

LIFE SILENT: BARRIERE ANTIRUMORE BASSE RIVESTITE CON METAMATERIALI ACUSTICI

Massimo Garai (1), Paolo Guidorzi (2), Domenico De Salvio (3)

- 1) Università di Bologna, Bologna, massimo.garai@unibo.it
2) Università di Bologna, Bologna, paolo.guidorzi@unibo.it
3) Università di Bologna, Bologna, domenico.desalvio2@unibo.it

SOMMARIO

Nell'ambito del progetto LIFE SILENT, che mira a creare soluzioni sostenibili ed eco-compatibili per affrontare l'inquinamento acustico causato dal traffico stradale e ferroviario in ambienti urbani complessi, il gruppo di acustica dell'Università di Bologna coordina il WP4, dedicato alle barriere acustiche basse. Queste sono una soluzione interessante per ridurre in particolare il rumore ferroviario generato dall'interazione ruota/rotaia, mantenendo un impatto visivo e sociale ridotto rispetto alle barriere acustiche classiche (a piena altezza). La presente memoria presenta le fasi in cui il WP4 si articola e le innovazioni che si intendono apportare.

1. Introduzione

Il progetto LIFE SILENT punta allo sviluppo e test di pavimentazioni stradali a basso rumore realizzate con materiali riciclati non tossici e sulla progettazione e test di barriere antirumore basse che utilizzano materiali riciclati e tecnologie di metamateriali innovative per ridurre le emissioni acustiche dal traffico ferroviario. Le barriere basse, argomento che viene in particolare affrontato in questa memoria, sono trattate nel WP4, coordinato dall'Università di Bologna, che si articola in 5 task, ad ognuno dei quali nel seguito è dedicato un approfondimento.

2. T.4.1 Definizione dello stato dell'arte

Nel T.4.1 è stata compiuta una analisi della letteratura scientifica sulle barriere antirumore a bassa altezza, considerando le più importanti riviste scientifiche, gli atti di convegni internazionali e le tesi di dottorato. Tuttavia, sono stati trovati relativamente pochi documenti realmente dedicati alle barriere basse. Ciò indica chiaramente quanto sia necessario far avanzare la conoscenza scientifica sulle barriere basse in vista del loro utilizzo in casi reali. I risultati sono raccolti in un rapporto tecnico, che include la metodologia utilizzata per individuare i lavori, poi raccolti in un sintetico database.

3. T.4.2 Valutazione preliminare di sostenibilità

La nuova barriera bassa da provare nel T.4.5 sarà realizzata con materiali base riciclati, strutturati come metamateriali fonoassorbenti in modo da ottenere prestazioni migliorate (vedere T.4.3). In T.4.2 saranno selezionati i materiali riciclati da utilizzare, sulla base di una valutazione preliminare di sostenibilità, che prenderà in considerazione i principali indicatori di sostenibilità (*Key performance Indicators, KPI*) utilizzati negli standard internazionali, come EN 15804. Si cercherà di valutare anche l'idoneità alla produzione in fabbrica con il supporto di un'azienda.

4. T.4.3 Utilizzo dei metamateriali

I metamateriali sono materiali ingegnerizzati con proprietà straordinarie, come un elevato assorbimento acustico, dovute alla loro forma, indipendentemente dalle materie prime utilizzate per realizzarli. L'Università di Bologna sta studiando come trasferire l'esperienza acquisita in altri progetti sui metamateriali acustici alla progettazione di barriere basse senza utilizzare materiali artificiali non sostenibili, come lana di vetro, poliuretano ecc. Un miglior assorbimento acustico può contribuire a ridurre l'energia sonora che rimbalza tra il treno e la barriera, che alla fine scavalca la barriera. Inoltre, un nuovo profilo di barriera

potrebbe agire anche sul suono diffratto, ottenendo un miglior insertion loss complessivo. Le analisi preliminari sul tipo di metamateriale da applicare sulla superficie interna (verso la sorgente) della barriera bassa sono state condotte tramite simulazioni FEM (*Finite Element Method*) in COMSOL®. L'uso di risonatori a quarto di lunghezza d'onda permette un'ampia libertà di distribuire spazialmente i canali risonanti in modo da ottimizzare la superficie assorbente che si ha a disposizione [1]. Inoltre, la combinazione di canali di diversa lunghezza risulta, per sovrapposizione degli effetti, in un assorbimento a banda larga per poter intercettare l'intero spettro della sorgente oggetto di studio. In Figura 1 sono raffigurate le analisi preliminari condotte su un campione composto da quattro canali risonanti.

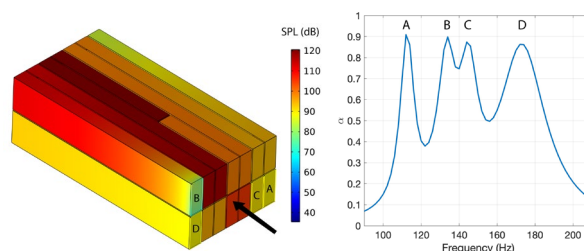


Figura 1 - Esempio di simulazione FEM di un sistema di quattro risonatori a quarto di lunghezza d'onda. Sulla sinistra: distribuzione dei livelli di pressione sonora a 130 Hz nell'elemento risonante B. Sulla destra: valori di assorbimento a banda larga ottenuto tramite la sovrapposizione degli effetti dei quattro canali risonanti.

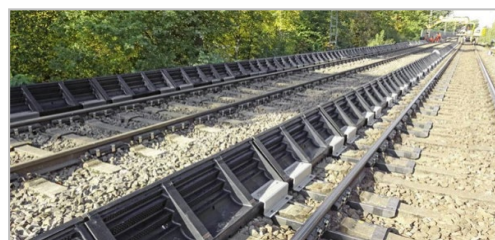


Figura 2 – Esempio di barriera bassa realizzata da Kraiburg Strail in Germania.

5. T.4.4 Realizzazione di un nuovo prototipo di barriera bassa

In questo task un nuovo strato fonoassorbente basato sulla tecnologia dei metamateriali sarà applicato ad elementi standard forniti da Kraiburg STRAIL (Figura 2) e ne saranno testate le prestazioni acustiche (cfr. T.4.5). I componenti prototipo saranno installati in un sito di prova controllato presso il laboratorio dell'Università di Bologna dove, durante il task T.4.5, sarà validato in laboratorio un metodo di prova specifico.

6. T.4.5 Sviluppo di un nuovo metodo di prova

Al momento non esiste alcun metodo per misurare le prestazioni acustiche delle barriere acustiche basse. L'Università di Bologna intende sfruttare la sua esperienza nei metodi avanzati per la caratterizzazione delle barriere antirumore, dimostrata in progetti europei come ADRIENNE e QUIESST, per implementare un metodo specifico per barriere di altezza ridotta (< 1 m). Il metodo sarà testato preliminarmente su *mock-up* e poi sul prototipo realizzato in T.4.4. I partner CNR del progetto dovrebbero poi applicare il metodo in situ nel WP7. Al termine del progetto LIFE SILENT, L'Università di Bologna presenterà il metodo agli enti internazionali di standardizzazione.

Si è partiti dalla rielaborazione del metodo descritto nella norma Europea EN 1793-6 [2]. Questa richiede un'altezza minima della barriera in prova per ottenere risultati su un range di frequenze significativo. Infatti, il limite inferiore di frequenza della misura è inversamente proporzionale alla lunghezza temporale della finestra di selezione dei dati, che a sua volta dipende dal tempo di arrivo dell'onda diffratta sul bordo superiore, cioè dall'altezza della barriera. Per le barriere basse, il limite inferiore di frequenza risulta troppo alto. Inoltre, la sorgente sonora e il microfono devono essere posizionati molto vicino al terreno, per cui il suono riflesso sul terreno arriva al microfono con poco ritardo temporale rispetto al suono diretto. Per tentare di ridurre le due criticità descritte, è stato utilizzato un microfono "virtuale" formato da 32 piccole capsule a elettretiche posizionate su una sfera, l'Eigenmike EM32 di MH Acoustics [3], che può essere configurato, con tecniche *beamforming*, per ottenere una direttività molto elevata (super cardioide di ordine 4) nella direzione desiderata. In questo modo si riduce sensibilmente il rilevamento dei contributi riflessi dal terreno, ottimizzando la misura della sola parte di suono che attraversa o scavalca la barriera, permettendo quindi di valutarne l'efficacia intrinseca. Lo studio, teorico e sperimentale, della geometria ottima di misura è ancora in corso; si presentano qui alcuni risultati preliminari. Il calcolo dell'*insertion loss* è effettuato in analogia alla EN 1793-6 [2], a cui si rimanda per una trattazione dettagliata, adattata alla diversa geometria. La sorgente sonora è autocostruita e descritta in dettaglio in [4]. Le risposte impulsive sono misurate con tecnica digitale MLS [5].

In Figura 3 sono visibili le due configurazioni di misura: in a) la misura con barriera interposta, in b) la misura in campo libero. Le prime prove sperimentali sono state effettuate utilizzando uno o più pannelli di barriera antirumore classica (scatolari in lamiera metallica forata riempiti con fibra di poliestere) di dimensioni paragonabili alle barriere basse ferroviarie vere e proprie: altezza 50 cm e spessore 12 cm. Le distanze di sorgente e microfono dalla superficie della barriera erano pari a 40 cm ed entrambi erano posti all'altezza di 27 cm.

In Figura 4 si riportano a titolo di esempio alcuni risultati. 1S1H(A) e 1S1H(B) sono misure ripetute con le stesse distanze di sorgente e microfono: si nota l'ottima ripetibilità della misura. Le misure 2S1H, 1S2H e 2S2H si riferiscono rispettivamente a configurazioni in cui è stato raddoppiato lo spessore del pannello (2Sxx) o la sua altezza (xx2H). Queste misure forniscono una stima preliminare di quanto effettivamente il microfono ultradirezionale riesca a captare le sole componenti diffratte e trasmessa dell'onda sonora, attenuando la parte riflessa dal terreno, e di quanto l'altezza o lo spessore della barriera influiscano sul risultato. Si noti che i risultati appaiono attendibili nelle bande di terzo di ottava da 315 Hz a 2500 Hz.

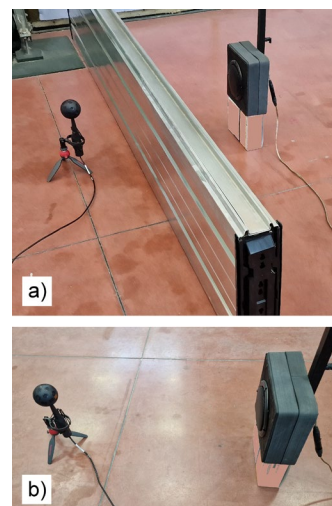


Figura 3 – Due fasi di misura su un ostacolo di dimensioni equivalenti alle barriere basse; a) misura con barriera, b) misura in campo libero

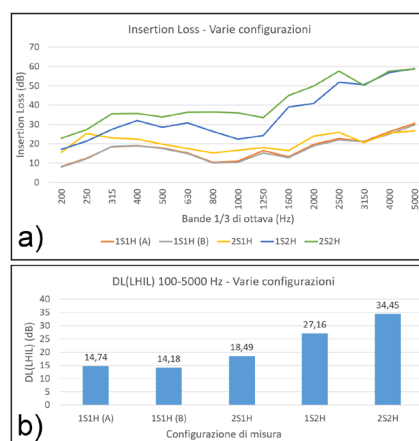


Figura 4 – Esempio di risultato di misura su barriere basse in varie configurazioni di altezza e spessore; a) Insertion Loss, b) Indice di prestazione

7. Conclusioni

Il progetto LIFE SILENT permetterà di mettere in pratica sulle barriere basse il grande potenziale dei metamateriali acustici. Inoltre, sarà sviluppato un nuovo metodo per valutare l'efficacia complessiva delle barriere basse, proponibile in futuro all'ente di normalizzazione europea.

8. Bibliografia

- [1] Zhang, C., & Hu, X. (2016). Three-dimensional single-port labyrinthine acoustic metamaterial: Perfect absorption with large bandwidth and tunability. *Physical Review Applied*, 6(6), 064025.
- [2] EN 1793-6:2018/A1:2021: Road traffic noise reducing devices - Test method for determining the acoustic performance - Part 6: Intrinsic characteristics - In situ values of airborne sound insulation under direct sound field conditions
- [3] <https://eigenmike.com/>
- [4] Guidorzi P., Garai M., *Repeatability of the European Standardized Method for Measuring Sound Reflection and Sound Insulation of Noise Barriers*, *Environments*, **10**(8) (2023), p.139; <https://doi.org/10.3390/environments10080139>
- [5] Borish, J.; Angell, J. B. *An Efficient Algorithm for Measuring the Impulse Response Using Pseudorandom Noise*. *J. Audio Eng. Soc.*, **31** (1983), pp. 478-488.

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



Co-funded by the
European Union

