

## INDAGINE PSICOACUSTICA SUGLI EFFETTI DI SISTEMI FRANGISOLE INSTALLATI SULLA FACCIATA DI EDIFICI

Nicolò Zuccherini Martello (1), Francesco Aletta (2), Patrizio Fausti (1), Jian Kang (2), Simone Secchi (3).

1) Università di Ferrara – Dipartimento di Ingegneria, Ferrara, nicolo.zuccherinimartello@unife.it, patrizio.fausti@unife.it

2) University of Sheffield – School of Architecture, Sheffield (UK), f.aletta@sheffield.ac.uk, j.kang@sheffield.ac.uk

3) Università di Firenze – Dipartimento di Ingegneria Industriale, Firenze, simone.secchi@unifi.it

### SOMMARIO

Sono state studiate le variazioni di loudness, roughness e sharpness generate da sistemi frangisole installati in facciata di edifici. I parametri psicoacustici scelti sono stati ricavati dalla convoluzione di un segnale artificiale con risposte all'impulso misurate in camera semianecoica, su un modello in scala 1:1 di un sistema frangisole. Le misure sono state ripetute con lamelle "tradizionali", semplici tavole in compensato, e "fonoassorbenti", con uno strato di schiuma melamminica.

### 1. Introduzione

Gli effetti della forma e dei materiali in facciata degli edifici sulla riduzione dei livelli di pressione sonora sono studiati già da tempo [1-2]. Solo più recentemente si è posta attenzione al comportamento acustico dei sistemi frangisole [3]. In un precedente lavoro [4] è stato presentato l'effetto che un sistema frangisole può generare sui livelli di pressione acustica in facciata. Lo studio era stato portato a termine con misure su un modello in scala 1:1 di un sistema frangisole, in camera semianecoica. Il presente lavoro segue la ricerca esposta in [4] ed è stato pubblicato in modo esteso in [5]. Viene studiata la variabilità di loudness, roughness e sharpness in facciata di un edificio, in presenza di due tipologie di sistemi frangisole: il primo presenta delle lamelle tradizionali (in compensato nella sperimentazione), mentre nel secondo le lamelle hanno proprietà fonoassorbenti.

### 2. Metodo

Il modello analizzato in camera semianecoica [4] riproduce una porzione di un sistema frangisole, installato in facciata di un edificio, simulata dal pavimento stesso del laboratorio. Il modello, in compensato, è costituito da 4 moduli di  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ , assemblati in modo da costituire un quadrato; le lamelle hanno dimensioni pari a  $20\text{ cm} \times 200\text{ cm} \times 1.8\text{ cm}$ , distanziate di  $20\text{ cm}$  una dall'altra, e hanno la possibilità di essere inclinate. Nel presente studio sono stati considerati angoli di inclinazione di  $0^\circ$ ,  $-30^\circ$  e  $-45^\circ$  (Figura 1). In Figura 1 sono riportate le configurazioni misurate. La situazione *A* è stata utilizzata per ottenere i valori di riferimento, senza il sistema frangisole. Le situazioni *B* sono riferite al sistema frangisole tradizionale, mentre le *C* presentano uno strato di schiuma melamminica di  $3\text{ cm}$ , nel lato inferiore di ciascuna lamella.

Le misure di risposte all'impulso sono state effettuate sfruttando tre differenti posizioni della sorgente sonora (Figura 2.a) e una griglia di  $10 \times 12$  posizioni microfoniche (Figura 2.b), sul pavimento del laboratorio.

Le risposte all'impulso misurate sono state successivamente convolute con un segnale standard di traffico, creato artificialmente seguendo le indicazioni della norma UNI EN 1793-3 [6]. I segnali così convoluti sono stati analizzati con il software Artemis v.11 (HEAD Acoustics GmbH) per ottenere i valori di loudness level, di roughness e di sharpness. I parametri psicoacustici ricavati in presenza del sistema frangisole, nelle sue varie

configurazioni, sono stati confrontati con i valori di riferimento ottenuti senza i frangisole (situazione *A* di Figura 1).

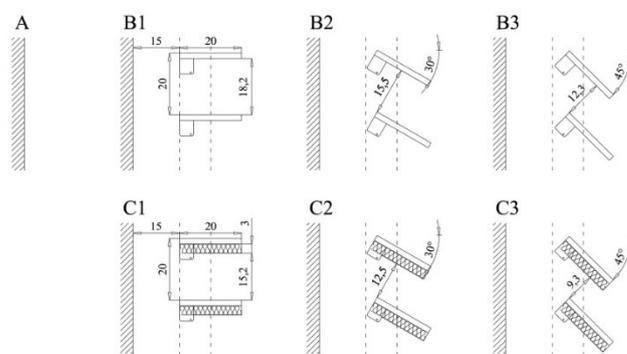


Figura 1 – Configurazioni misurate in camera semianecoica. A: pavimento libero. Serie B: lamelle tradizionali. Serie C: lamelle fonoassorbenti.

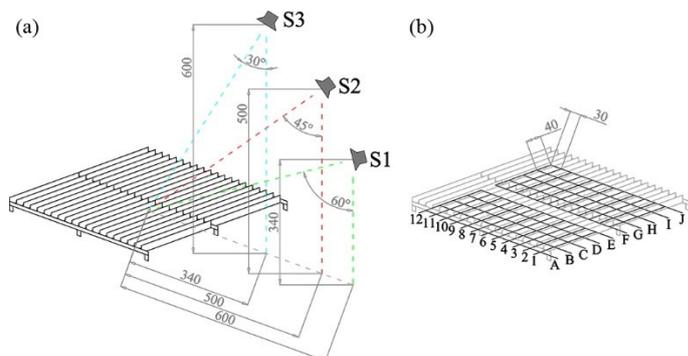


Figura 2 – Posizioni della sorgente sonora (a) e (b) griglia delle 120 posizioni microfoniche.

### 3. Risultati

I confronti effettuati sono simili alla Insertion loss, che viene calcolata punto per punto, per tutte le 120 posizioni microfoniche. I grafici di Figura 3 riportano le distribuzioni statistiche calcolate per le differenze di loudness levels, in phon, e di sharpness, in acum. I confronti di roughness sono stati effettuati con rapporti, mettendo al denominatore i valori ottenuti senza il sistema frangisole. In generale, nei grafici di Figura 3 valori più elevati corrispondono a situazioni di migliore comfort acustico. È stata effettuata un'analisi statistica di varianza nei dati di variazione dei parametri psicoacustici: tutte le variazioni sono risultate essere statisticamente significative, con p-values molto

inferiori a 0.05. È stata anche valutata la dimensione dell'effetto (effect of size) che hanno la posizione della sorgente e l'inclinazione delle lamelle. Il fattore dominante nel caso dei frangisole tradizionali risulta essere l'inclinazione delle lamelle, mentre nel sistema fonoassorbente è la posizione della sorgente [5].

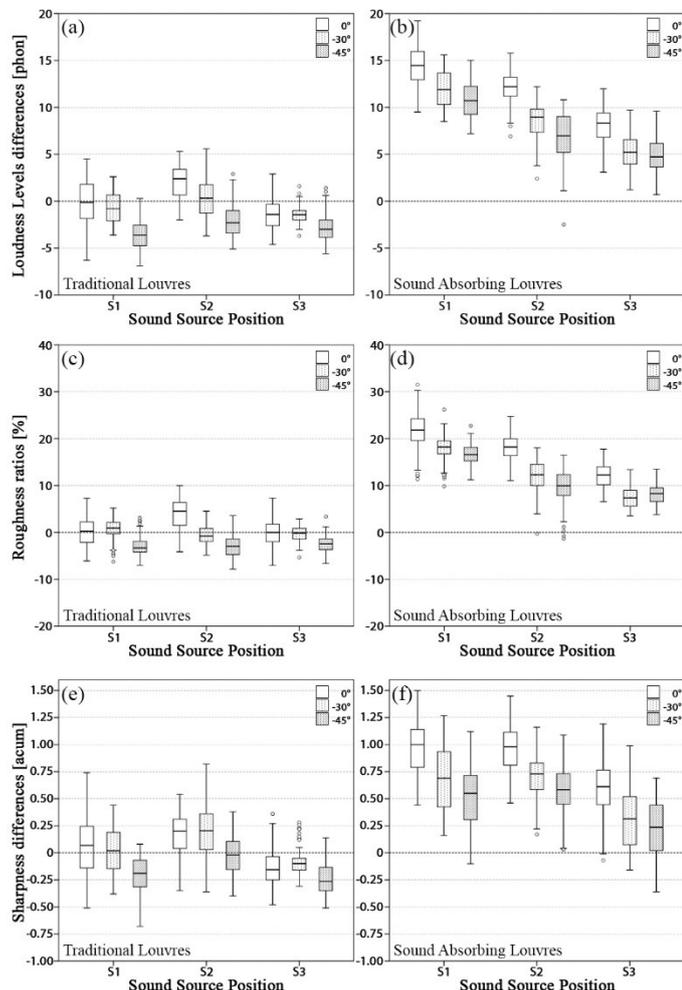


Figura 3 – Variazioni di livelli di loudness (a, b), rapporto tra roughness (c, d) e differenze di sharpness (e, f). I grafici incolonnati a sinistra sono riferiti al sistema frangisole tradizionale. I grafici incolonnati a destra sono riferiti al sistema frangisole fonoassorbente.

### 3.1 Loudness

Il sistema frangisole studiato influenza notevolmente i livelli di loudness in facciata. Le lamelle tradizionali possono portare ad un aumento di loudness level fino a 5 phon nei casi peggiori, mentre i frangisole fonoassorbenti garantiscono riduzioni fino a quasi 20 phon. È evidente la dipendenza della variazione dei livelli di loudness con l'inclinazione delle lamelle e con la posizione della sorgente. La protezione offerta dal sistema frangisole tende a diminuire mano a mano che le lamelle vengono inclinate verso la sorgente sonora; allo stesso tempo aumenta mano a mano che l'angolo tra la posizione della sorgente e il baricentro del modello diminuisce. Considerando che differenze di 10 phon sono ben percepibili dall'orecchio umano [7], ma già variazioni di 3 phon sono apprezzabili, si può dire che il sistema di frangisole fonoassorbenti costituisce un buon sistema per ridurre il livello di loudness in facciata.

### 3.2 Roughness

Variazioni di roughness a partire dal 19 % sono percepibili dal sistema uditivo umano [7]. Il grafico (c) di Figura 3 mostra come la presenza di un sistema frangisole tradizionale sia piuttosto irrilevante, rispetto alle variazioni di roughness ricavate dal

segnale studiato: il sistema provoca aumenti e variazioni non superiori al 10 %. Il sistema di frangisole fonoassorbenti invece produce delle riduzioni significative di roughness, che raggiungono valori medi di oltre 20 %, con picchi fino al 30 % (Figura 3c), quando la sorgente sonora è posizionata in S1 e le lamelle non sono inclinate. Non sono comunque mai presenti valori che indichino un aumento della roughness in facciata, in presenza dei frangisole fonoassorbenti. Anche le variazioni di roughness presentano la stessa dipendenza dalla posizione della sorgente e dall'inclinazione delle lamelle, già osservata per le differenze di loudness levels.

### 3.3 Sharpness

Sia i frangisole tradizionali che quelli fonoassorbenti hanno un impatto trascurabile sulle variazioni di sharpness (in acum) in riferimento al segnale usato. Le variazioni osservate sono incluse in un range di valori da -1 a 1.5 acum, troppo piccoli per essere percepiti dall'orecchio umano [7]. In generale si può comunque osservare che i frangisole modificati hanno un comportamento migliore rispetto a quelli tradizionali, con valori negativi solo nei casi più sfavorevoli, con la sorgente sonora in posizione S3 e le lamelle inclinate. I frangisole tradizionali tendono ad incrementare lievemente la sharpness. Le variazioni contenute della sharpness dipendono anche dal segnale usato. La sharpness varia in funzione del contenuto ad alte frequenze dello spettro del segnale. Il rumore da traffico è di per sé un tipo di segnale con basso contenuto di sharpness.

## 4. Conclusioni

Il sistema frangisole studiato ha un ruolo importante nelle variazioni di loudness e roughness in facciata di un ipotetico edificio, in relazione al rumore da traffico standardizzato [6]. Le minori variazioni riscontrate per la sharpness possono dipendere dal tipo di segnale usato nella sperimentazione. In generale sono stati riscontrati effetti peggiorativi in presenza del sistema frangisole tradizionale, con aumenti talvolta molto significativi dei parametri psicoacustici studiati. I frangisole fonoassorbenti, al contrario, possono fornire un valido strumento per la riduzione di effetti acustici fastidiosi, in facciata di un edificio. In particolare, ad esempio, il livello di loudness può essere ridotto fino a 20 phon (14 phon di media).

Le schermature solari nascono con la funzione di ridurre i consumi energetici, ma è stato dimostrato che con un'opportuna ottimizzazione si possono raggiungere anche buone performance di protezione acustica delle facciate dove sono installati [4,5]. Seguiranno altri studi per avere una panoramica più completa delle prestazioni acustiche di tali sistemi.

## 5. Bibliografia

- [1] Tang S.K., *Noise screening effects of balconies on a building façade*, J Acoust Soc Am. **118**(1) (2005), pp. 213-221.
- [2] Busa L., Secchi S., Baldini S., *Effect of façade shape for the acoustic protection of buildings*, Building Acoustics, **17**(4) (2010), pp. 317-338.
- [3] Sakamoto S., Aoki A., *Numerical and experimental study on noise shielding effect of eaves/louvers attached on building façade*, Building and Environment, **94**(2) (2015), pp. 773-784.
- [4] Zuccherini Martello N., Fausti P., Secchi S., *Acoustic measurements on a 1:1 scale model of a shading system for building façade in a semi-anechoic chamber*, in Atti di Internoise 2016, Hamburg (D), 21-24 Agosto 2016.
- [5] Zuccherini Martello N., Aletta F., Fausti P., Kang J., Secchi S., *A psychoacoustic investigation in the effect of external shading devices on building façades*, Applied Sciences, **6** (2016), pp. 429-444.
- [6] UNI EN 1793-3:1999. Acustica - Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica - Spettro normalizzato del rumore da traffico.
- [7] Fastl H., Zwicker E., *Psychoacoustics. Facts and Models*, 3rd ed., Springer, Berlin, 2007.