sia relativi alla prima misura (ante e post-operam) sia relativi alla seconda (post-operam con postazione "spia").

Tabella 12: Risultati delle misure fonometriche realizzate sito di misura situato lungo la SP 334 nel centro abitato di Stella San Giovanni

Identificativo	Tempo di misura (min)	Diurno, Leq dB(A)
<i>Rilievi "ante-operam" SP334 Stella San Giovanni (prima verifica)</i>		
Pos 1 (A2)	150'	62,7
Pos "spia" (SA2)	150'	63,9
<i>Rilievi "post-operam" SP334 Stella San Giovanni (prima verifica)</i>		
Pos 1 (P2)	150'	62,7
Pos "spia" (SP2)	150'	64,4
<i>Rilievi "post-operam" SP29 SP334 Stella San Giovanni (seconda verifica)</i>		
Pos 1 (P2bis)	150'	61,6
Pos "spia" (SP3bis)	150'	65,3
Effetto asfaltatura		0,0
Differenza tra il livello misurato nella postazione di controllo nelle condizioni di ante e post operam		+ 0,5
Effettoasfaltaturadopo 1 mese		-1,1
Differenza tra il livello misurato nella postazione di controllo nelle condizioni di ante e post operam dopo 1 mese		+0,9*

*a causa di attività di manutenzione in atto sui pali dell'illuminazione presenti nella zona la posizione di controllo è stata mutata rispetto alla precedente scegliendo di fissare il microfono ad una ringhiera; il microfono risulta più vicino alla sorgente e, di conseguenza, nell'occasione la rumorosità media è risultata 0,9 dB(A) superiore a quella rilevata nella posizione precedente durante il primo controllo.

Tabella 13: Risultati delle misure di flusso di traffico realizzate contemporaneamente ed in prossimità alle rilevazioni fonometriche

Misura eseguita in prossimità ed in contemporanea a	Direzione di marcia	Autoveicoli	Motoveicoli	Mezzi pesanti
Transiti ante-operam presso posizione 1				
A2	Verso Sassello	354	3	19
	Verso Savona	326	5	14
	Flusso totale	680	8	33
Transiti post-operam presso posizione 1 (prima verifica)				
P2	Verso Sassello	308	9	15
	Verso Savona	315	7	14
	Flusso totale	623	16	29
Transiti post-operam presso posizione 1 (seconda verifica)				
P2Bis	Verso Sassello	327	21	22
	Verso Savona	287	10	13
	Flusso totale	614	31	35
Transiti post-operam presso posizione "spia" (seconda verifica)				
SP3Bis	Verso Sassello	323	17	13
	Verso Savona	271	8	9
	Flusso totale	594	25	22

Anche nel caso della SP334 si può ritenere, stante il flusso veicolare e l'incertezza di misura, che vi sia un leggero effetto positivo dovuto al manto stradale fono

assorbente che si evidenzia, però, dopo un certo periodo di assestamento dello stesso.

3.6 Conclusioni

Le asfaltature antirumore realizzate nelle **strade appenniniche** hanno dato luogo a risultati modesti in termini di riduzione del livello acustico equivalente ponderato A (dB(A)). Tale risultato è presumibilmente causato dalle basse velocità medie dei veicoli (per lo più inferiore a 40-50 km/h) e dalle pendenze e tortuosità delle sedi stradali dovute dall'orografia del terreno. In queste condizioni il rumore emesso dalla macchina è provocato prevalentemente dal motore e non dal rotolamento degli pneumatici, pertanto l'asfaltatura non riesce ad avere l'abbattimento desiderato.

A conferma di quanto sopra, il miglior risultato in termini di abbattimento acustico sulle strade appenniniche (2 dB(A)) è stato ottenuto con l'intervento realizzato lungo la SP29. Su tale tratto, infatti, la strada ha pendenze più dolci, il tracciato stradale è più regolare e le velocità medie dei veicoli sono più elevate.

Va sottolineato, inoltre, che l'individuazione della tipologia di asfalto drenante fonoassorbente utilizzato ha tenuto conto del vincolo imprescindibile del miglioramento in termini di sicurezza stradale.

Oltre alle verifiche fonometriche, successivamente agli interventi sono stati somministrati dei questionari allo scopo di ottenere informazioni sulla qualità percepita riguardo agli interventi realizzati. Dall'esame dei questionari compilati emerge che l'origine prevalente del rumore è individuata nel traffico con un disturbo che si riflette principalmente sul riposo, in un contesto di clima sonoro valutato comunque mediamente accettabile; per quanto riguarda la valutazione degli interventi di asfaltatura, i questionari rivelano una media soddisfazione da parte degli intervistati relativamente al beneficio acustico conseguito con l'intervento. Più precisamente, in relazione al beneficio percepito, in Provincia di Savona per il 3% degli intervistati il beneficio acustico dell'intervento è stato nullo, il 28% ha indicato il valore "2", il 41 % il valore "3", il 28% il valore "4" e nessuno ha scelto l'opzione "5" (elevato); in Provincia di Genova, analogamente, nessuno ha espresso la valutazione più alta (punteggio 5), però soltanto l'8% ha giudicato negativamente (punteggio 1) e il 18% poco soddisfacente (punteggio 2) gli interventi, mentre il 30% ha espresso una valutazione mediamente positiva ed il 38% nettamente positiva (punteggio 4). Dalle risposte ai questionari, inoltre, si ricava che gli interventi sono ritenuti sostanzialmente validi ma con il limite della modesta estensione territoriale.

Nei **tratti di strada urbani**, invece, l'asfalto antirumore ha ottenuto risultati migliori ed in linea con le previsioni delineate nel documento Deliverable 4. L'esposizione della Scuola dell'infanzia e primaria "Meoni" al rumore emesso da Viale Fratelli

Cervi nell'agglomerato di Prato, infatti, è stata ridotta di una quantità compresa fra i 2,5 e i 3,8 dB(A). Un risultato analogo è stato ottenuto nell'agglomerato di Vicenza: in seguito alla stesura della pavimentazione a bassa rumorosità lungo la Strada del Pasubio, i livelli osservati in prossimità della Scuola Elementare "Cabianca" sono risultati essere di 3 dB(A) inferiori rispetto alla situazione ante operam.

Tali valori risultano in linea con le attese e conformi a quanto reperibile nella letteratura scientifica ed in progetti analoghi. Rispetto alle situazioni osservate nelle strade gestite dalle Provincie di Genova e Savona, con gli interventi negli agglomerati urbani è stato ottenuto un migliore abbattimento acustico grazie allo sviluppo lineare e pianeggiante della strada. Tale caratteristica, infatti, fa sì che il rumore stradale generato dal rotolamento degli pneumatici abbia un peso maggiore rispetto a quello causato dal motore.

4 Interventi di installazione di barriere e finestre

4.1 Siti di intervento

I siti di intervento sono stati i seguenti:

- sostituzione delle attuali finestre con nuove finestre dalle spiccate proprietà termiche e acustiche nell'asilo comunale "La Carica dei 101" in comune di Ronco Scrivia (Provincia di Genova, viabilità interessata S.P. N°35 dei Giovi);
- installazione di una barriera acustica a protezione del giardino/spazio gioco all'aperto dell'asilo nido comunale "La Carica dei 101" in comune di Ronco Scrivia (Provincia di Genova, viabilità interessata S.P. N°35 dei Giovi);
- sostituzione delle attuali finestre con nuove finestre dalle spiccate proprietà termiche e acustiche nella scuola elementare "Cabianca" all'interno dell'agglomerato di Vicenza (Comune di Vicenza, viabilità interessata Strada del Pasubio);
- installazione di una barriera acustica a protezione degli ambienti interni e delle aree di pertinenza della scuola per l'infanzia "Lattes" all'interno dell'agglomerato di Vicenza (Comune di Vicenza, viabilità interessata Via Giovanni Battista Quadri);
- sostituzione delle attuali finestre con nuove finestre dalle spiccate proprietà termiche e acustiche nella scuola per l'infanzia e primaria "Meoni" all'interno dell'agglomerato di Prato (Comune di Prato, viabilità interessata Viale Fratelli Cervi).

Per ciò che concerne l'intervento della Provincia di Genova l'edificio all'interno del quale è ubicata la scuola materna è un immobile di proprietà del Comune di Ronco Scrivia e si affaccia sulla strada provinciale SP 35 dei Giovi all'altezza di Corso Italia, nella frazione capoluogo.

Per quanto riguarda gli interventi diretti sul recettore, si precisa che "La carica dei 101" è stata costruita nell'anno 1975, precedentemente alle normative in merito ai requisiti acustici passivi degli edifici (DPCM 5.12.1997). Il progetto delle barriere non ha comportato una ristrutturazione dell'edificio ed è stata complementare all'intervento di sostituzione degli attuali infissi con altri ad alta performance acustica, finalizzato a garantire il rispetto dello standard stabilito dal D.P.R. 142/2004 per il comfort acustico interno.

La scelta di intervenire su tale sito è risultata da un indice di priorità (derivato dal lavoro pregresso di mappatura acustica) tenendo in considerazione che si tratta di un sito "sensibile" e che l'accoppiamento dei due interventi (barriera + finestre) avrebbe potuto portare alla reale risoluzione della problematica, senza trascurare che la sostituzione delle finestre va anche nella direzione di migliorare l'efficienza energetica dell'edificio.

Il Comune di Vicenza ed il Comune di Prato hanno scelto di realizzare le azioni di risanamento su tali edifici in quanto tali interventi risultano essere conformi ai

requisiti del progetto NADIA e consentono di mitigare situazioni di criticità acustica non trascurabile.

4.2 Descrizione dell'intervento di risanamento acustico realizzato per l'Asilo "La Carica dei 101" - Provincia di Genova

4.2.1 Introduzione

La strada provinciale n. 35 dei Giovi inizia a Genova, risale con graduale pendenza fino al Passo dei Giovi (mt 472 s.l.m.) da cui ridiscende lungo la Valle Scrivia con lieve pendenza nel primo tratto fino a Busalla e andamento pianeggiante nel secondo tratto fino a Pietrabissara. Attraversa, nell'ordine, i centri abitati di Mignanego, Busalla, Borgo Fornari, Ronco Scrivia, Isola del Cantone, Pietrabissara.

Dal punto di vista del traffico, l'arteria stradale è classificata di "tipo I" ossia con $TGM > 1000$ e veicoli di massa superiore a 3500 kg $\leq 5\%$ con valori elevati in corrispondenza dell'abitato di Busalla in cui si registrano volumi superiori ai 3.000.000 di veicoli/annui. I dati di traffico disponibili per il Comune di Ronco Scrivia si hanno in corrispondenza della stazione di misura alla prog.va km 25+600 nella frazione di Borgo Fornari che registra valori pari a circa 9.300 veicoli/giorno bidirezionali (anno 2008). Dati simulati nell'ambito del modello della rete stradale di competenza della Provincia di Genova permettono di stimare, per il giorno feriale medio invernale (arco diurno 7:00-19:00), un volume di traffico presso il sito in esame di circa 1.500-2.000 veicoli bidirezionali.

L'edificio della scuola materna è prospiciente la sede stradale a distanza di un marciapiede di circa 1,5 m di larghezza. Il piano strada risulta sottomesso di circa 1 m rispetto alla quota dell'area giochi esterna della scuola (Figura 16).



Figura 16: Immagine dell'interno del giardino e fronte strada: situazione ante operam

Il perimetro del giardino lungo il quale si sviluppa parzialmente la barriera era precedentemente circondato (nella fase ante operam) da una siepe e un parapetto in parte in ringhiera (lato sud-ovest parallelo alla strada) in parte in muratura (lato nord-ovest).

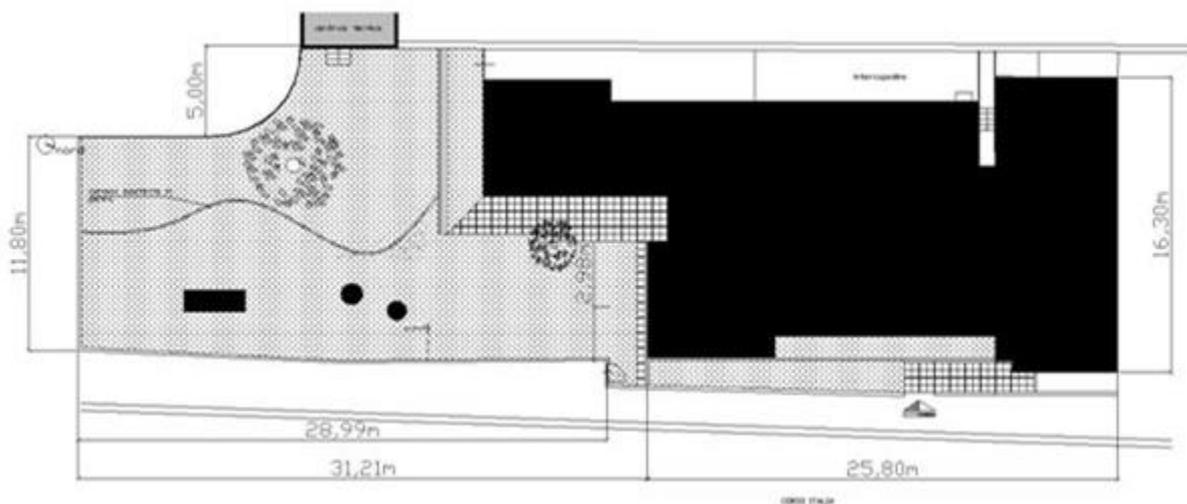


Figura 17: Rilievo planimetrico dell'edificio e del giardino della scuola materna

4.2.2 Misure fonometriche ante-operam

Complessivamente i siti distinti monitorati sono 3, individuati con le sigle seguenti (Figura 18):

1. R1: in facciata dell'asilo sulla strada, di fronte al locale interno in cui è stata eseguita un'altra misura (sito R3);
2. R2: all'interno del giardino;
3. R3: all'interno di un locale interno all'asilo (la misura è stata effettuata a locale non occupato ed in assenza di attività di gioco in altri locali dell'asilo).

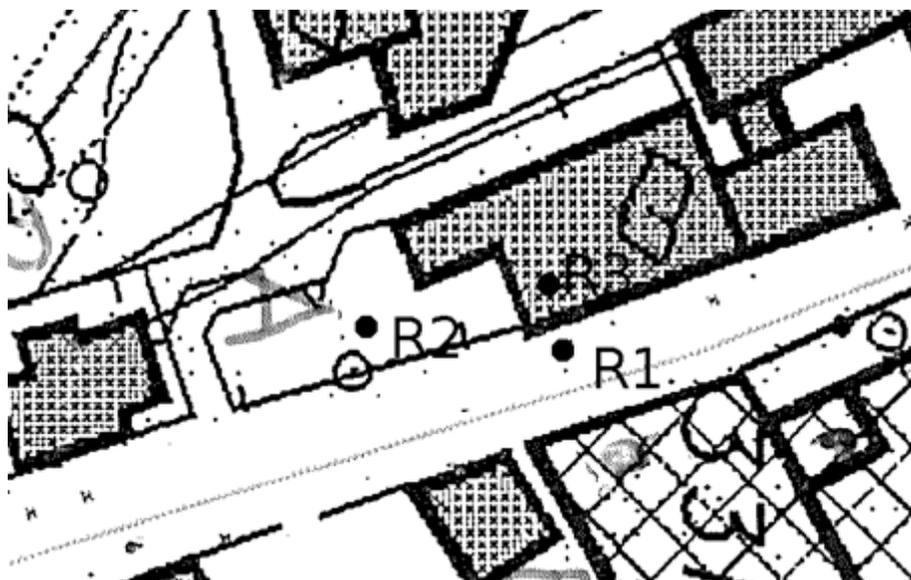


Figura 18: Indicazione dei siti di misura

Le misure sono state effettuate tutte nella mattina del giorno 22.05.2012, il tempo di misura è stato pari a: ~ 20 min per il sito R1, ~ 30 min per i siti R2 e R3. Per quanto riguarda i siti R1 e R2 il posizionamento della strumentazione e la conduzione delle

misure (calibrazione, etc.) sono conformi ai criteri per le misure generiche di rumore ambientale di cui al D. M. 16.03.1998.

La misura nel locale interno (R3) è stata effettuata a finestre chiuse e a centro stanza, come indicato dal D.P.R. 142/2004. In tutti e tre i casi (R1, R2 e R3) l'altezza del microfono da terra è pari a circa 1,5 m. Nel solo caso del sito R2, inoltre, è stata effettuata una seconda misura "fuori standard" ponendo il microfono ad una altezza dal terreno inferiore a 1 m, allo scopo di verificare il campo sonoro ad "altezza bambino" (per evitare confusione nel seguito si indica il sito di misura come R2bis). Il risultato dettagliato degli esiti delle misure è riportato in Allegato 3

I valori di Leq rilevati nei siti R1 e R2 sono indicativi di una rumorosità ambientale non compatibile con il limite di zona acustica per i siti scolastici (50 dB(A)). L'analisi dei grafici riportati in Allegato 2 conferma che il clima acustico esterno è sostanzialmente dominato dal rumore da traffico veicolare, che presenta, nelle misure esaminate, caratteristiche persistenti dal punto di vista temporale.

4.2.3 Consultazioni pubbliche

Preliminarmente alla decisione definitiva sulle caratteristiche della barriera, si sono svolti dei momenti di discussione pubblica aperti alla cittadinanza di Ronco Scrivia e degli incontri tecnici con gli uffici del Comune di Ronco Scrivia. Obiettivo principale di questi incontri è stato individuare le caratteristiche migliori della barriera dal punto di vista del suo inserimento visivo nel contesto urbanizzato e con riferimento alle esigenze di luce e gradevolezza degli ambienti per i bambini che frequentano l'asilo ed usufruiscono conseguentemente del giardino. Il confronto con la cittadinanza ed il Comune ha consentito di raggiungere, con le progettazioni definitiva ed esecutiva dell'opera, il corretto punto di equilibrio fra le diverse esigenze.

Si sono tenuti due incontri pubblici, entrambi presso il Municipio di Ronco Scrivia, nei giorni 31.01.2013 e 07.03.2013, durante i quali si sono presentati il progetto Life+09 NADIA ed il piano d'azione della Provincia di Genova, focalizzando l'attenzione sul progetto di intervento pilota presso "La Carica dei 101". Al primo incontro, più partecipato del secondo, erano presenti sia rappresentanti del Comune di Ronco Scrivia sia alcuni cittadini.

In relazione al caso pilota "La Carica dei 101" sono stati presentati i risultati delle misure ante operam e delle simulazioni di possibili configurazioni alternative della barriera a protezione del giardino dell'asilo. Al termine della discussione è emerso dai presenti il favore, o la non contrarietà, all'intervento generale sull'asilo (finestre e barriera) e l'indicazione di evitare una altezza eccessiva della barriera (un'altezza sostanzialmente condivisa è stata dell'ordine di circa 2,5 m) e preferire per la barriera la presenza di elementi trasparenti e, per le parti opache, l'uso di materiali almeno parzialmente naturali (legno).

Il secondo incontro è andato deserto, essendo presente esclusivamente il rappresentante del Comune. Gli incontri con gli uffici del Comune hanno consentito di approfondire tecnicamente le scelte di fondo già individuate, ponendo le basi della progettazione definitiva ed esecutiva.

4.2.4 Progettazione della barriera acustica

L'intervento riguarda circa 41,00 ml di barriere, di altezza variabile con pannellature per un'altezza massima di 2,50 m (Figura 19). Rispetto all'ante operam, la posa in opera di una barriera antirumore quale quella prevista che si inserisce nella classe di interventi del terzo tipo tra fonte e recettore, comporta un considerevole abbattimento dei decibel all'interno dell'area giochi costituita dal giardino.

La barriera acustica è costituita da pannelli trasparenti e da pannelli su supporto in legno; per quanto riguarda questi ultimi, la parte posteriore è composta da perlinato ad incastro, nella parte anteriore sono visibili listelli verticali in legno alternati ad un materassino in lana minerale ricoperto da tessuto verde a protezione dello stesso. La scelta delle dimensioni e di questo tipo di barriera ha rappresentato il giusto equilibrio tra esigenze "acustiche" e finalità estetiche e di benessere dei bambini che frequentano la scuola, utilizzando materiali che si integrano nel contesto del giardino e garantiscono il passaggio della luce necessaria.

Il costo della barriera è stato pari a circa 32000€



Figura 19: Immagini della barriera acustica realizzata

4.2.5 Progettazione degli infissi

Sono state installate sia finestre sia porte finestra in pvc in colore bianco, in alcuni casi apribili anche a vasistas, dotate di doppio vetro con gas argon e con le ulteriori caratteristiche di eseguito schematicamente elencate (Figura 20):

- la prima vetrata è composta di due vetri di spessore 5 mm ciascuno, con pellicola interposta;
- la seconda vetrata è composta di due vetri di spessore 4 mm ciascuno, con pellicola interposta;
- certificazione acustica pari a 46 dB;
- trasmittanza termica del serramento $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Il costo delle finestre, nel quadro del protocollo di intesa stipulato con il Comune di Ronco Scrivia proprietario dell'immobile, è stato pari a 30.000 €.



Figura 20: Immagini degli infissi ad elevato potere fonoisolante installati presso l'asilo nido

4.2.6 Le misure fonometriche post operam

Per quanto riguarda i punti di misura post-operam, in aggiunta a quelli già utilizzati si sono considerati anche i seguenti:

- R1bis: in esterno, in corrispondenza dell'ingresso all'asilo;
- R4: nel giardino, in una posizione più vicina alla barriera rispetto a R2;
- R5: all'interno, in un locale affacciato sulla S.P. n. 35 e adiacente alla zona riposo dove dormono i bambini.

In tutto, quindi, sono stati considerati 7 punti di misura: due all'esterno in facciata¹ alla struttura (R1 e R1bis), tre nel giardino protetto dalla barriera (R2, R2bis e R4), due all'interno dell'edificio² (R3 e R5). In alcuni siti sono state effettuate più di una misura (comunque consecutivamente) per motivi eminentemente pratici. Parallelamente a tutte le misure all'interno dell'edificio e del giardino sono state effettuate misure all'esterno, con ampi periodi di contemporaneità onde poter procedere ad un confronto fra quanto rilevato in facciata alla strutture e nelle zone protette dagli interventi, allo scopo di valutare l'efficacia degli interventi stessi. I risultati fonometrici post-operam sono riportati in Allegato 3.

Come meglio descritto nel seguito, poiché i rilievi sono stati condotti in condizioni di struttura operativa³ (cioè con presenza del personale e degli utenti), i valori misurati nei siti R3 e R5 risentono comunque della rumorosità generata internamente (parlato, etc.), in maniera più marcata per quanto riguarda punto R3. Pertanto, ai fini delle analisi successive dell'efficacia delle finestre è stata considerata primariamente la misura nel sito R5, da cui è stato enucleato un sottoinsieme corrispondente ad una situazione di minore rumorosità generata dalle attività interne.

Il valore di Leq corrispondente a questo sottoinsieme temporale per il sito R5, che si ritiene maggiormente significativo in relazione alle immissioni di rumore stradale all'interno della struttura, risulta pari a 38,6 dB(A). Il dettaglio relativo all'evoluzione temporale è riportato in Allegato 3.

L'analisi dei grafici delle misure in esterno e in facciata (siti R1 e R1bis) conferma che il clima acustico esterno è sostanzialmente dominato dal rumore da traffico veicolare, che presenta, nelle misure esaminate, caratteristiche persistenti dal punto di vista temporale e del tutto analoghe a quanto rilevato con il monitoraggio ante operam nel sito R1.

L'analisi spettrale relativa al punto di misura R5 evidenzia la presenza di fenomeni sonori connessi al parlato da parte di persone presenti nella struttura, anche se in altri locali, e un contributo pressoché stazionario alle basse frequenze dovuto a sorgenti sonore interne.

L'analisi spettrale relativa alle misure in ambiente esterno (sia nel giardino sia a bordo strada) evidenziano anche la presenza, a tratti, di suoni naturali (cinguettio di uccellini). Il dettaglio relativo all'evoluzione temporale è riportato in Allegato 3.

¹Con una distanza dalla facciata dall'edificio di circa 2 o 3 m.

²Con il microfono posizionato approssimativamente a centro stanza.

³Utilizzando per le misure le stanze non utilizzate e il periodo con attività meno rumorose svolte negli altri locali

4.2.7 Confronto e conclusioni sull'intervento in Provincia di Genova

Valutazione dei benefici conseguiti

Per valutare l'efficacia della realizzazione della barriera acustica sono stati confrontati i valori di Leq ponderato A a banda larga (dB(A)) misurati in contemporanea all'interno (sale o giardino) ed all'esterno (in facciata) della struttura, nello scenario post operam, in modo che l'unica variabile fosse il posizionamento esterno od interno a parità delle condizioni di rumorosità stradale.

Per un corretto confronto con i valori di Leq misurati in facciata (sito R1) ed all'interno del giardino (siti R2, R2bis e R4), si è proceduto preliminarmente ad estrarre dalla misura in facciata i tre sottoperiodi temporali corrispondenti alle misure all'interno del giardino, calcolandone i valori di Leq (dB(A)) corrispondenti (Tabella 14).

Tabella 14: Confronto valori esterno – interno giardino

Sito di misura in giardino	Tempo di misura (min)	Leq (dB(A))	Leq misurato in facciata R1 (dB(A))	Differenza esterno – interno giardino
R2	12	58,3	67,9	9,6
R4	15	55,2	65,1	9,9
R2bis	13	54,0	66,4	12,4

La verifica dell'efficacia della sostituzione degli infissi è stata realizzata assumendo come riferimento la misura nel sito R5 (che peraltro è anche adiacente alla sala destinata al sonno dei bambini⁴, quindi nella posizione che si può ragionevolmente ritenere più critica); dal tracciato di misura, inoltre, è stato estratto un sottoinsieme che risultava meno influenzato dalla rumorosità interna generata dal parlato di personale e utenti presenti in zone attigue. Per un corretto confronto (Tabella 15) con il valore di Leq misurato in esterno (sito R1bis, esattamente di fronte alle finestre del locale con il punto di misura R5), da quest'ultima misura è stato estratto il medesimo sottoinsieme temporale di dati per il quale si è proceduto, in modo del tutto analogo, al calcolo del corrispondente valore di Leq (dB(A)).

I rilievi fonometrici e la loro successiva analisi porta a ritenere soddisfacenti i risultati ottenuti con i due interventi.

⁴Durante i rilievi la sala per dormire era parzialmente utilizzata dai bambini e si è proceduto a scegliere il sito equivalente R5 per non disturbarne il sonno con le operazioni di misura

Tabella 15: Confronto valori esterno – interno edificio

Sito di misura	Tempo di misura (min)	Leq (dB(A))
Sala interna (R5)	7	38,6
Esterno (R1bis)	7	64,2
Differenza esterno - interno		25,7

Oltre alla valutazione fonometrica è stata svolta anche un'indagine della soddisfazione percepita, tramite questionari che comprendevano quesiti specifici sull'intervento di installazione di finestre e barriere. I questionari sono stati distribuiti a due diversi gruppi: (a) genitori dei bambini frequentanti l'asilo e personale che vi lavora (diffusi con il supporto del Comune di Ronco Scrivia); (b) studenti dell'Istituto per Geometri "Patetta" in visita didattica presso l'intervento, somministrati al termine della visita (v. Deliverable 6).

I risultati dell'indagine tramite questionari con il primo gruppo (genitori dei bambini e lavoratori), cioè con le persone direttamente interessate dall'intervento, sono molto positivi: il beneficio dell'intervento è stato valutato elevato o molto elevato dall'84% degli intervistati, l'intervento è stato giudicato molto positivamente anche dal punto di vista dell'inserimento nel contesto (il 95% ritiene che l'inserimento sia buono o ottimo). Le risposte alle domande aperte, inoltre, hanno evidenziato la conferma di un buon giudizio estetico e hanno messo in luce altri aspetti positivi, come la schermatura dalle polveri stradali grazie alla barriera, e la buona efficacia di quanto realizzato in relazione alla tutela del benessere dei bambini frequentanti l'asilo.

Anche i questionari compilati dagli studenti dell'Istituto Patetta hanno evidenziato un giudizio molto positivo degli interventi eseguiti.

Conclusioni

Per quanto riguarda l'installazione delle finestre si ritiene di sottolineare i risultati seguenti:

- il valore di Leq (dB(A)) misurato all'interno dell'edificio e individuato come indicativo delle immissioni sonore veicolari, risulta decisamente inferiore al target minimo individuato dalla normativa italiana (d.P.R. 142/2004) per il risanamento acustico delle infrastrutture stradali (38,6 dB(A) contro 45 dB(A));
- la differenza fra i valori di Leq misurati all'interno ed all'esterno dell'edificio è consistente e valutata, sulla base dei rilievi eseguiti, in ~ 26 dB(A); l'attenuazione reale è sicuramente migliore, poiché il valore di cui sopra è comunque affetto dal contributo di sorgenti sonore interne all'edificio ed inoltre tiene conto della riverberazione interna del locale oggetto di misura fonometrica;
- il confronto dei livelli Leq misurati all'interno dell'edificio nello scenario post operam evidenzia una diminuzione della rumorosità rispetto allo scenario ante operam,

anche tenendo conto dell'inevitabile aleatorietà intrinseca alle misure su tempo breve e delle condizioni di rumorosità generata internamente all'edificio;

- la sostituzione delle finestre, inoltre, ha comportato benefici in termini di isolamento termico dell'edificio e ne ha migliorato l'aspetto estetico.

Per quanto riguarda l'installazione della barriera si ritiene di sottolineare i risultati seguenti:

- la differenza fra i valori di Leq misurati in facciata (bordo strada) ed all'interno del giardino ad altezza standard del microfono (siti R2 e R4) è quantificabile in ~ 10 dB(A);
- la differenza fra i valori di Leq misurati in facciata (bordo strada) ed all'interno del giardino ad altezza "bambino" del microfono (sito R2bis) è ancora migliore e, sebbene si tratti di misure fuori standard fonometrico, si ritiene che sia comunque un aspetto da sottolineare in considerazione che i reali fruitori del giardino sono proprio i bambini e quindi sono essi i soggetti da tutelare maggiormente;
- i valori di Leq (dB(A)) misurati in giardino, pur essendo indicativi di un livello $LeqD$ ancora superiore al target di 50 dB(A) (valore di riferimento della normativa italiana per il rumore esterno in classe I, cioè nelle zone protette), evidenziano comunque un miglioramento rispetto a quanto misurato ante operam;
- i risultati ottenuti sono in linea con gli obiettivi prefissati, in considerazione che la progettazione della barriera ha tenuto conto non solo degli aspetti acustici ma anche delle esigenze estetiche e funzionali espresse in sede di incontri pubblici e con il Municipio, individuando un dimensionamento dell'opera che rappresenta il punto di equilibrio fra le diverse istanze.

4.3 Interventi in Comune di Vicenza

4.3.1 Intervento di risanamento acustico realizzato per la Scuola elementare "Cabianca"

La scuola elementare "Cabianca" è soggetta prevalentemente alle immissioni acustiche della vicina Strada del Pasubio. Data l'impossibilità di realizzare una barriera fonoassorbente presso la scuola Cabianca, per motivi dettati dalla tipologia dell'edificio e dagli accessi allo stesso, gli interventi si sono concentrati nella sostituzione degli infissi (Figura 21) e nella stesa lungo il fronte stradale di una miscela di asfalto con caratteristiche fonoassorbenti per una lunghezza complessiva di circa 700 m (350 m per lato della scuola, vedere paragrafo "3.2.2 Asfalto antirumore su Strada del Pasubio").



Figura 21: Immagini delle finestre ad elevato potere fonoisolante installate presso la Scuola Elementare Cabianca

4.3.2 Intervento di risanamento acustico realizzato per la Scuola per l'infanzia "Lattes"

La scuola risente in particolar modo delle emissioni acustiche di "Via Giovanni Battista Quadri" dalla quale è distante all'incirca 15 m. Il Comune di Vicenza, al fine di gestire il traffico esistente su tale strada e su Via di Bertesina, ha realizzato in prossimità della scuola una rotatoria. Entrambe le strade sono caratterizzate da flussi veicolari importanti: circa 21.000 veicoli/giorno per la prima e di circa 19.000 veicoli/giorno per la seconda. La scuola era precedentemente protetta dal rumore da una barriera acustica in legno fortemente deteriorata.

Il cofinanziamento ottenuto tramite il progetto NADIA ha consentito la realizzazione di una barriera acustica per la protezione degli ambienti interni e delle aree di pertinenza della scuola per l'infanzia Lattes. La barriera è munita di un pannello in legno di resinosa impregnato in autoclave sottovuoto a pressione e verniciato con materiali atossici a base acquosa (Figura 22). L'aspetto più interessante di tale intervento di risanamento è costituito dalla possibilità da parte dei bambini di usufruire dei pannelli modulari per poter disegnare e colorare, fungendo da vera e propria bacheca-gioco. L'intervento ha avuto una estensione di circa 62 ml per un'altezza di 4,3; la superficie totale interessata è pari a 265 mq. La barriera è inoltre dotata di un materassino fonoassorbente in fibra di poliestere riciclata. Specifiche di dettaglio e scheda tecnica sono consultabili all'indirizzo www.wood-solutions.com.



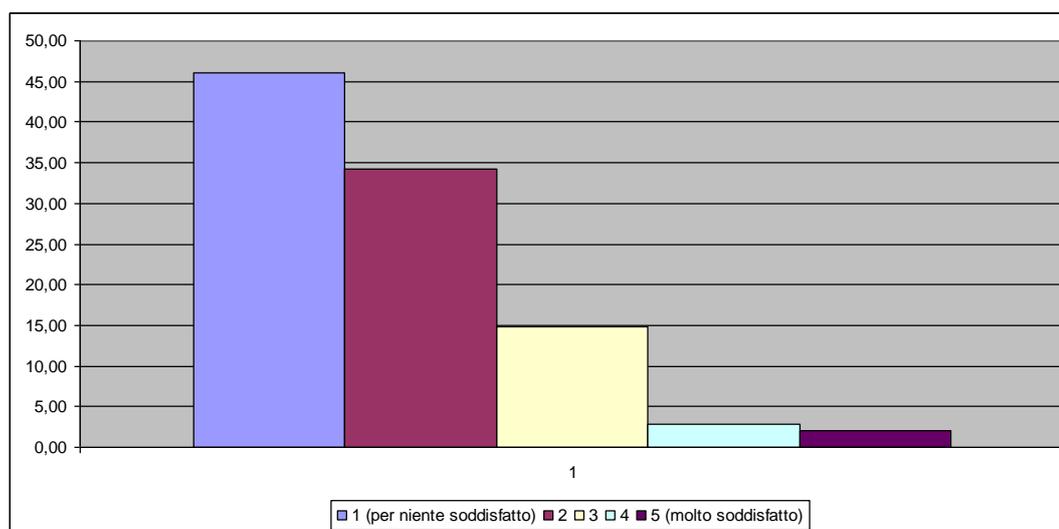
Figura 22: Immagini della barriera acustica installata in prossimità della scuola per l'infanzia Lattes

4.3.3 Valutazione del beneficio conseguito

In questo caso, diversamente da quanto effettuato nel caso degli asfalti, non si è potuto procedere direttamente con una valutazione fonometrica ante e post operam, poiché, nel frattempo, la circolazione stradale è radicalmente cambiata. Tuttavia, per quanto riguarda l'installazione della barriera acustica, dall'analisi dei rilievi nell'area interna del giardino e nell'area esterna nella situazione post-operam si è potuto stimare un beneficio dell'ordine di circa 8dBA.

L'indagine tramite questionari nelle aree di intervento ha portato, inoltre, alle valutazioni di seguito sinteticamente esposte.

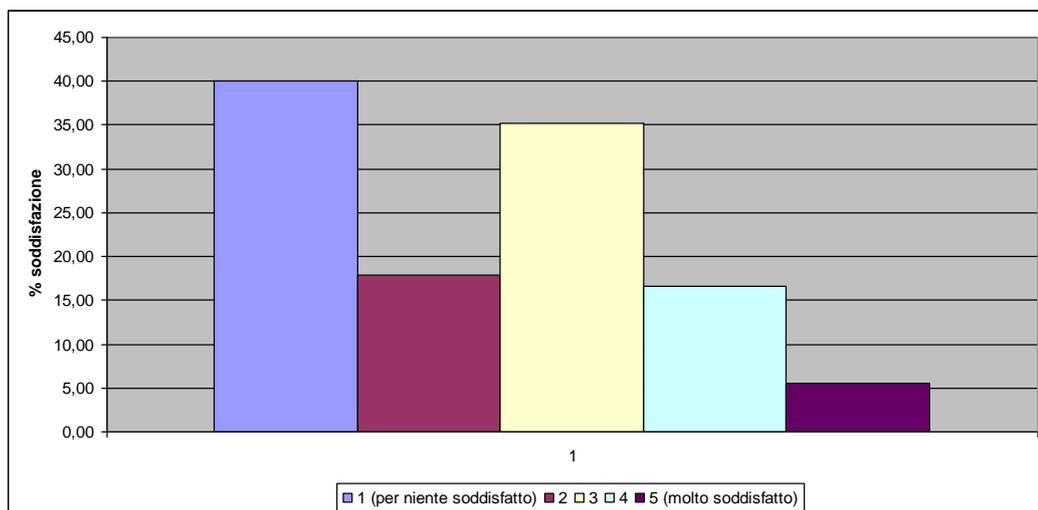
I questionari sono stati distribuiti, prima e dopo gli interventi, nelle stesse aree corrispondenti alle scuole Cabianca e Lattes; il sondaggio è stato rivolto ai fruitori delle strutture scolastiche ed alla popolazione residente nelle vicinanze. Dai dati raccolti, attentamente analizzati nelle diverse modalità di percezione, emerge che il rumore da traffico sia la causa principale dei disagi lamentati dalla popolazione interessata, con una distribuzione del grado di soddisfazione, in aggregato, riassunta nella tabella sottostante.



Percentuale del grado di soddisfazione verso l'ambiente sonoro – ante operam

Dopo circa un anno dalla realizzazione degli interventi, sono stati nuovamente distribuiti i questionari con le medesime caratteristiche di campione della prima fase.

I risultati, pur tenendo conto della soggettività della percezione, evidenziano un aumento del grado di soddisfazione verso l'ambiente sonoro delle aree interessate dal complesso degli interventi, a conferma dell'efficacia degli stessi.



Percentuale del grado di soddisfazione verso l'ambiente sonoro – postoperam

4.4 Descrizione dell'intervento di risanamento acustico realizzato per la Scuola per l'infanzia "Meoni"–Comune di Prato

Tale intervento ha riguardato esclusivamente i serramenti esterni affacciati su Viale Fratelli Cervi. Tali elementi al momento dell'intervento erano in condizioni di scarsa sicurezza, tenuta all'aria e isolamento termoacustico (Figura 23).



Figura 23: Condizioni dei serramenti ante-operam

I nuovi serramenti esterni sono stati installati sulle facciate di quattro aule, ovvero gli ambienti maggiormente impattati dalle immissioni acustiche causate da Viale

F.lli Cervi (Figura 24). Le caratteristiche di apertura degli infissi sono state modificate rispetto alle condizioni preesistenti, in modo tale da ottimizzare le caratteristiche termo-fono isolanti (Figura 26). In particolare la finestra a doppia anta apribile è stata sostituita da una vetrata fissa. Due tipologie di infisso sono state acquistate:

- serramento composto da 3 specchiature fisse, 2 finestre apribili con dispositivo anta/ribalta con sistema di blocco per apertura solo vasistas corredata di meccanismo di apertura manuale completa di braccetti di sicurezza (dimensione 2850 x 2410 mm);
- serramento composto da 3 specchiature fisse, 1 finestra apribile a vasistas completa di meccanismo di apertura manuale corredata di braccetti di sicurezza e da 1 portafinestra a due ante battenti completa di serratura di sicurezza a 3 punti di chiusura con maniglia passante interna/esterna (dimensione 2850 x 3260/2420 mm).

Tutti gli infissi sono installati su un telaio di alluminio estruso a taglio termico e dotati di vetrocamera. Le caratteristiche delle vetrocamera impiegata nelle finestre differiscono da quelle utilizzate nelle portefinestre:

- finestre: vetrocamera 4.4 acustico/15 Argon 90%/4.4 acustico e basso emissivo;
- portefinestre: vetrocamera 5.5 acustico/15 Argon 90%/5.5 acustico e basso emissivo.

L'intervento ha avuto un costo complessivo di 24.821 € comprensivo degli oneri di sicurezza, IVA, incentivi di progettazione e spese per imprevisti.

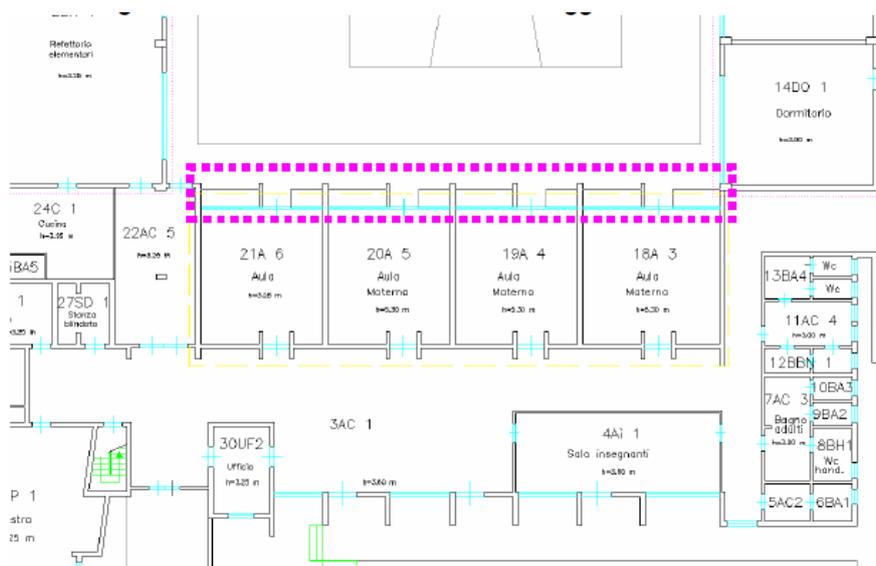


Figura 24: Individuazione delle parti dell'edificio in cui sono stati realizzati i serramenti acustici

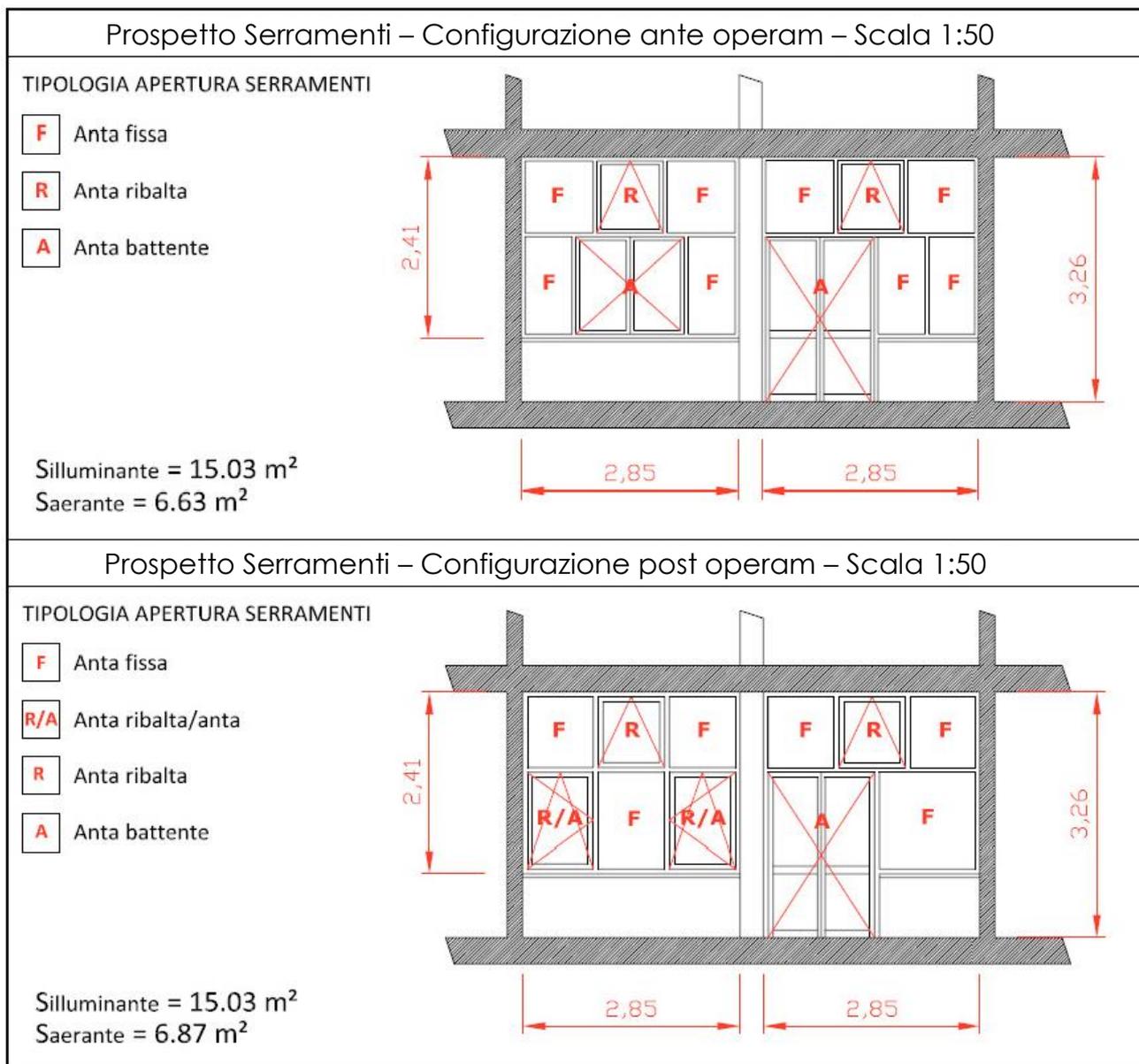


Figura 25: Configurazione degli infissi ante operam e post operam

L'intervento descritto dal prospetto in Figura 25 e dalla fotografia in Figura 26 per la facciata di una sola aula, è stato realizzato per ognuna delle 4 aule evidenziate in Figura 23.



Figura 26: Particolare dell'intervento di risanamento acustico realizzato presso la Scuola "Meoni"

Nell' Allegato 4 è riportata l'analisi della verifica di efficacia acustica degli interventi realizzati dal Comune di Prato per la Scuola dell'infanzia e primaria "Meoni".

L'intervento realizzato sulla facciata dell'edificio ha consentito di ottenere un valore di isolamento acustico di facciata pari a 42 dB contro il valore di 22 dB misurato in condizioni di ante operam.

4.5 Conclusioni

- L'installazione di finestre fonoisolanti porta in tutti i casi ad una diminuzione decisa della rumorosità nei locali interni rispetto alle situazioni ante operam; da sottolineare, inoltre, che l'installazione di tali finestre comporta anche benefici in termini di isolamento termico dell'edificio e generalmente porta ad un vantaggio anche dal punto di vista estetico.
- L'installazione di barriere acustiche consente di ottenere buoni risultati, in linea con quanto previsto nella fase di studio e progettazione. Sono stati anche ottenuti vantaggi in termini estetici e funzionali (ad esempio nel caso della "bacheca gioco" nella scuola per l'infanzia "Lattes" di Vicenza). Nel caso dell'installazione di barriere è evidente che può risultare fondamentale, a seconda della tipologia di intervento, contemperare gli aspetti acustici con esigenze estetiche e funzionali (ad esempio nel caso di

Genova è stata molto importante la fase di incontri pubblici che ha permesso di dimensionare l'opera, in modo tale da raggiungere un punto di equilibrio tra le diverse esigenze).

5 Attività con le scuole realizzate nelle aree di progetto

5.1 Provincia di Genova

La Provincia di Genova ha sviluppato e realizzato sul proprio territorio le seguenti attività:

- Realizzazione di momenti di educazione ambientale / sensibilizzazione sul tema dell'inquinamento acustico con 6 classi del Liceo Scientifico Tecnologico "Primo Levi" in Loc. Borgo Fornari – Comune di Ronco Scrivia (viabilità interessata: S.P. n. 35 dei Giovi, il sito compare nella graduatoria di priorità di intervento con la prima posizione per il Piano di Azione genovese). Le attività si sono svolte negli anni scolastici 2011/2012 e 2012/2013.
- Laboratorio didattico sul rumore ambientale presso il Festival della Scienza edizione 2013.
- Visita, in collaborazione con la Provincia di Savona, di quattro classi dell'Istituto per Geometri "Patetta" di Cairo Montenotte (SV) presso gli interventi di installazione di barriera acustica e finestre fonoisolanti nell'asilo "La Carica dei 101" di Ronco Scrivia (GE). Attività svolta nell'anno scolastico 2013/2014.
- Realizzazione dell'e-book "Rumore e dintorni".

5.2 Provincia di Savona

La Provincia di Savona ha sviluppato e realizzato momenti di educazione ambientale / sensibilizzazione sul tema dell'inquinamento acustico con 4 classi dell'Istituto per Geometri "Patetta" di Cairo Montenotte (viabilità interessata: S.P. n. 29, il sito compare nella graduatoria di priorità di intervento con la seconda posizione per il Piano di Azione savonese). Attività svolta nell'anno scolastico 2013/2014.

Inoltre, in collaborazione con la Provincia di Genova, ha organizzato la visita di quattro classi dell'Istituto per Geometri "Patetta" presso gli interventi di installazione di barriera acustica e finestre fonoisolanti nell'asilo "La Carica dei 101" di Ronco Scrivia (GE).

5.3 Comune di Prato

Il Comune di Prato ha sviluppato e realizzato due incontri di educazione ambientale sul tema del rumore con classi quarte e quinte della scuola elementare Meoni di Prato. La scuola Meoni coincide con il sito pilota di intervento consistente in asfaltatura e posa in opera di finestre, l'attività è stata svolta nell'anno scolastico 2013/2014.

5.4 Comune di Vicenza

Il Comune di Vicenza ha sviluppato e realizzato complessivamente tre iniziative:

- due momenti di informazione / sensibilizzazione sull'inquinamento acustico con classi seconde, terze e quarte dell'Istituto ITIS Rossi di Vicenza. L'attività è stata svolta nell'anno scolastico 2012/2013;
- un momento di informazione / sensibilizzazione sull'inquinamento acustico (anno scolastico 2013 / 2014 con classi terze, quarte e quinte dell'Istituto per Geometri Antonio Canova.

Per i dettagli delle attività sopra descritte si rimanda al Deliverable 6

Bibliografia

- ✓ M1: "Data quality and quantity with regard models specifications" documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu
- ✓ D1: "Survey report" documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu
- ✓ D2: "Noise propagation model optimized and validated" documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu
- ✓ D3: "Noisemaps" documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu
- ✓ D4: "Noise reduction Action Plans" documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu
- ✓ D5: "Demonstrative actions for noise reduction" documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu
- ✓ D6: "Lessons for Pupils" documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu
- ✓ D13: "Recommendations for policy makers" documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu

Allegato 1: Storie temporali e sonogrammi delle misure fonometriche eseguite dalle Province di Genova e Savona in prossimità dei tratti stradali in cui è stata realizzata la pavimentazione antirumore

METODOLOGIA e DATI

In Tabella 1 sono riportati i dati relativi alle misure fonometriche eseguite per la verifica dell'efficacia della stesura della pavimentazione antirumore. Con la lettera A sono state identificate le misure realizzate in ante operam, con la lettera P quelle in fase di post operam mentre la lettera T è stata assegnata alle misure realizzate nel sito in cui è stata sostituita la pavimentazione usurata con una standard non antirumore. Nel caso delle due strade savonesi (Tabella 2) sono state effettuate anche misure di controllo post-operam dopo circa 1 mese dalla stesa dell'asfalto; in tal caso sono state identificate con Pbis le misure relative ai punti in corrispondenza della zona asfaltata e SPbis le misure relative a "postazioni spia" in corrispondenza di zona non asfaltata (ovviamente con caratteristiche analoghe, a meno esclusivamente dell'asfalto).

Misure settimanali.

Con lo strumento BK 2238, associato ad una unità fonometrica per esterni e opportunamente alloggiato in un box fissato ad una ringhiera di un terrazzo, sono stati determinati i livelli di rumore in termini di:

- a) livello continuo equivalente Leq orario ponderato A (dB(A));
- b) livelli percentili L_n (L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} e L_{99}) orari ponderati A (dB(A)).

Il livello equivalente indicato al punto (a) consente la stima dei livelli continui equivalenti di pressione sonora ponderata "A" per i tempi di riferimento diurno e notturno, da confrontare con i limiti stabiliti dalla classificazione acustica comunale per la zona in esame.

I singoli Leq orari, pertanto, sono stati elaborati onde ottenere una valutazione quantitativa dei livelli settimanali per il periodo diurno Leq_D (06÷22) e notturno Leq_N (22÷06), quali stime dei corrispondenti livelli di lungo periodo (individuati dal D.P.C.M. 14.11.1997 quali indicatori per l'inquinamento acustico).

Tali misure si riferiscono al sito di intervento sulla S.P. n. 333 (Genova).

Misure su tempo breve

I rilievi fonometrici su tempo breve (eseguiti su tutte e quattro le strade provinciali) sono stati effettuati utilizzando, alternativamente, la seguente strumentazione, che soddisfa le specifiche di cui alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994:

- Bruel&Kjaer mod. 2250;
- Bruel&Kjaer mod. 2260;
- Sinus mod. Soundbook.

Le principali grandezze monitorate sono state:

- Leq e L_n a banda larga e ponderati A (dB(A)),
- evoluzione temporale del Leq su 0,125 s oppure su 1 s (banda larga, dB(A)),

- spettro sonoro in banda di 1/3 d'ottava del Leq in pond. lineare sul periodo di misura (dB),
- multispettro in bande 1/3 d'ottava e ponderazione lineare del Leq su 1 s (dB).

I rilievi fonometrici in continuo su periodo settimanale sono stati effettuati utilizzando un fonometro Bruel&Kjaermod. 2238, che soddisfa le specifiche di cui alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994.

Misure di controllo presso il sito “ZERO” – S.P. n. 35

Allo scopo di ottenere un caso di confronto con le asfaltature fonoassorbenti nei siti pilota sopra descritti, si è proceduto ad effettuare rilievi fonometrici in un tratto della S.P. n. 35 dei Giovi, in comune di Busalla, dove è stato realizzato un intervento di riasfaltatura utilizzando lo stesso tipo di asfalto preesistente.

La S.P. n. 35 dei Giovi ha uno sviluppo totale di 28 km e collega Genova con l'alessandrino e quindi la Lombardia attraverso i comuni della valle Scrivia.

Le misure fonometriche sono state effettuate in due siti distinti, individuati come “Cantoniera” e “Busalla”: il primo sito è in un tratto rettilineo, in pendenza, con presenza modesta di abitazioni ai lati, ritenuto simile morfologicamente al sito di misura “Neirone” (v. l'immagine fotografica di seguito riportata), il secondo sito corrisponde invece ad un tratto maggiormente urbanizzato.



Tratto stradale della S.P. n. 35 in corrispondenza del sito di misura “Cantoniera”

Le misure fonometriche sono state effettuate prima e dopo l'asfaltatura.

Tabella 1: Caratteristiche principali delle misure fonometriche eseguite dalla Provincia di Genova per la verifica dell'efficacia degli asfalti antirumore dal punto di vista acustico

Identificativa misura	Strada	Ubicazione	Tipologia misura	Data di misura	Tempo misura	Note
A1	SP 225	Neirone, 1,5 m da terra, bordo strada	Spot	25/10/2012	~ 45' ÷ 60'	Ante-operam
P1	SP 225	Neirone, 1,5 m da terra, bordo strada	Spot	2/10/2013	~ 45' ÷ 60'	Post-operam
A1	SP 225	Neirone, 1,5 m da terra, bordo strada	Spot	22/11/2012	~ 45' ÷ 60'	Ante-operam
P1	SP 225	Neirone, 1,5 m da terra, bordo strada	Spot	9/10/2013	~ 45' ÷ 60'	Post-operam
A3	SP 333	Avegno, terrazzo affacciato su strada	Settimanale	8÷22/11/2012	datiorarisusettimana	Ante-operam
P3	SP 333	Avegno, terrazzo affacciato su strada	Settimanale	27/11÷4/12/2013	datiorarisusettimana	Post-operam
A4	SP 333	Avegno, 1,5 m da terra, bordo strada	Spot	25/10/2012	~ 45'	Ante-operam
P4	SP 333	Avegno, 1,5 m da terra, bordo strada	Spot	27/11/2013	~ 45'	Post-operam
TA1	SP 35	Cantoniera, 1,5 m da terra, bordo strada	Spot	29/10/2012	~ 45'	Ante-operam
TP1	SP 35	Cantoniera, 1,5 m da terra, bordo strada	Spot	12/12/2012	~ 45'	Post-operam

TA2	SP 35	Busalla, 1,5 m da terra, in posizione rialzata. bordo strada	Spot	29/10/2012	~ 45'	Ante-operam
TP2	SP 35	Busalla, 1,5 m da terra, in posizione rialzata. bordo strada	Spot	12/12/2012	~ 45'	Post-operam

Tabella 2:Caratteristiche principali delle misure fonometriche eseguite dalla Provincia di Savona per la verifica dell'efficacia degli asfalti antirumore dal punto di vista acustico

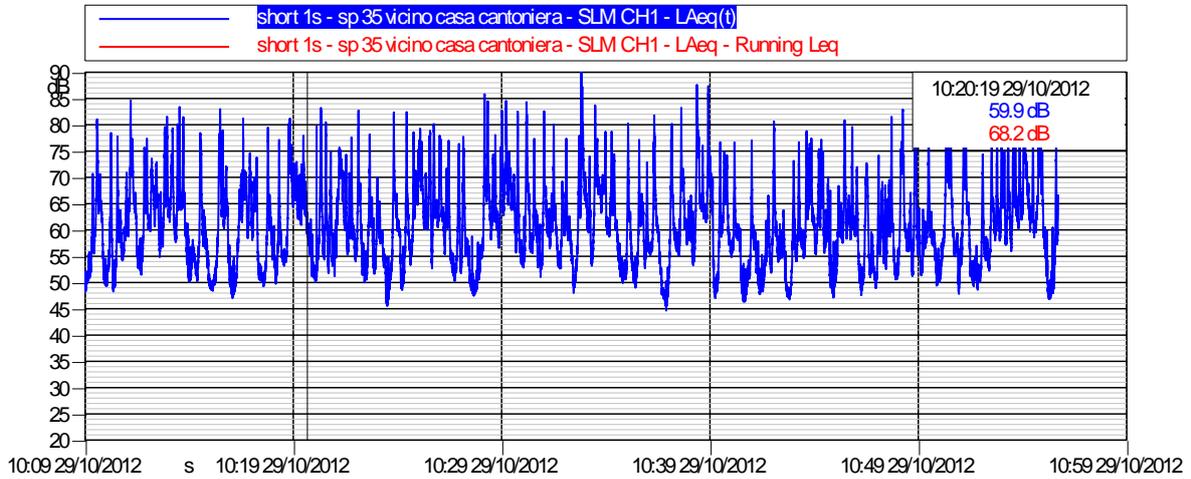
Nome misura	Strada	Ubicazione	Tipo misura	Data di misura	Tempo misura	Note
A1	SP 29	Cadibona, 2 m da terra, bordo strada	Spot	15/01/2014	150'	Ante-operam
P1	SP 29	Cadibona, 2 m da terra, bordo strada	Spot	11/03/2014	150'	Post-operam
SA1	SP29	Cadibona, 2 m da terra, bordo strada (non in prossimità del tratto stradale in cui è stata realizzata l'asfaltatura antirumore)	Spot	15/01/2014	150'	Ante-operam
SP1	SP29	Cadibona, 2 m da terra, bordo strada (non in prossimità del tratto stradale in cui è stata realizzata l'asfaltatura antirumore)	Spot	11/03/2014	150'	Post-operam
P1bis	SP 29	Cadibona, 2 m da terra, bordo strada	spot	29/04/2014	150*	Post-operam (dopo 1 mese)
SP1bis	SP 29	Cadibona, 2 m da terra, bordo strada (non in prossimità del tratto stradale in cui è stata realizzata l'asfaltatura antirumore)	Spot	29/04/2014	150*	Post-operam (dopo 1 mese)
A2	SP334	Stella San Giovanni, 2 m da terra, bordo strada	Spot	15/01/2014	150'	Ante-operam
P2	SP334	Stella San Giovanni, 2 m da terra, bordo strada	Spot	11/03/2014	150'	Post-operam
SA2	SP334	Stella San Giovanni, 2 m da terra, bordo strada (non in prossimità del tratto stradale in cui è stata realizzata l'asfaltatura antirumore)	Spot	15/01/2014	150'	Ante-operam
SP2	SP334	Stella San Giovanni, 2 m da terra, bordo strada (non in prossimità del tratto stradale in cui è stata realizzata l'asfaltatura antirumore)	Spot	11/03/2014	150'	Post-operam
P2bis	SP334	Stella San Giovanni, 2m da terra, bordo strada	spot	29/04/2014	150'	Post-operam (dopo 1 mese)
P3bis**	SP334	Stella San Giovanni, 2m da terra, bordo strada non in prossimità del tratto stradale in cui è stata realizzata l'asfaltatura antirumore, diversa dalla P2 bis del primo controllo)	spot	29/04/2014	150'	Post-operam (dopo 1 mese)

*durante la misura si è verificato un breve episodio di pioggia, quindi la misura è stata sospesa per circa 1 ora ed è ripresa non appena la strada provinciale si è asciugata, completando i 150' di misura.

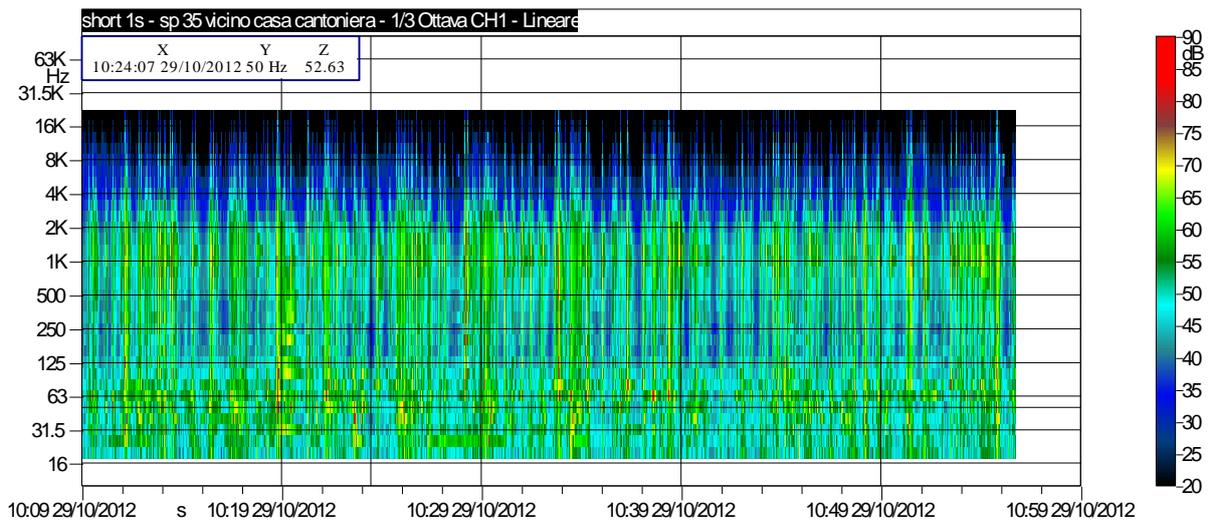
** a causa di attività di manutenzione in atto sui pali dell'illuminazione presenti nella zona la posizione di controllo è stata mutata rispetto alla precedente (prima misura post-operam) scegliendo di fissare il microfono ad una ringhiera; il microfono risulta più vicino alla sorgente e, di conseguenza, nell'occasione, la rumorosità media è risultata 0,9 dB(A) superiore a quella rilevata nella posizione precedente durante il primo controllo.

PROVINCIA DI GENOVA

Misura TA1, sito misura "Cantoniera"

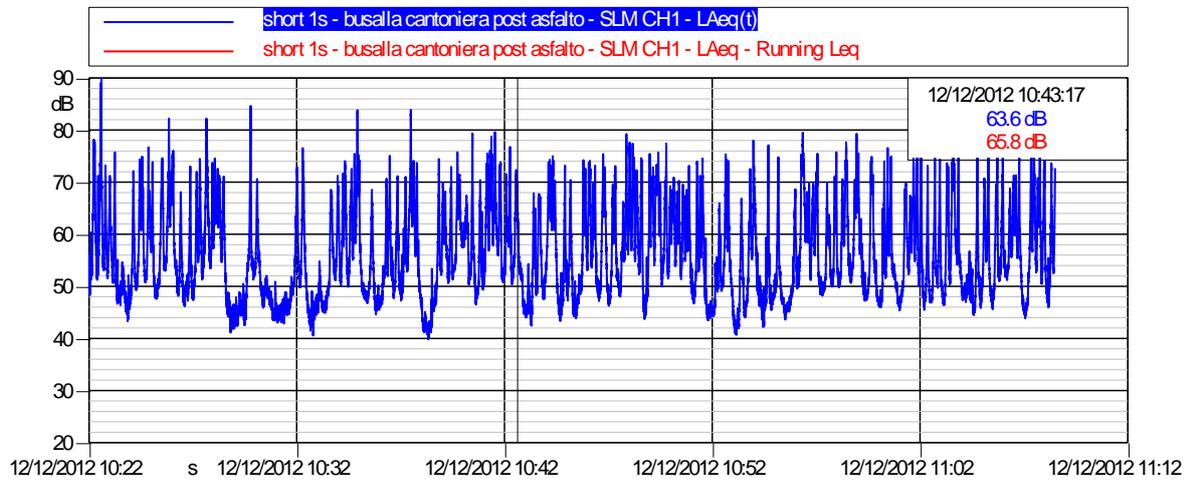


Sito Cantoniera pre asfaltatura: Evoluzione temporale del Leq 0,125 s e Leq progressivo (dB(A))

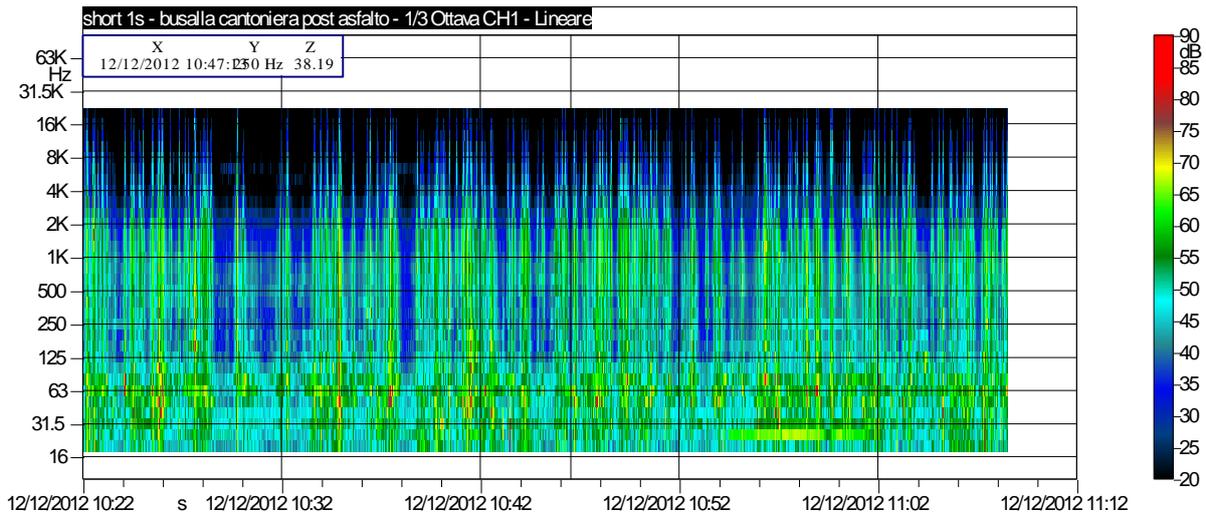


Sito Cantoniera pre asfaltatura: Sonogramma del multispettro 1/3 di ottava del Leq 1 s (dB)

Misura TP1, sito misura "Cantoniera"

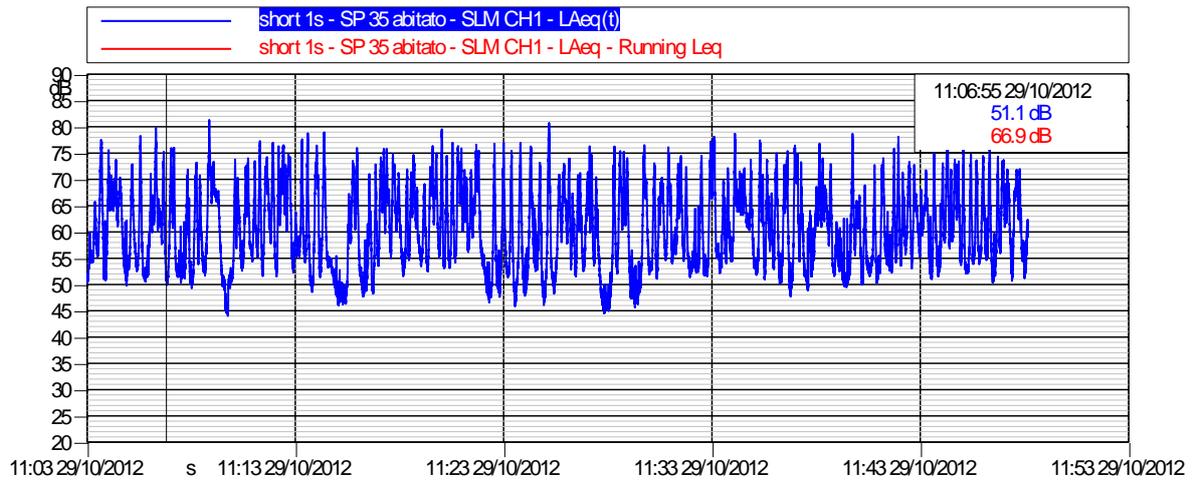


Sito Cantoniera post asfaltatura: Evoluzione temporale del Leq 0,125 s e Leq progressivo (dB(A))

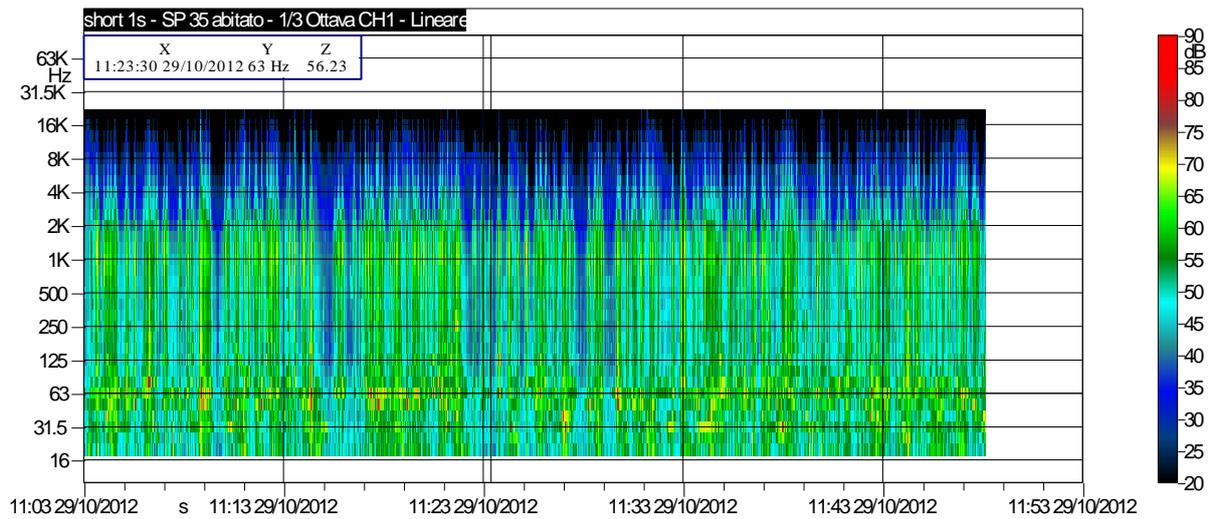


Sito Cantoniera post asfaltatura: Sonogramma del multispettro 1/3 di ottava del Leq 1 s (dB)

Misura TA2, sito misura "Busalla"

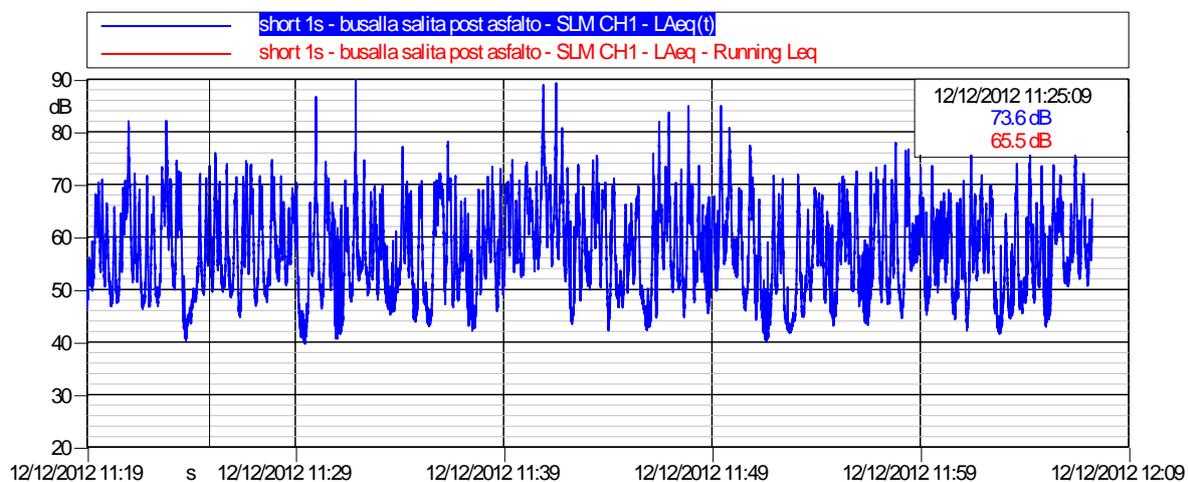


Sito Busalla pre asfaltatura: Evoluzione temporale del Leq 0,125 s e Leq progressivo (dB(A))

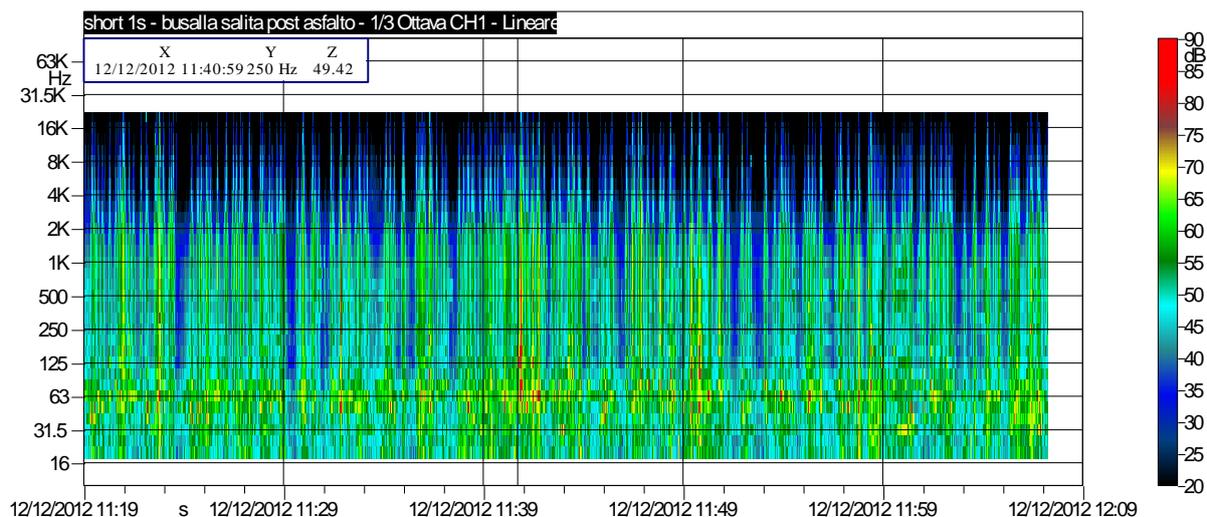


Sito Busalla pre asfaltatura: Sonogramma del multispettro 1/3 di ottava del Leq 1 s (dB)

Misura TP2, sito misura "Busalla"

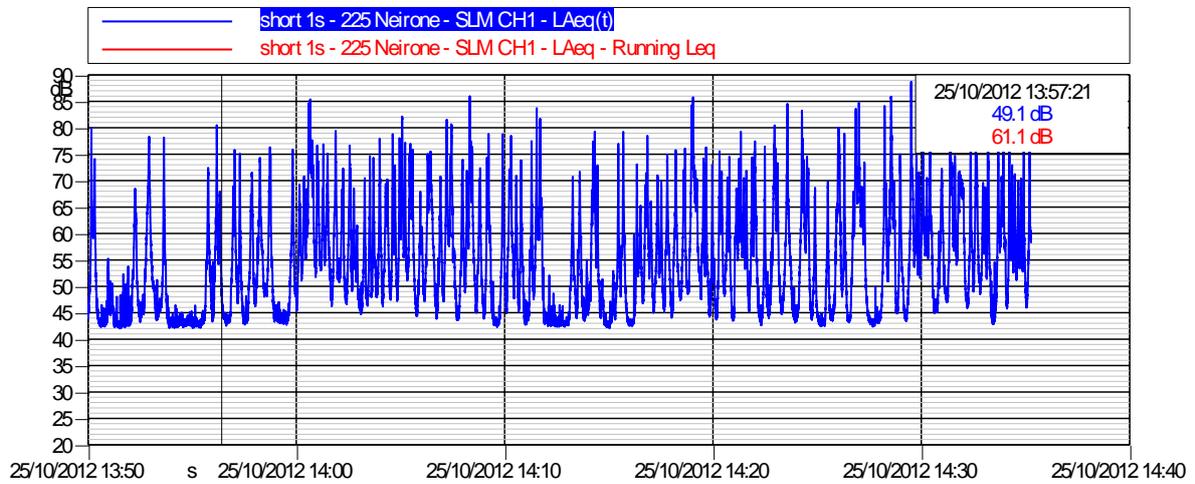


Sito Busalla post asfaltatura: Evoluzione temporale del Leq 0,125 s e Leq progressivo (dB(A))

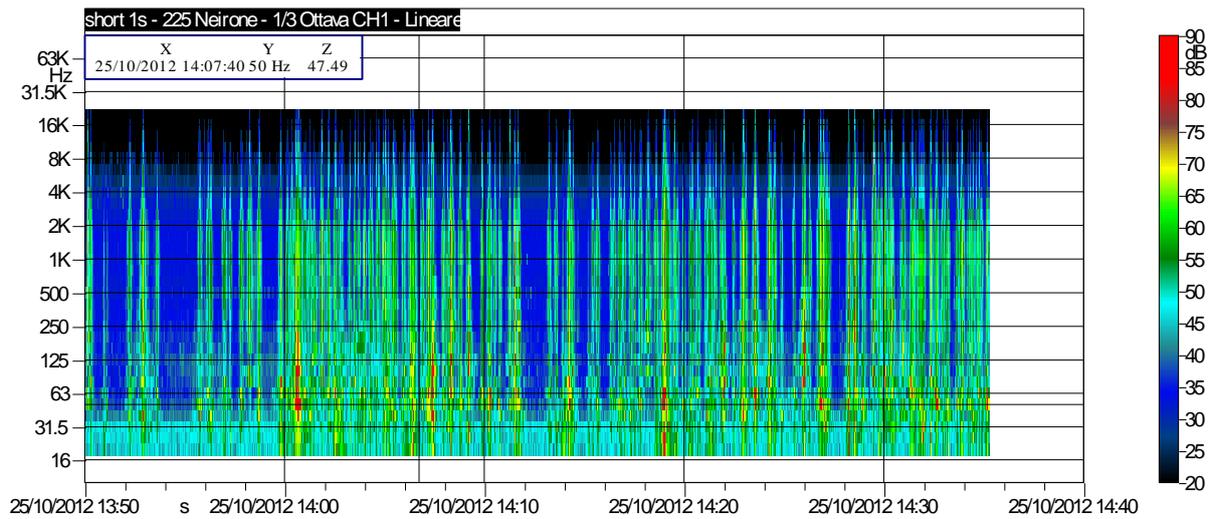


Sito Busalla post asfaltatura: Sonogramma del multispettro 1/3 di ottava del Leq 1 s (dB)

Misura A1: sito di misura nel comune di Neurone lungo la SP225



Sito Neurone: Evoluzione temporale del Leq 0,125 s e Leq progressivo (dB(A))

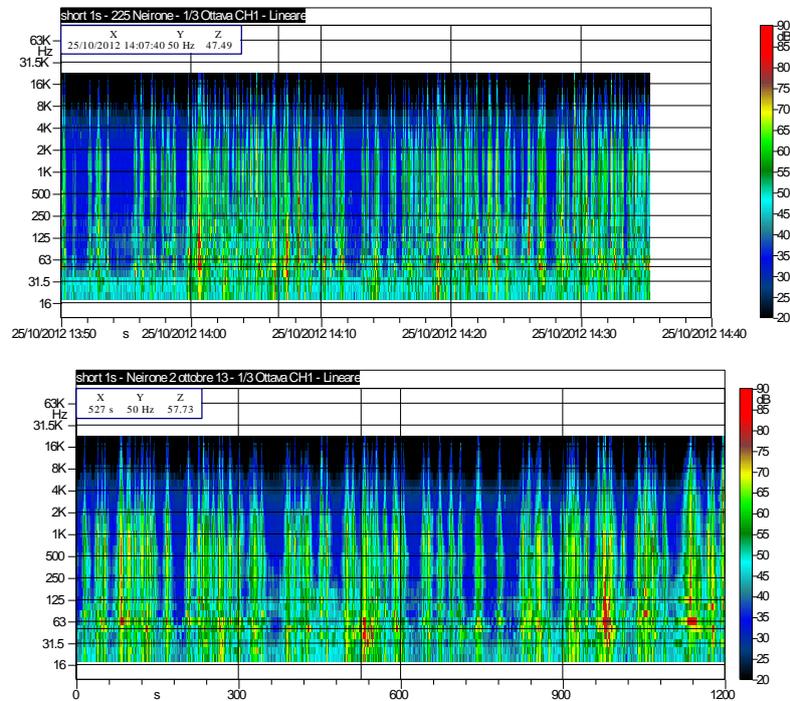


Sito Neurone: Sonogramma del multispettro 1/3 di ottava del Leq 1 s (dB)

Misura P1: sito di misura nel comune di Neirone lungo la SP225

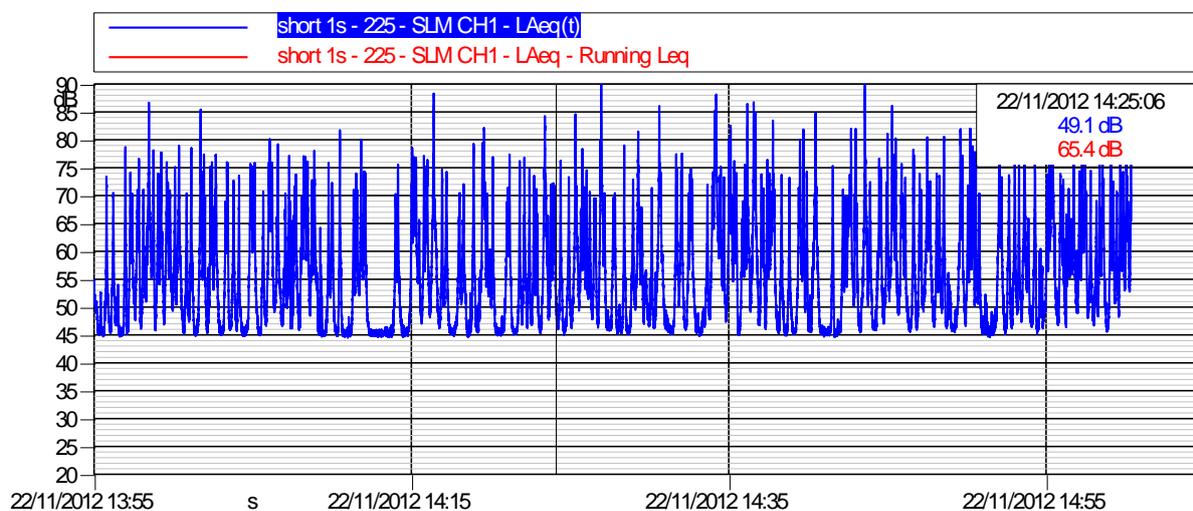


Sito Neirone: Evoluzione temporale del Leq 0,125 s e Leq progressivo (dB(A))

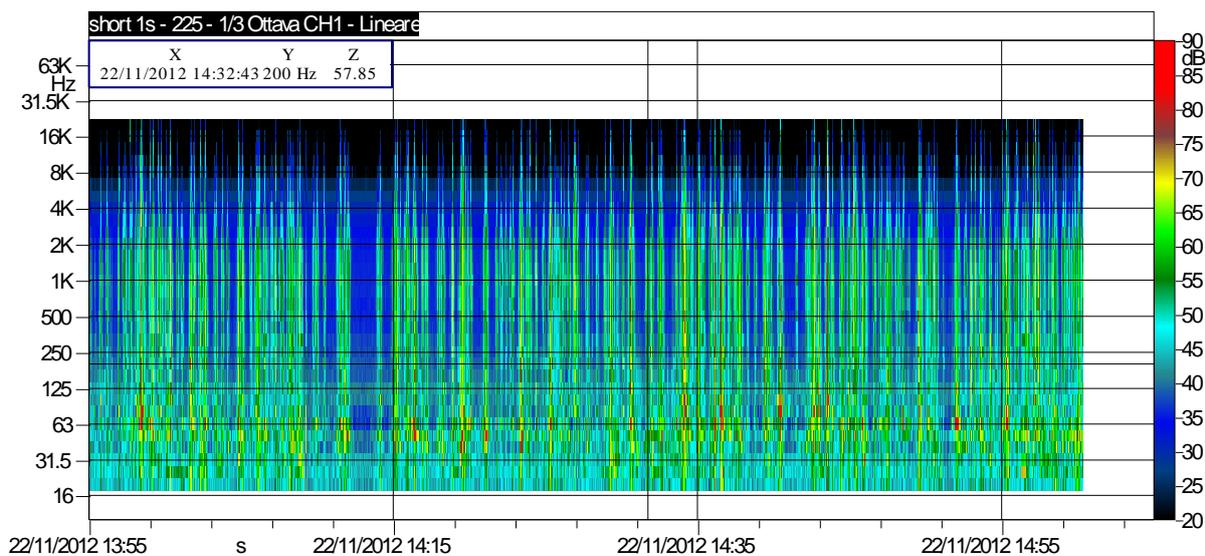


Sito Neirone: Sonogramma del multispettro 1/3 di ottava del Leq 1 s (dB)

Misura A2: sito di misura nel comune di Neurone lungo la SP225



Sito Neurone: Evoluzione temporale del Leq 0,125 s e Leq progressivo (dB(A))

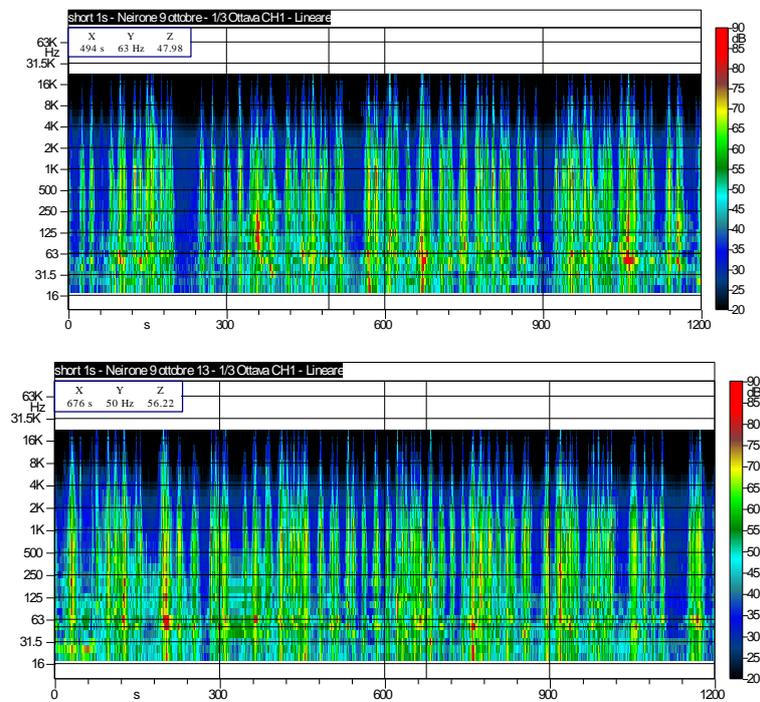


Sito Neurone: Sonogramma del multispettro 1/3 di ottava del Leq 1 s (dB)

Misura P2: sito di misura nel comune di Neirone lungo la SP225



Sito Neirone: Evoluzione temporale del Leq 1 s (dB(A)) – misura del 9 ottobre - il tracciato di misura è stato suddiviso graficamente in due tracciati

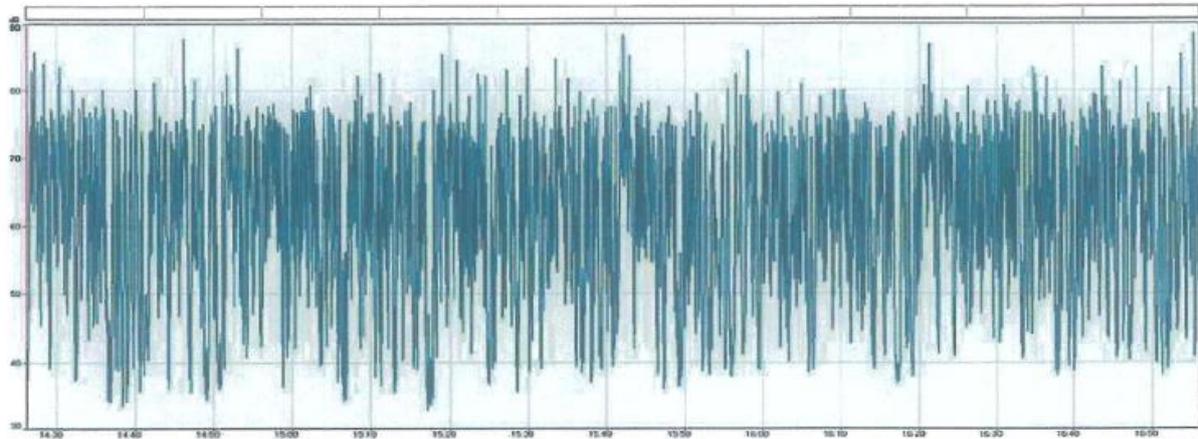


Sito Neirone: Sonogramma del multispettro 1/3 di ottava del Leq 1 s (dB) – misura del 9 ottobre - il tracciato di misura è stato suddiviso graficamente in due tracciati

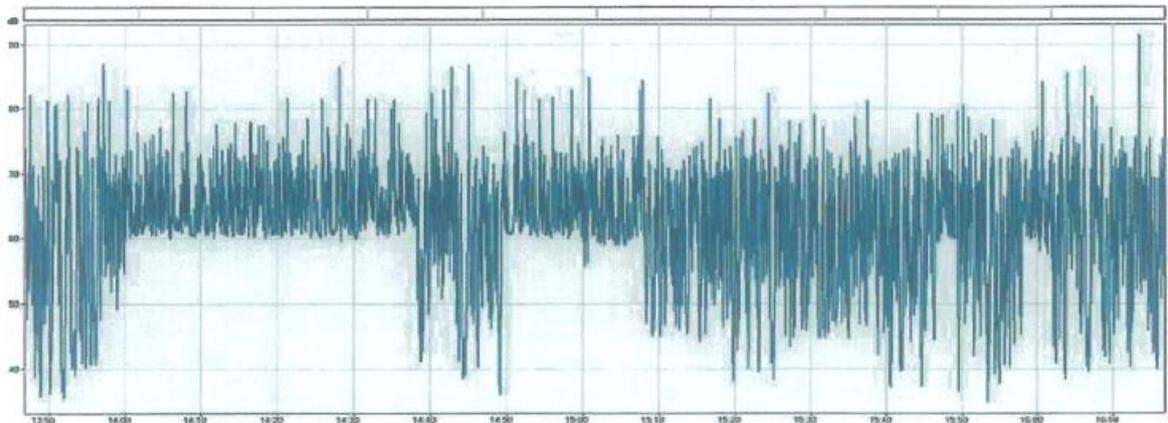
PROVINCIA DI SAVONA

Misure A1 e P1: sito di misura nel comune di Quiliano lungo la SP29

Misura A1

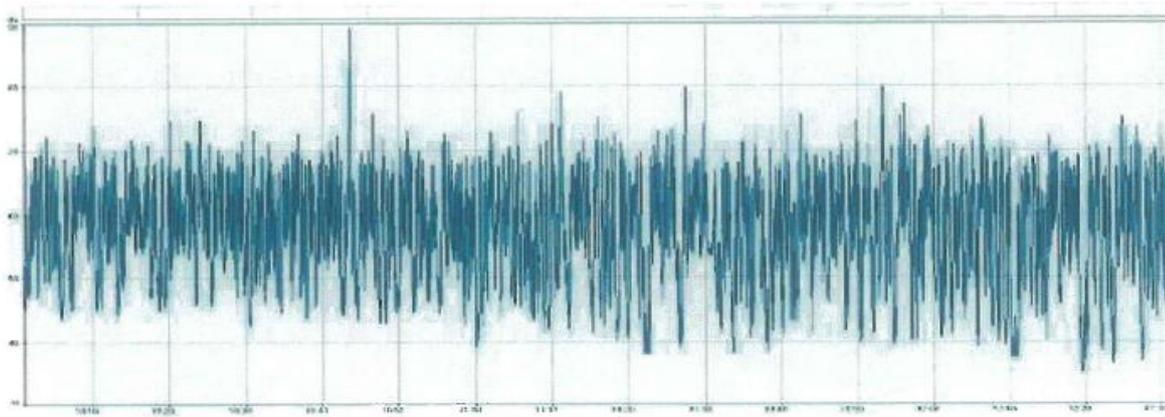


Misura P1

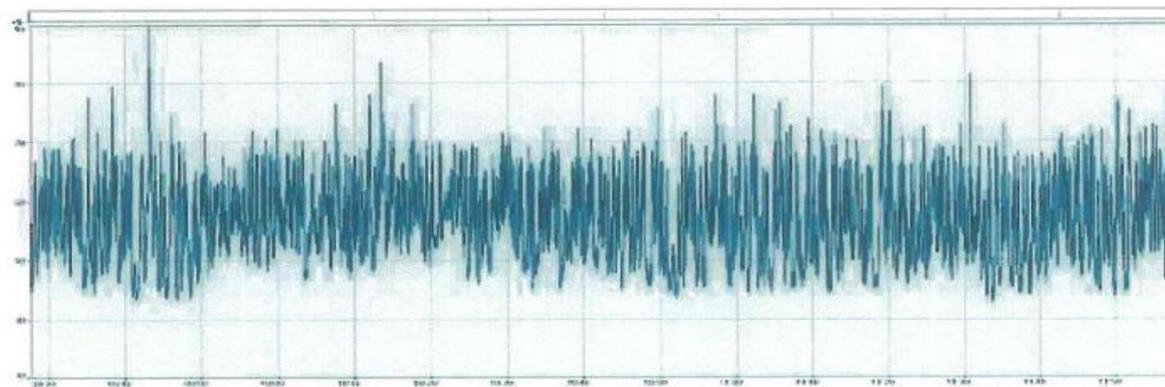


Misure A2 e P2: sito di misura nel comune di Stella lungo la SP334

Misura A2



Misura P2



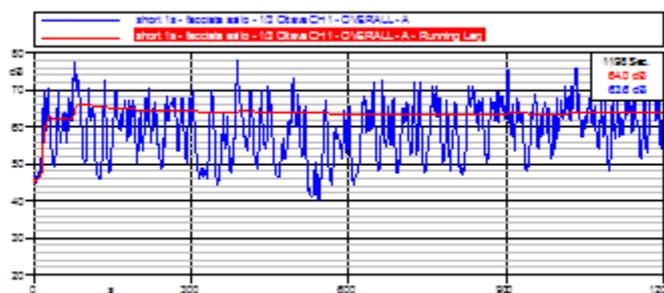
**Allegato 2: Risultati delle misure fonometriche eseguite dalla
Provincia di Genova in prossimità dell'asilo "La Carica dei
101" – ante operam**

Nella tabella seguente si riportano sinteticamente i risultati delle misure fonometriche in termini di livelli a banda larga ponderati A (dB(A)) per il livello continuo equivalente Leq e per i livelli percentili monitorati.

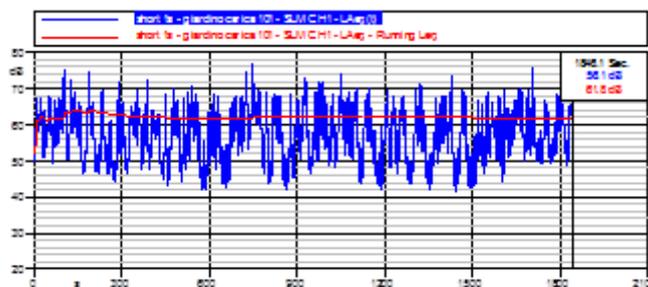
Sito di misura	Tempo (min)	Leq (dB(A))	L1 (dB(A))	L5 (dB(A))	L10 (dB(A))	L50 (dB(A))	L90 (dB(A))	L95 (dB(A))	L99 (dB(A))
R1: facciata Carica 101 su strada	21	63,9	73,7	69,7	67,8	59,4	48,2	46,3	42,6
R2: giardino Carica 101 (altezza standard)	31	61,8	71,4	67,7	66,2	56,6	47,6	46,1	44,0
R3: interno aula Carica 101 su SP 35	29	46,3	54,6	50,7	49,1	44,2	37,2	35,6	33,1
R2bis: Carica 101 giardino (altezza bambino)	30	59,3	68,6	64,8	63,1	55,1	46	44	41,7

Risultati dei rilievi fonometrici

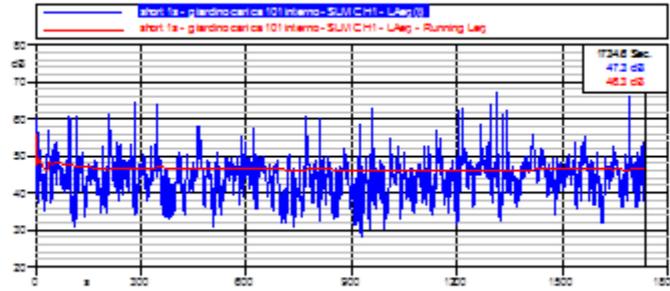
I valori di Leq rilevati nei siti R1 e R2 sono indicativi di una rumorosità ambientale non compatibile con il limite di zona acustica per i siti scolastici (50 dB(A)). Nelle figure seguenti si riportano le evoluzioni temporali del Leq su 1s (o su 0,125 s) e del Leq progressivo (entrambi banda larga e ponderazione A – dB(A)) e i multispettri di Leq su 1 s (bande 1/3 di ottava e ponderazione lineare – dB) per le misure nei siti R1, R2 e R3.



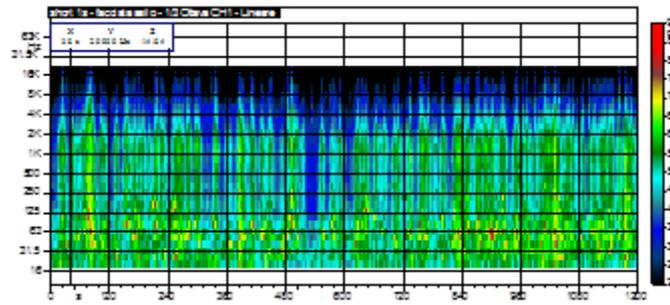
Sito R1: Evoluzione temporale del Leq 1 s e Leq progressivo (dB(A))



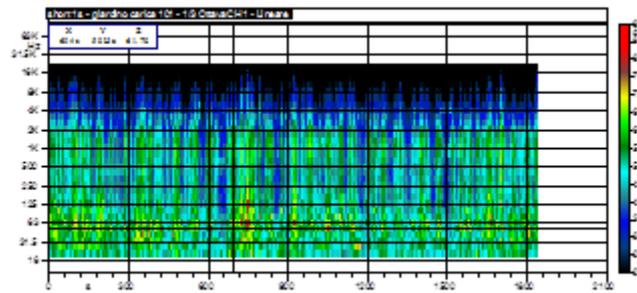
Sito R2: Evoluzione temporale del Leq 0,125 s e Leq progressivo (dB(A))



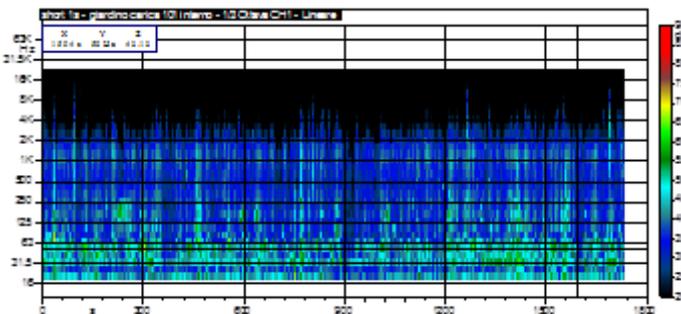
Sito R3: Evoluzione temporale del Leq 0,125 s e Leq progressivo (dB(A))



Sito R1: Sonogramma del multispettro del Leq 1 s (dB)



Sito R2: Sonogramma del multispettro del Leq 1 s (dB)



Sito R3: Sonogramma del multispettro del Leq 1 s (dB)

L'analisi dei grafici riportati nelle figure precedenti conferma che il clima acustico esterno è sostanzialmente dominato dal rumore da traffico veicolare, che presenta, nelle misure esaminate, caratteristiche persistenti dal punto di vista temporale.

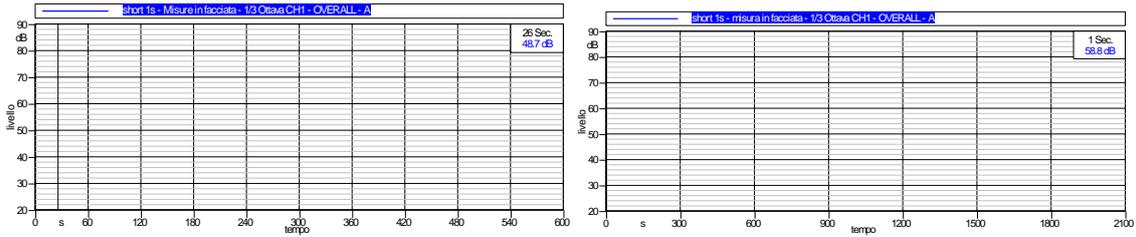
**Allegato 3: Risultati delle misure fonometriche eseguite dalla
Provincia di Genova in prossimità dell'asilo "La Carica dei
101" – post operam**

In tabella seguente si riportano sinteticamente i risultati delle misure fonometriche in termini di livelli a banda larga ponderati A (dB(A)) per il livello continuo equivalente Leq e per i livelli percentili monitorati.

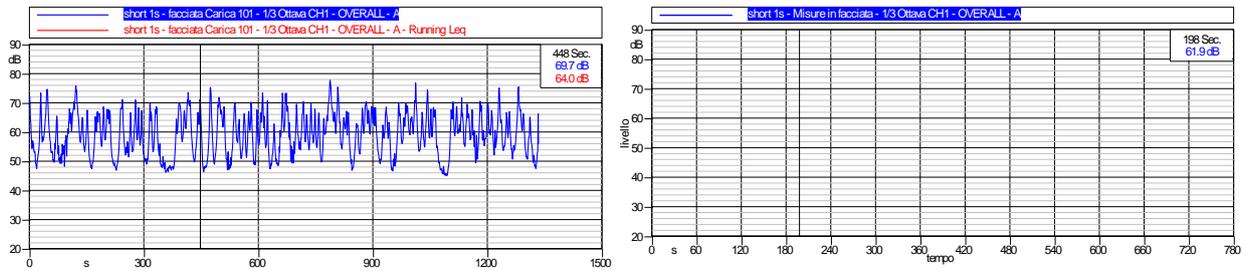
Sito di misura	Tempo (min)	Leq (dB(A))	L1 (dB(A))	L5 (dB(A))	L10 (dB(A))	L50 (dB(A))	L90 (dB(A))	L95 (dB(A))	L99 (dB(A))
R1: facciata Carica 101 su strada	9	68,0	78,7	72,9	70,8	60,2	51,5	49,8	48,1
R1: facciata Carica 101 su strada	32	65,8	75,3	71,7	70,0	61,0	50,5	48,0	45,5
R1BIS: facciata Carica 101 su strada	22	64,4	74,7	70,3	68,4	59,0	49,0	47,7	46,1
R1BIS: facciata Carica 101 su strada	12	64,7	74,5	70,8	68,8	59,9	49,7	46,4	43,9
R2: giardino Carica 101 (altezza standard)	12	58,3	68,1	63,2	61,2	53,9	47,6	46,4	44,9
R2bis: Carica 101 giardino (altezza bambino)	13	54,0	61,3	59,1	57,8	51,9	44,8	43,5	42,6
R4: giardino Carica 101 (altezza standard)	15	55,2	62,7	59,3	58,3	53,7	48,9	46,9	44,1
R3: locale interno Carica 101 su SP 35	10	43,3	51,8	48,7	46,6	40,8	36,0	34,6	32,1
R5: locale interno Carica 101 su SP 35	34	42,5	54,1	47,4	44,9	37,4	31,2	30,0	28,4

Risultati dei rilievi fonometrici

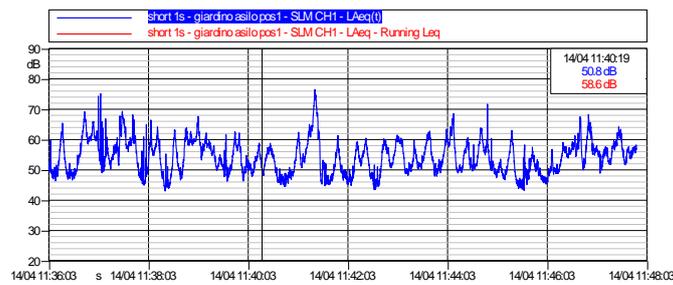
Nelle figure seguenti si riportano le evoluzioni temporali del Leq su 1s (o su 0,125 s) e del Leq progressivo (entrambi banda larga e ponderazione A – dB(A)) e i multispettri di Leq su 1 s (bande 1/3 di ottava e ponderazione lineare – dB) per diversi punti di misura.



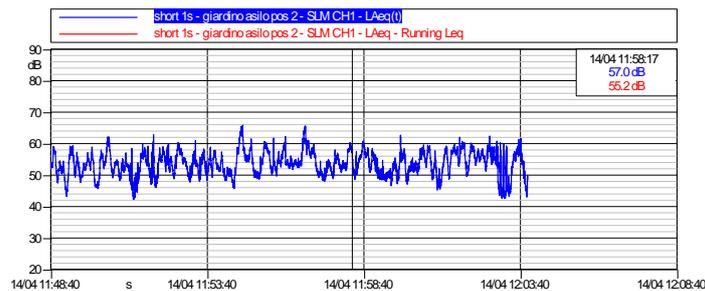
Sito R1 (in facciata): Evoluzione temporale del Leq 1 s (dB(A))



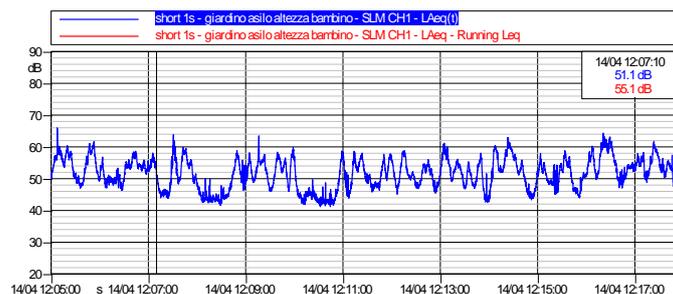
Sito R1bis (in facciata): Evoluzione temporale del Leq 1 s (dB(A))



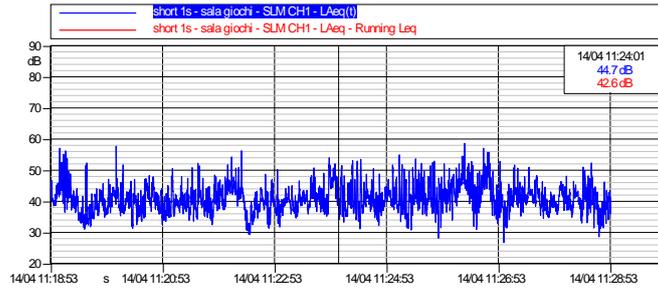
Sito R2 (in giardino): Evoluzione temporale del Leq 0,125 s (dB(A))



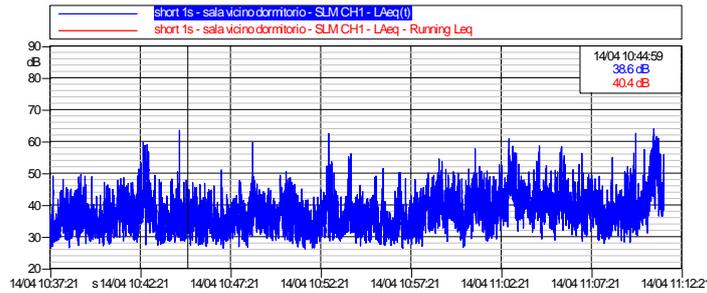
Sito R4 (in giardino): Evoluzione temporale del Leq 0,125 s (dB(A))



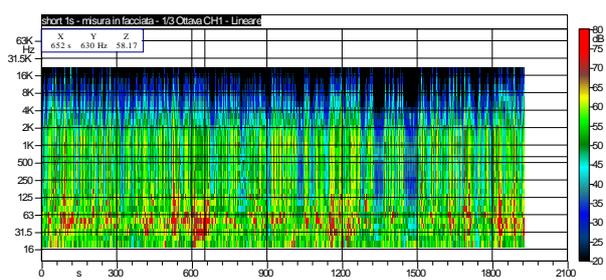
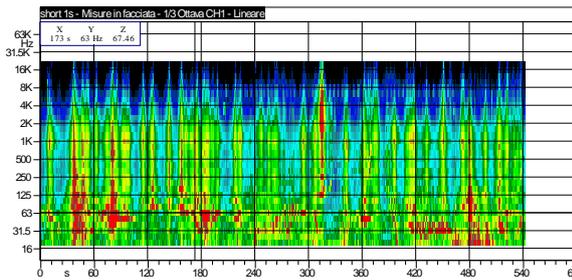
Sito R2bis (in giardino): Evoluzione temporale del Leq 0,125 s (dB(A))



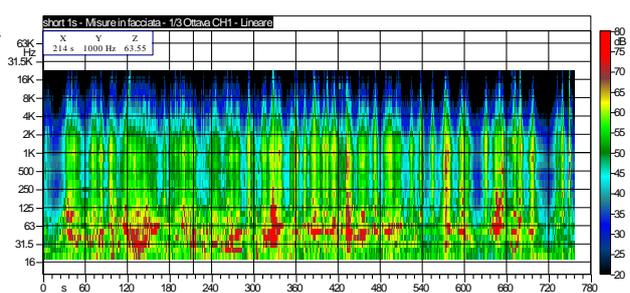
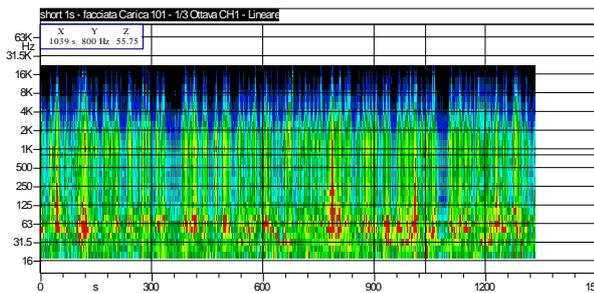
Sito R3 (sala interna): Evoluzione temporale del Leq 0,125 s (dB(A))



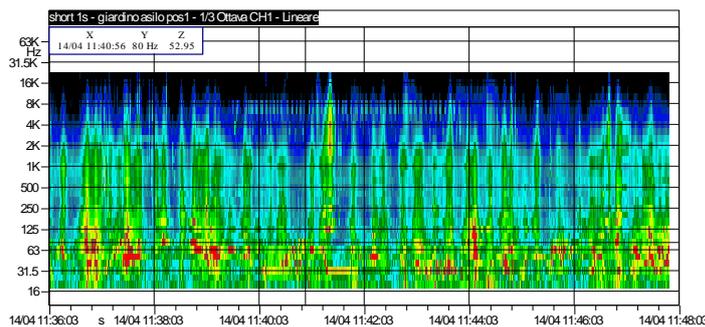
Sito R5 (sala interna): Evoluzione temporale del Leq 0,125 s (dB(A))



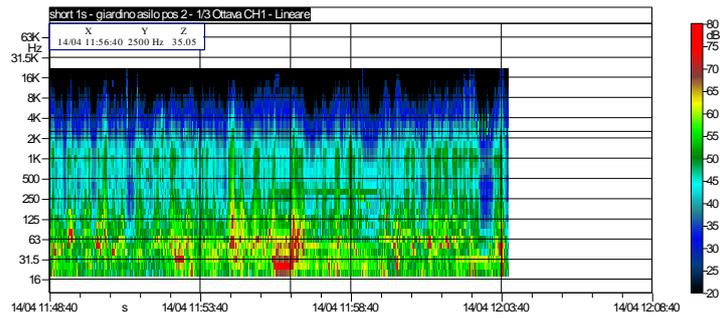
Sito R1 (in facciata): Sonogramma del multispettro del Leq 1 s (dB)



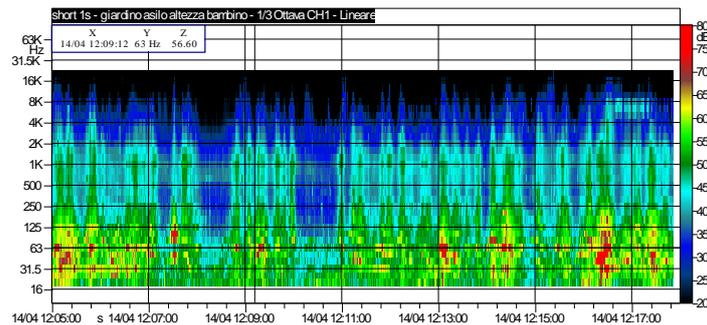
Sito R1bis (in facciata): Sonogramma del multispettro del Leq 1 s (dB)



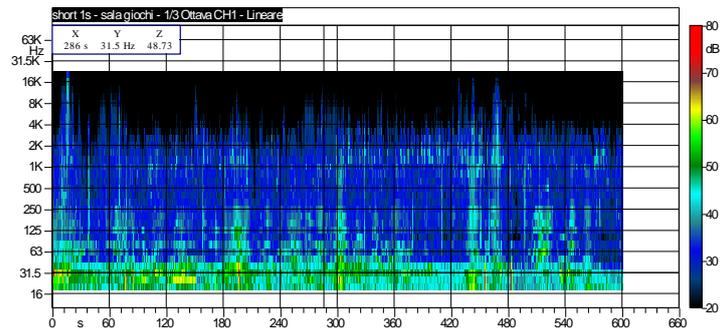
Sito R2 (in giardino): Sonogramma del multispettro del Leq 1 s (dB)



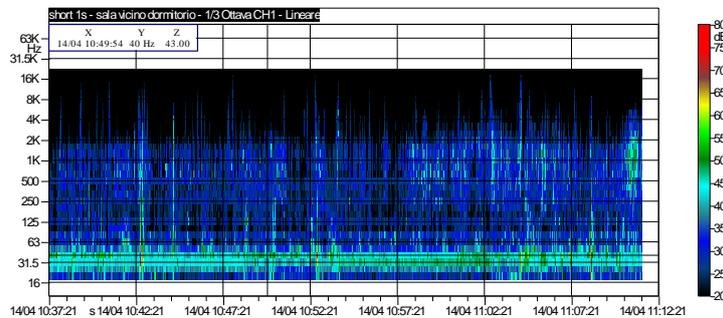
Sito R4 (in giardino): Sonogramma del multispettro del Leq 1 s (dB)



Sito R2bis (in giardino): Sonogramma del multispettro del Leq 1 s (dB)



Sito R3 (sala interna): Sonogramma del multispettro del Leq 1 s (dB)



Sito R5 (sala interna): Sonogramma del multispettro del Leq 1 s (dB)

**Allegato 4: Verifica dell'efficacia acustica degli interventi di
risanamento realizzati dal Comune di Prato nella Scuola
"Meoni"**