



Let's talk about LIFE

News and curiosities about the Life Silent project and more



Cofinanziato dall'Unione europea

Newsletter n° 7 – 25 settembre 2024

SUSTAINABLE INNOVATIONS FOR LONGLIFE ENVIRONMENTAL NOISE TECHNOLOGIES

Garai: “Le barriere antirumore sono il mezzo più efficace per abbattere il rumore”

Intervista a Massimo Garai – Professore ordinario - Alma Mater Studiorum Università di Bologna



A che punto è la ricerca sulle barriere antirumore?

Le barriere antirumore sono il mezzo più efficace per abbattere il rumore sul percorso di propagazione dalla sorgente al ricevitore. Innanzitutto, la ricerca ha permesso di sviluppare la serie di norme tecniche europee per la qualificazione dell'isolamento e dell'assorbimento acustico delle barriere, applicabili anche in campo sulle barriere installate, sia in ambito stradale (EN 1793-5 e EN 1793-6) che ferroviario (EN 16272-5 e EN 16272-6). Io ho l'onore e l'onore di coordinare i due gruppi di lavoro europei che aggiornano continuamente queste norme. Inoltre, la ricerca sta sviluppando diverse nuove soluzioni di barriera che sono ormai quasi mature per l'applicazione su larga scala. Tra di esse possiamo ricordare i cosiddetti “cristalli sonici”. Il loro nome deriva dall'analogia con le disposizioni regolari degli atomi in un cristallo, i quali bloccano la trasmissione dei raggi X in certe bande di frequenza grazie ad un meccanismo di diffrazione multipla (diffrazione di Bragg). Analogamente, disposizioni regolari di cilindri o prismi snelli posti a fianco di un'infrastruttura di trasporto possono attenuare le onde sonore in certe bande di frequenza del suono (stop band). Dimensioni e disposizione degli elementi base vanno accuratamente calcolate, ma è notevole il fatto che l'aria e la luce possono attraversare liberamente un cristallo sonico; solo il suono viene attenuato. Una seconda linea di ricerca si propone di strutturare la superficie di una barriera in forme che la rendano fonoassorbente senza usare materiali fibrosi, aumentando quindi la durata nel tempo e la sostenibilità ambientale. Sono allo studio anche strutture che per forma riflettano il suono sempre verso il basso, rendendogli difficile scavalcare la barriera; sarebbero

particolarmente utili nel caso di barriere parallele installate ai due lati di una strada. Questa nuova tecnologia, che struttura qualunque materiale a livello macroscopico e gli conferisce per forma proprietà innovative, è nota come tecnologia dei metamateriali. Attualmente il mio gruppo di ricerca sta conducendo sull'argomento un progetto di ricerca di interesse nazionale finanziato dal Ministero dell'Università (PRIN 2022).

Infine, occorre menzionare le cosiddette "barriere basse". Si tratta di barriere antirumore di altezza ridotta, tipicamente minore di un metro, poste molto vicino alla sorgente di rumore (binario o lato strada). Entro certi limiti, più la barriera è vicina alla sorgente di rumore, più è possibile ridurre l'altezza a parità di efficacia. Inoltre, la dimensione ridotta delle barriere basse permette di installarle senza fondazioni; sono molto più economiche delle barriere tradizionali e non impattanti sulla visuale. Ovviamente non possono raggiungere le forti attenuazioni delle barriere classiche alte da 3 m a 7 metri, ma, grazie alla loro posizione molto vicina ad una delle sorgenti di rumore prevalente (il punto di contatto tra ruote del treno e rotaia o tra ruote dei veicoli e pavimentazione stradale) possono risolvere la situazione in tutti i casi dove si richiedono abbattimenti contenuti per rientrare nei limiti di legge in maniera non invasiva. Si pensi a quante volte un progetto di barriere alte è stato contestato a causa dell'impatto paesaggistico, per esempio in località turistiche; con le barriere basse il problema può essere risolto senza opposizioni. Infine, è importante sottolineare che il costo delle barriere basse è molto minore di quello delle barriere tradizionali, poiché le barriere basse non necessitano di fondazioni e impiegano minori quantità di materiali.

Quali sono gli apporti innovativi sulle barriere antirumore all'interno del progetto LIFE SILENT?

Il progetto LIFE SILENT include un apposito work package, il WP4, nel quale sarà sviluppata una barriera bassa per le ferrovie che unisca sostenibilità, efficacia ed economicità. Attualmente, un problema che limita l'efficacia delle barriere basse – e anche di quelle più alte – in ambito ferroviario è il fatto che le onde sonore rimbalzano ripetutamente tra il treno e la barriera stessa, finendo per scavalcarla. Per contenere questo effetto si è tentato di applicare materiali fibrosi, come le lane minerali, sul lato della barriera rivolto al treno, ma la durata di questi materiali nelle impegnative condizioni di esercizio è molto limitata nel tempo; si distruggono e si disperdono nell'ambiente. Noi vogliamo partire da un materiale resistente e sostenibile, come i granuli di gomma (provenienti ad esempio da pneumatici fuori uso) che possono essere riciclati più volte. Poi conferiremo alla superficie della barriera bassa rivolta al treno una forma che le permetta di attenuare le onde sonore che rimbalzano tra il treno e la barriera stessa, utilizzando solo la gomma riciclata. Per questo dovremo impiegare in maniera originale la tecnologia dei metamateriali. Attualmente, dopo una ricognizione dello stato dell'arte e una valutazione preliminare di sostenibilità di diversi materiali, stiamo studiando prototipi di metamateriali fonoassorbenti da applicare ad una barriera bassa in gomma riciclata messa a disposizione da un'azienda specializzata tedesca. Seguiranno prove di laboratorio per una prima validazione del prototipo. Dovremo anche sviluppare un metodo di misura specifico dell'efficacia delle barriere basse, applicabile sia in laboratorio che in campo, su barriere installate. Infatti, i metodi esistenti sono pensati per le barriere tradizionali, alte alcuni metri, ma non sono applicabili a dispositivi di altezza così ridotta. Qui contiamo di mettere a frutto l'esperienza maturata dal gruppo di ricerca dell'Università di Bologna nei progetti europei di background allo sviluppo delle norme europee (ADRIENNE, QUIESST e SOPRANOISE). La validazione finale sarà compiuta nel sito reale di prova previsto negli step successivi del progetto LIFE SILENT.

Nell'ambito delle barriere basse la tecnologia è meno avanzata: che progressi prevede?

Finora le barriere basse sono state penalizzate da una progettazione poco mirata e anche da una certa diffidenza dei gestori delle infrastrutture. Pochissime aziende in Europa hanno investito in ricerca e sviluppo sulle barriere basse; di conseguenza ben pochi prodotti sono stati validati in maniera convincente in contesti reali. D'altra parte, i gestori delle infrastrutture, che in Italia sono anche vincolati dalla rigidità delle leggi in vigore, continuano a progettare installazioni di barriere alte, trascurando le barriere basse. Se nel progetto LIFE SILENT riusciremo a sviluppare un

prodotto innovativo ed efficace la situazione potrebbe cambiare. L'installazione pilota prevista nell'ambito del progetto potrebbe essere seguita da molte altre in contesti reali, dove è necessario abbattere alcuni decibel per rientrare nei limiti di legge, ma senza ostruire la visuale e impiegando un budget ridotto. Non vogliamo indurre eccessivi entusiasmi; ci sono componenti del rumore sulle quali le barriere basse non possono agire, come il rumore aerodinamico o il rumore indotto dalle vibrazioni del corpo del treno, particolarmente rilevante per i treni merci. Tuttavia, speriamo che un prodotto innovativo e sostenibile, come dovrebbe uscire da questo progetto LIFE, possa contribuire a non sprecare denaro pubblico in opere eccessive che hanno un forte impatto paesaggistico dove viceversa basta l'applicazione rapida di barriere basse per rientrare nei parametri di legge. L'effetto globale sulla rete italiana delle infrastrutture sarebbe sensibile, sia in termini di sostenibilità ambientale che economica.

Life Silent presentato al Congresso Internoise 2024



Il progetto LIFE SILENT è stato presentato nell'ambito del **convegno internazionale INTER-NOISE 2024**, che ha avuto luogo a Nantes in Francia dal 25 al 29 agosto 2024. Il Congresso è incentrato **sull'esposizione delle più recenti novità nel settore dell'ingegneria acustica, applicata al controllo di rumore e vibrazioni**.

Organizzato da un comitato presieduto da **Adrien Pelat** (Università di Nantes) e **Judicaël Picaut** (Università Gustave Eiffel di Nantes) per conto della SFA, la Associazione Francese di Acustica, l'evento è stato un momento fondamentale per una ricca interazione scientifica e un forte legame sociale tra gli esperti nel controllo del rumore. Era anche presente una ricca rappresentanza di aziende di prodotti e strumentazione per l'acustica. Erano presenti più di 1800 delegati da 62 diversi paesi.

Il programma tecnico è stato organizzato in sessioni orali parallele focalizzate sui temi fondamentali del controllo del rumore, sessioni speciali e sessioni poster, e ha reso omaggio a uno dei cittadini più illustri della città di Nantes, Jules Verne, che qui è nato nel 1828, e al suo universo letterario. I suoi romanzi, infatti, evocano progressi scientifici e proiezioni tecnologiche, lanciando il genere fantascientifico. La visione multidisciplinare costruita da **Jules Verne**, tra letteratura e scienza, ha ispirato gli organizzatori di INTER-NOISE 2024 a introdurre alcuni contenuti speciali nel programma, riguardanti le diverse forme di approcci multidisciplinari nel contesto del controllo del rumore. Nel corso delle sessioni tecniche, eventi e workshop di discussione, i ricercatori si sono confrontati sull'importanza della visione multidisciplinare del controllo del rumore. Un approccio multidisciplinare fornisce infatti le chiavi per comprendere le sfide sonore della città del futuro: impatto delle nuove fonti sonore e delle modalità di trasporto di domani, rappresentazione e mappatura dei dati acustici, percezione dei paesaggi sonori e il loro impatto su usi e comportamenti nelle aree urbane, arte e acustica.

L'evento è stato il 53° congresso di questo tipo supervisionato e sponsorizzato da I-INCE, l'Istituto Internazionale di Ingegneria del Controllo del Rumore. Si tratta di un consorzio mondiale di associazioni e organizzazioni impegnate sui temi del controllo del rumore, dell'acustica e delle vibrazioni.

Nel corso del convegno il prof. **Massimo Garai**, dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna, ha coordinato la sessione sulle barriere antirumore e i metodi di mitigazione sonora, nell'ambito

della quale è stato presentato dall'ing. **Patrizia Bellucci** di Anas (Società del Gruppo FS Italiane) il progetto LIFE SILENT. Nella stessa sessione, l'ing. **Paolo Guidorzi** (Università di Bologna) ha presentato il nuovo metodo di misura rapida delle caratteristiche delle barriere antirumore. Nella sessione dedicata al trasporto su strada e al rumore industriale, il dott. **Fabio Lo Castro** (CNR) ha esposto un metodo di misura per migliorare la misura della velocità dei veicoli nell'esecuzione del test utilizzato per valutare la rumorosità delle pavimentazioni stradali.

Il congresso ha incluso sei lezioni magistrali (due plenary lecture e quattro keynote lecture), che hanno spaziato dagli effetti del rumore subacqueo sui cetacei alla ricostruzione virtuale del suono degli strumenti musicali alla stampa additiva per i metamateriali acustici agli effetti del rumore sui bambini allo studio dell'acustica delle città; tra esse anche quella tenuta dal prof. Garai sulle barriere antirumore, che è la prima keynote mai tenuta da uno studioso italiano all'INTER-NOISE.

INNOVAZIONE E TECNICA IN PILLOLE: Metamateriali acustici

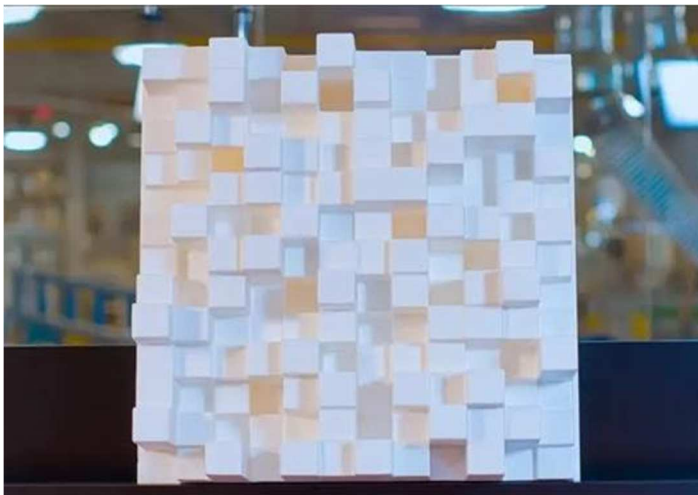


Fig. 1

Negli ultimi anni anche **l'acustica ha visto il rapidissimo emergere di una nuova classe di materiali**, i cosiddetti "**metamateriali**". Il termine deriva dalla parola "materiale" con il prefisso "meta", dal greco antico "μετά" che significa "oltre"; i metamateriali cioè avrebbero proprietà che "vanno oltre" quelle dei materiali naturali. Infatti, i metamateriali permettono di manipolare le onde (elettromagnetiche, ottiche, meccaniche, acustiche) in modi finora ritenuti impossibili con i normali materiali. Ciò è ottenuto senza agire a livello microscopico, come invece si fa nella pratica industriale corrente. Infatti, attualmente quando non si trova un materiale naturale adatto ad un certo scopo, si applicano processi chimici, meccanici o termici per produrre un composto con una nuova struttura a livello molecolare o microscopico. In ogni caso, tutti questi processi richiedono attrezzature apposite, energia e denaro e rimangono dipendenti dalle materie prime usate.

Invece i metamateriali possono essere creati a partire da materie prime qualunque (metallo, plastica, legno ecc.) senza costosi processi di trasformazione fisico-chimica. Si parte da un materiale comune e si creano strutture ordinate secondo schemi matematici precisi, costituite dalla disposizione periodica di unità di base ad una scala che sia minore o uguale a quella delle onde che si vogliono manipolare; per l'acustica si tratta di una scala che può andare da alcuni decimi di millimetro ad alcuni centimetri. Le leggi matematiche che guidano la progettazione di queste strutture producono proprietà fisiche straordinarie (elettromagnetiche, ottiche, meccaniche, acustiche), che vanno oltre le proprietà dei materiali naturali di partenza. Proprio nella struttura risiede il segreto dei metamateriali.

Non importa quale sia il materiale di base, perché le proprietà emergenti del metamateriale sono date dalla sua organizzazione strutturale.

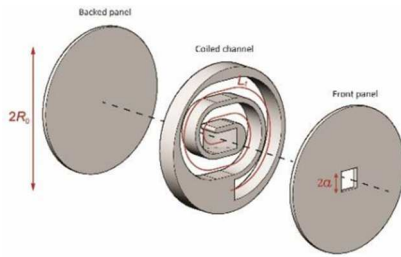


Fig. 2a

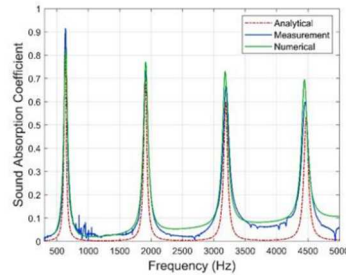


Fig. 2b

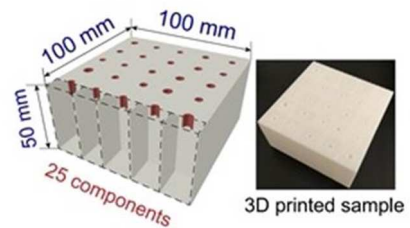


Fig. 3a

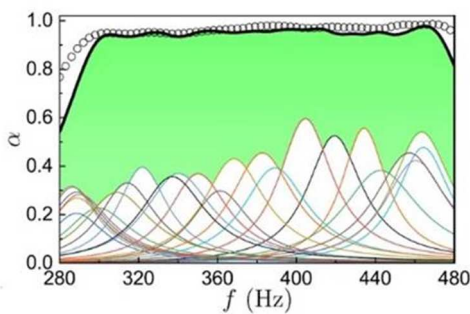


Fig. 3b

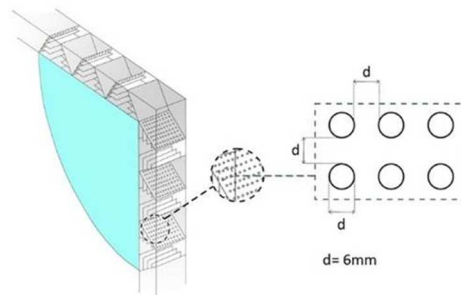


Fig. 4

In particolare, i metamateriali acustici sono stati studiati in maniera sistematica nell'ultima trentina d'anni, ma ne esistono esempi precedenti, inventati quando ancora il termine metamateriale non era in uso: si pensi ai diffusori di Schröder, che hanno una forma studiata per diffondere in più direzioni l'energia sonora incidente su di essi senza assorbita (o quasi), indipendentemente dal materiale di base con il quale sono realizzati (figura 1 [1]). Si usa parlare di cristalli sonici (sonic crystals) quando la lunghezza caratteristica della loro struttura è comparabile con la lunghezza d'onda del suono incidente. Si parla invece di metamateriali veri e propri quando la lunghezza caratteristica della loro struttura è molto minore della lunghezza d'onda (sub-wavelength).

I metamateriali acustici manipolano le onde acustiche con insiemi di elementi base, singolarmente detti celle unitarie o meta-atomi, aventi dimensioni caratteristiche che vanno da pochi millimetri a qualche decina di millimetri. Questi elementi base sono spesso prodotti con tecniche di additive manufacturing (stampa in 3D) a partire da un modello CAD. Per esempio Il piccolo risonatore "arrotolato" (coiled up) in figura 2, è un esempio di meta-atomo che, seppur realizzato in materiale plastico (PLA), presenta una serie di picchi di assorbimento acustico [2]. Anche ognuno dei 25 risonatori di Helmholtz in figura 3 produce un picco di risonanza, ma l'insieme dei 25 risonatori produce una curva di assorbimento a banda larga ben difficilmente ottenibile su tutte queste frequenze ed in uno spessore di soli 50 mm con i materiali acustici convenzionali [3].

Nei metamateriali vengono ingegnosamente sfruttati effetti di risonanza di cavità o di membrana, spesso trascurati nelle applicazioni convenzionali che solitamente privilegiano i materiali porosi. Ciò comporta una trattazione analitica è più complessa di quella normalmente in uso, ma è proprio la padronanza di questa maggiore complessità che apre la strada alla progettazione a tavolino di effetti non convenzionali, come l'assorbimento acustico elevatissimo in precise bande di frequenza appena visto, o un buon isolamento acustico con strutture leggerissime. Per esempio, sono allo studio finestre che lascino passare l'aria per ventilazione naturale come se fossero aperte pur attenuando il rumore come se fossero chiuse. Dunque si ottiene un evidente risparmio energetico, perché si evita l'uso del condizionatore, senza rinunciare al comfort termico. Questo

è possibile grazie all'uso accorto di metamateriali acustici che attenuano il rumore lungo i percorsi del flusso d'aria. La figura 4 mostra un prototipo [4].

Per concludere, ricordiamo che nell'ambito del progetto LIFE SILENT si vogliono realizzare “su misura” metamateriali adatti ad incrementare le prestazioni delle barriere acustiche basse (tipicamente con altezza minore di un metro) per applicazioni ferroviarie utilizzando materiali riciclati, in modo da incrementare anche la sostenibilità ambientale del prodotto.

[1] <https://www.rpgacoustic.com/>

[2] M. Cingolani, G. Fusaro, G. Fratoni, M. Garai. Influence of thermal deformations on sound absorption of three-dimensional printed metamaterials. Journal of the Acoustical Society of America, 151(6), 3770-3779, (2022). <https://doi.org/10.1121/10.0011552>

[3] S. Huang, Z. Zhou, D. Li, T. Liu, X. Wang, J. Zhu, Y. Li. Compact broadband acoustic sink with coherently coupled weak resonances. Science Bulletin, 65, 373-379 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.scib.2019.11.008>.

[4] G. Fusaro, M. Garai, J. Kang. Broadband potential optimisation of a full scale acoustic metawindow performance. Proceedings of the Inter-Noise 2022; Glasgow (UK) (2022).

 [Visita la pagina dedicata](#)