

Il rapporto tra i suoni e la città: valutazione della qualità sonora in ambito urbano

Giulia Valentini^{a*} | Samantha Di Loreto^a | Massimo Angrilli^b | Sergio Montelpare^a

^a Dipartimento di Ingegneria e Geologia,
Università degli Studi G. D'Annunzio,
Viale Pindaro, 42, 65127 Pescara

^b Dipartimento di Architettura,
Università degli Studi G. D'Annunzio,
Viale Pindaro, 42, 65127 Pescara

* Autore di riferimento:
giulia.valentini001@studenti.unich.it

Ricevuto: 20/2/2025

Accettato: 29/4/2025

DOI: 10.3280/ria1-2025oa19446

ISSNe: 2385-2615

Questo studio analizza il paesaggio sonoro della zona universitaria di Pescara, un'area urbana caratterizzata da un'elevata densità di attività e servizi. La ricerca combina analisi quantitative dell'ambiente acustico con valutazioni qualitative della percezione sonora, focalizzandosi su quattro aree strategiche: il polo universitario di Viale Pindaro, il corridoio di Via Falcone e Borsellino, Piazza Ettore Troilo e il parco ex Caserma Di Cocco. Attraverso misurazioni acustiche e indagini sulla percezione degli utenti, lo studio ha evidenziato la complessità del paesaggio sonoro urbano e la sua influenza sulla qualità della vita. In particolare, è stato approfondito il progetto di riqualificazione del corridoio verde che collega il tribunale all'università, analizzandone l'impatto sul comfort acustico. I risultati suggeriscono che l'integrazione della pianificazione del soundscape nella progettazione urbana può migliorare significativamente l'esperienza degli spazi pubblici, fornendo indicazioni pratiche per future strategie di sviluppo urbano sostenibile.

Parole chiave: paesaggio sonoro, ambiente acustico urbano, pianificazione urbana, percezione sonora, qualità acustica, riqualificazione urbana

The relationship between sounds and cities: evaluation of sound quality in the urban environment

This study analyses the soundscape of the university district in Pescara, an urban area characterized by high-density activities and services. The research combines quantitative analysis of the acoustic environment with qualitative assessments of sound perception, focusing on four strategic areas: the Viale Pindaro university campus, the Via Falcone e Borsellino corridor, Piazza Ettore Troilo, and the former Di Cocco Barracks Park. Through acoustic measurements and user perception surveys, the study highlighted the complexity of the urban soundscape and its influence on quality of life. Special attention was given to the redevelopment project of the green corridor connecting the courthouse to the university, analysing its impact on acoustic comfort. The results suggest that integrating soundscape planning into urban design can significantly improve the experience of public spaces, providing practical guidelines for future sustainable urban development strategies.

Keywords: soundscape, urban acoustic environment, urban planning, sound perception, sound quality, urban redevelopment

1 | Introduzione

La consapevolezza e la riflessione sulla pratica dell'ascolto dei suoni che ci circondano costituisce il primo passo per comprendere il nostro legame con l'ambiente circostante [1,2]. Valutare e analizzare un suono ci permette di riflettere sulla sua qualità, valore, scopo e origine, che può essere di natura umana, animale, vegetale, climatica o meccanica [3,4]. In un'epoca in cui siamo immersi in una vasta gamma di suoni artificiali che superano quelli naturali, l'arte di saper ascoltare è diventata più che mai importante poiché i paesaggi sonori del mondo sono in costante mutamento, adattandosi nel corso del tempo ai cambiamenti della società [5].

Bisognerebbe considerare il suono che ci circonda come un'informazione preziosa poiché questi suoni, che comunemente passano inosservati o inascoltati, possono invece contenere aspetti significativi che meritano di essere esplorati e apprezzati [6].

La ricerca di armonia e benessere, attraverso i sensi e la percezione, porta ad esplorare e riconoscere l'ambiente sonoro che meglio soddisfa questi requisiti [7,8]. Spesso, però, non siamo pienamente consapevoli del ruolo fondamentale che l'orecchio e l'ascolto svolgono in questo processo [9].

Il termine "Paesaggio Sonoro", tradotto dal neologismo inglese "Soundscape" (composto da "sound", suono, e "landscape", paesaggio), si riferisce all'intero ambiente acustico naturale percepito e vissuto, comprendente i suoni generati dalla natura, dagli animali e dagli esseri umani [10]. Il paesaggio sonoro può essere descritto dunque come la colonna sonora della nostra esistenza, composta sia dai suoni che percepiamo involontariamente sia da quelli che cerchiamo e creiamo consapevolmente [11]. Questi suoni, nel loro incontro, sono in grado di lasciare un'impronta distintiva nell'identità sonora delle persone e delle comunità, diventando parte integrante della nostra memoria sonora [12,13].

Questo concetto, sebbene originario del campo musicale, abbraccia un'ampia gamma di discipline accademiche, tra cui l'acustica e la psicologia poiché è un ambito di studio che richiede una diretta esperienza sensoriale dei suoni e dei rumori circostanti [14]. Il concetto di paesaggio sonoro e le ricerche correlate sono il risultato del lavoro del compositore canadese Raymond Murray Schafer[10], che lo ha teorizzato all'interno del World Soundscape Project da lui fondato nella seconda metà degli anni Sessanta, un'iniziativa di ricerca volta a promuovere una nuova ecologia del suono, sensibile agli emergenti problemi legati all'inquinamento acustico [15,16].

Le ricerche sul paesaggio sonoro, dunque, devono assumere un ruolo centrale nell'interpretazione dei luoghi, focalizzandosi su categorie attraverso le quali comprendere il legame che si sviluppa tra gli esseri umani e gli elementi sonori dell'ambiente [17]. Infatti, negli ultimi anni, si è sempre più compreso l'importanza dei paesaggi sonori nel migliorare la qualità complessiva dell'ambiente, riconosciuto soprattutto nel settore dell'architettura e della pianificazione urbana [18]. L'approccio al paesaggio sonoro, dunque, si concentra sul miglioramento dell'ambiente acustico percepito, riconoscendo l'interconnessione tra gli esseri umani e le varie sorgenti sonore per una valutazione completa della qualità acustica [19].

1.1 | Contributo di questo lavoro

Questo studio si propone di analizzare e valutare il paesaggio sonoro della zona universitaria di Pescara (Italia) attraverso un approccio metodologico integrato, seguendo i principi stabiliti da recenti studi nel campo [20]. La ricerca si articola su tre obiettivi principali:

- Caratterizzare quantitativamente e qualitativamente l'ambiente acustico dell'area universitaria, un distretto urbano ad alta densità di popolazione studentesca, valutando l'interazione tra suoni naturali e artificiali che contribuiscono alla sua identità sonora.
- Investigare la percezione soggettiva del paesaggio sonoro attraverso un'indagine qualitativa strutturata sulla popolazione locale. Questo approccio partecipativo mira a comprendere come gli utenti dell'area percepiscono e interagiscono con l'ambiente acustico.
- Analizzare, come caso studio specifico, l'impatto acustico del progetto di riqualificazione del corridoio verde che connette il tribunale all'università. Questo elemento urbano rappresenta un importante collegamento fisico e simbolico nel tessuto cittadino, la cui valutazione sonora può fornire indicazioni significative per future strategie di pianificazione e rigenerazione urbana.

La ricerca si inserisce nel crescente corpo di studi che evidenziano l'importanza del soundscape nella pianificazione urbana [21], con particolare attenzione alle aree universitarie come spazi di socialità e apprendimento.

I risultati di questa ricerca mirano a fornire indicazioni pratiche per l'implementazione di strategie di gestione

del paesaggio sonoro in contesti universitari urbani, contribuendo al crescente dibattito sulla qualità acustica degli spazi pubblici.

2 | Materiali e metodi

2.1 | Analisi del soundscape urbano

Il presente studio è stato condotto nella città di Pescara, importante centro urbano dell'Abruzzo situato sulla costa adriatica (Fig. 1). La città, che si sviluppa a circa 4 metri sul livello del mare intorno alla foce del fiume Pescara sul terminale della Val Pescara, rappresenta un interessante caso di studio per l'analisi del paesaggio sonoro urbano.



Fig. 1 – Analisi del landscape dell'area di studio
Landscape analysis of the study area

I punti individuati per le misurazioni derivano all'analisi dei servizi e luoghi di interesse che influenzano e caratterizzano la zona esaminata, prendendo in considerazione le componenti chiave delle persone, dell'ambiente acustico e del contesto circostante. L'analisi dettagliata dei suoni naturali e artificiali presenti ha rivelato un quadro dinamico e affascinante, capace di creare un'atmosfera unica. Tuttavia, è emerso come l'eccesso di rumore possa avere effetti significativi sulla salute e sul benessere degli individui, mettendo in luce la necessità di interventi mirati per migliorare la qualità del paesaggio sonoro urbano.

L'obiettivo è duplice: da un lato, mappare e analizzare le caratteristiche sonore dell'area di studio, dall'altro, suggerire interventi progettuali per migliorare il benessere acustico degli utenti.

2.2 | Selezione del caso di studio

L'area specifica oggetto della ricerca è il distretto universitario, una zona particolarmente dinamica che ospita diverse funzioni urbane strategiche e rappresenta un punto nevralgico per la vita cittadina. La Fig. 2 mostra le aree selezionate per la loro rilevanza all'interno del tessuto urbano e per la presenza di importanti poli attrattivi.

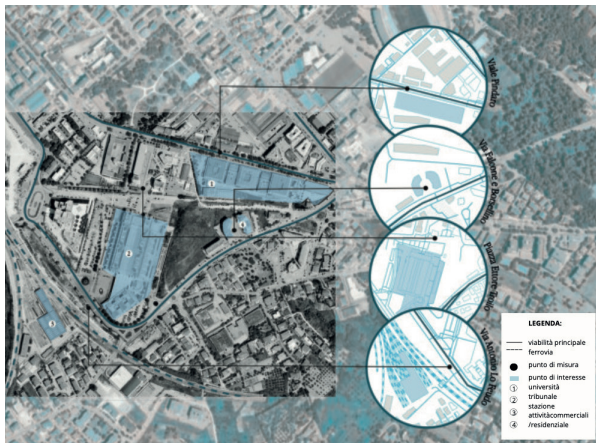


Fig. 2 – Identificazione punti strategici dell'area selezionata
Functional analysis of the area

La prima area si sviluppa lungo Viale Pindaro, dove l'Università costituisce il fulcro principale delle attività. Questa zona è caratterizzata da un ricco tessuto di servizi commerciali e pubblici, tra cui spiccano la Caserma dei Vigili del Fuoco e il Parco ex Caserma Di Cocco. La presenza dell'università genera significativi flussi pedonali e veicolari, che contribuiscono a definire l'identità sonora dell'area.

La seconda area di interesse è rappresentata da Via Falcone e Borsellino, un importante asse urbano che collega diversi poli attrattivi. Questa zona è caratterizzata dalla presenza di istituti scolastici, del Tribunale e della stazione ferroviaria su Via Antonio lo Feudo. La combinazione di queste funzioni genera un intenso movimento di persone e veicoli, creando un ambiente sonoro particolarmente complesso e stratificato.

Piazza Ettore Troilo rappresenta la terza area di studio, configurandosi come un importante punto di aggregazione urbana. La piazza, circondata da uffici e servizi commerciali e pubblici, è animata da un costante flusso di persone grazie alla sua posizione strategica tra l'Università, il Tribunale e la stazione ferroviaria.

2.2.1 | Il progetto del corridoio verde

Il caso studio analizza ulteriormente il progetto del Corridoio Verde di Pescara, un intervento di riqualificazione urbana che collega fisicamente il tribunale con l'università e idealmente estende il legame dell'ateneo con l'intero territorio. Realizzato grazie a una convenzione tra gli enti, il progetto prevede la creazione di spazi verdi e l'implementazione della mobilità sostenibile. Accanto al corridoio, verranno realizzati una pista ciclabile, camminatoi, vialetti, rampe per l'accesso dei disabili, una nuova recinzione, un nuovo sistema di illuminazione e alberature all'interno del campus universitario. L'obiettivo è trasformare la sede di viale Pindaro in un vero e proprio campus. Il progetto si articola attorno a diversi elementi chiave. Particolare attenzione è stata dedicata alla mobilità sostenibile, con la creazione di percorsi pedonali fluidi e accessibili che rispondono alle moderne esigenze di slow mobility urbana. Gli

ingressi principali, posizionati strategicamente a est e ovest del campus, sono stati ripensati come piazze dinamiche che favoriscono l'aggregazione spontanea degli studenti.

Il sistema di connessioni interne è stato completamente riprogettato, creando un percorso principale che collega i vari dipartimenti e si apre su una grande piazza longitudinale centrale. Questo spazio, attrezzato con aree studio, servizi di ristorazione e zone relax, diventa il cuore pulsante della vita universitaria. Un elemento particolarmente innovativo è rappresentato dalla recinzione perimetrale multifunzionale, che integra rastrelliere per biciclette e attrezzature per l'attività fisica.

Il rinnovamento si completa con un intervento sulle facciate degli edifici esistenti, che oltre alla loro funzione pratica di schermatura, assumono un ruolo iconico nel definire la nuova identità visiva del campus, contribuendo a creare un ambiente universitario moderno e accogliente, perfettamente integrato nel tessuto urbano circostante.

Il percorso si sviluppa seguendo una logica di graduale transizione sonora:

- Polo Universitario: Punto di partenza dove le misurazioni hanno evidenziato la necessità di spazi di decompressione acustica;
- Area Tribunale: Zona di transizione dove la progettazione ha integrato elementi di mitigazione sonora;
- Edilizia Popolare: Segmento che risponde alle esigenze di riqualificazione acustica emerse durante l'analisi;



Fig. 3 – Il progetto del corridoio verde: percorso e indicazioni con indicati punti di interesse
Greenway project: path and points of interest indications

- Parco ex Caserma Di Cocco: Destinazione finale progettata come area di quiete in risposta alle preferenze emerse dai test d'ascolto.
In Fig. 3 si riporta il percorso del progetto del corridoio verde.
Le scelte progettuali saranno informate dai risultati delle analisi che si otterranno dal presente studio:
- Passeggiata Sonora: Sviluppata in risposta alle preferenze sonore emerse dai test d'ascolto.
- Aree di Quietude: Localizzate nei punti dove l'analisi psicoacustica ha evidenziato condizioni favorevoli.
- Elementi di Mitigazione: Posizionati strategicamente in base alla mappatura acustica dell'area

2.3 | Protocollo di raccolta dati

I metodi per la raccolta e l'analisi dei dati sul paesaggio sonoro si basano sulla norma ISO 12913-1 [22], che fornisce una definizione e un quadro concettuale di paesaggio sonoro e ambiente sonoro e sulla norma ISO 12913-2 [23], che definisce gli aspetti relativi alla misurazione, pianificazione, progettazione e la gestione del paesaggio sonoro. La raccolta dati è stata articolata in due fasi principali:

Misurazione Oggettiva: Sono state effettuate misurazioni acustiche dei principali indicatori sonori, oltre al livello di pressione sonora SPL sono stati misurati i parametri psicoacustici per identificare le caratteristiche acustiche dominanti con variazioni di intensità a seconda delle aree considerate. (Loudness, Sharpness, Roughness, Fluctuation Strength).

L'attività di misurazione è stata svolta con l'ausilio di attrezzature e dispositivi dedicati: Testa binaurale B&K type 4100; Sistema multicanale portatile Soundbook (8 canali); Software SAMURAI per l'elaborazione dati.

Valutazione Soggettiva: Per comprendere come le persone percepiscono e interagiscono con l'ambiente sonoro della zona universitaria, abbiamo sfruttato la valutazione basata sulla realtà aumentata. Questo approccio ha permesso ai partecipanti di immergersi virtualmente negli spazi urbani oggetto di studio, superando i limiti delle tradizionali indagini basate su questionari statici.

Il test è stato somministrato a due gruppi distinti di partecipanti: da un lato gli utenti quotidiani dell'area, come studenti, docenti e residenti, dall'altro esperti del settore quali architetti, urbanisti e ingegneri. Attraverso una piattaforma online, i partecipanti hanno potuto esplorare virtualmente gli spazi urbani grazie all'integrazione di fotografie sferiche a 360° e registrazioni audio binaurali. Questa combinazione ha ricreato un'esperienza immersiva molto vicina alla realtà, permettendo ai partecipanti di muoversi virtualmente negli spazi e percepire l'ambiente sonoro come se fossero fisicamente presenti sul posto. Per ogni area di studio, i partecipanti hanno potuto esplorare liberamente l'ambiente virtuale, prestando particolare attenzione alle caratteristiche sonore del luogo. Sono stati invitati a valutare diversi aspetti dell'esperienza, come la piacevolezza dei suoni percepiti, even-

tuali elementi di disturbo, il senso di tranquillità trasmesso dall'ambiente e la coerenza tra gli elementi visivi e sonori.

Mappatura aree di quiete: Infine, per la mappatura delle aree di quiete oltre alla registrazione binaurale classica è stata anche utilizzata l'app Hush City, uno strumento che permette di identificare e valutare gli spazi urbani tranquilli attraverso la raccolta di dati acustici e feedback degli utenti. L'app consente di registrare livelli sonori, scattare foto, e raccogliere valutazioni qualitative sulle caratteristiche dell'ambiente sonoro.

3 | Risultati

3.1 | Risultati della caratterizzazione psicoacustica dell'area di studio

L'analisi psicoacustica nell'area universitaria di Pescara ha evidenziato pattern significativi nella distribuzione spaziale dei parametri acustici. Le misurazioni effettuate con la testa binaurale B&K type 4100 hanno permesso di valutare i quattro parametri psicoacustici fondamentali in quattro punti strategici (P1-P4).

Attraverso le misurazioni effettuate con la testa binaurale, sono stati valutati quattro parametri psicoacustici fondamentali: Loudness, Sharpness, Roughness e Fluctuation Strength.

In Tab. 1 i risultati delle misure effettuate nei 4 punti di interesse per i due canali destro (r) e sinistro (l).

Tab. 1 – Risultati delle misure binaurali (r=orecchio destro; l= orecchio sinistro)
Results of binaural measurements (r=right ear; l= left ear)

Grandezze	P1	P2	P3	P4
SPL (dBA)	60.9 (r) 59.9 (l)	66.9 (r) 69.9 (l)	62.7 (r) 64.0 (l)	65.4 (l) 66.8 (r)
Loudness (Sone)	20.27 (r) 18.74 (l)	25.09 (r) 40.49 (l)	19.49 (r) 34.53 (l)	26.17(r) 44.68 (l)
Sharpness (Acum)	1.51 (r) 1.39 (l)	1.50 (r) 1.65 (l)	1.58 (r) 1.67 (l)	1.61 (r) 1.60 (l)
Roughness (Asper)	0.33 (r) 0.41 (l)	0.31 (r) 0.25 (l)	0.76 (r) 0.78 (l)	0.28 (r) 0.32 (l)
Fluctation strenght (Vacil)	0.02 (r) 0.03 (l)	0.03 (r) 0.02 (l)	0.10 (r) 0.11 (l)	0.03 (r) 0.04 (l)

I risultati dell'analisi mostrano variazioni significative tra le diverse zone del campus. In particolare, l'area di Viale Pindaro ha evidenziato livelli di Loudness più elevati durante le ore di punta, correlati principalmente al traffico veicolare e alle attività degli studenti (valori più elevati nel punto P4 (44.68 sone, canale sinistro). La Sharpness ha mostrato picchi interessanti in corrispondenza degli ingressi principali, dove si concentra la maggior parte delle interazioni sociali (mostra una distribuzione relativamente uniforme (1.39-1.67 acum). La misura della Roughness ha, invece, permesso di identificare le zone più critiche dal punto di vista del comfort acustico, particolarmente evidenti nelle

aree di intersezione tra i flussi pedonali e veicolari (*evidenza picchi significativi nel punto P3 (0.76-0.78 asper)*). Il parametro Fluctuation Strength ha invece evidenziato la variabilità temporale del paesaggio sonoro, con oscillazioni più marcate nelle zone di aggregazione studentesca.

Per arricchire la caratterizzazione acustica e fornire una visione più completa della variabilità spaziale e temporale del soundscape, abbiamo integrato l'analisi con i descrittori percentili (Tab. 2). Questi descrittori, ampiamente utilizzati negli studi di soundscape urbano, permettono di caratterizzare rispettivamente il livello sonoro mediano e la variabilità dinamica dell'ambiente acustico [24,25]. I dati sono stati raccolti con misurazioni di 35 minuti in ciascun punto, durata adeguata per garantire la significatività statistica dei risultati.

Tab. 2 – Livelli percentili del SPL in dB(A) nei quattro punti di misurazione (r=orecchio destro; l=orecchio sinistro)
Percentile levels of SPL in dB(A) at the four measurement points (r=right ear; l=left ear)

Grandezze (dBA)	P1	P2	P 3	P4
L1	68.0 (r) 65.7 (l)	74.5 (r) 78.5 (l)	72.6 (r) 73.8 (l)	74.1 (r) 76.0 (l)
L10	64.1 (r) 63.3 (l)	71.0 (r) 73.5 (l)	67.7 (r) 68.5 (l)	70.4 (r) 72.5 (l)
L50	63.0 (r) 62.1 (l)	69.7 (r) 72.2 (l)	64.8 (r) 66.0 (l)	68.8 (r) 70.5 (l)
L90	59.7 (r) 58.9 (l)	65.5 (r) 68.4 (l)	59.6 (r) 62.4 (l)	61.8 (r) 62.7 (l)
L95	56.5 (r) 55.8 (l)	61.6 (r) 64.1 (l)	56.2 (r) 57.7 (l)	55.9 (r) 56.4 (l)
L99	55.8 (r) 55.0 (l)	60.7 (r) 62.7 (l)	55.1 (r) 56.4 (l)	54.3 (r) 54.8 (l)

La distribuzione spaziale dei parametri (Fig. 4) evidenzia come le aree a maggior criticità acustica coincidano con i punti di maggior flusso pedonale e veicolare. Questi risultati sono in linea con studi precedenti [26,27] che hanno evidenziato correlazioni simili in contesti universitari urbani.

Per quanto riguarda l'analisi soggettiva, 47 sono state le risposte ritenute valide dei partecipanti ai questionari. I risultati dell'indagine hanno rivelato che gli studenti sono stati gli utenti principali osservati (Fig. 5).

Riguardo alla valutazione dell'ambiente acustico, è emerso che i suoni prodotti dagli esseri umani e le fonti di rumore provenienti da costruzioni, industrie e macchinari pesanti sono stati predominanti in tutti e quattro i siti, generando una percezione di caos e confusione in termini di qualità del paesaggio sonoro (Figg. 6-7).

La qualità percepita del paesaggio sonoro mostra una correlazione interessante con i parametri psicoacustici misurati. Il punteggio medio di concordanza ambiente-suono (6.23/10) suggerisce un'accettabile ma migliorabile integrazione tra paesaggio sonoro e contesto urbano.

Tuttavia, la descrizione del paesaggio urbano è stata valutata da “Molto brutto” a “Molto bello”, ottenendo un punteggio di 2,81 su una scala da uno a cinque.

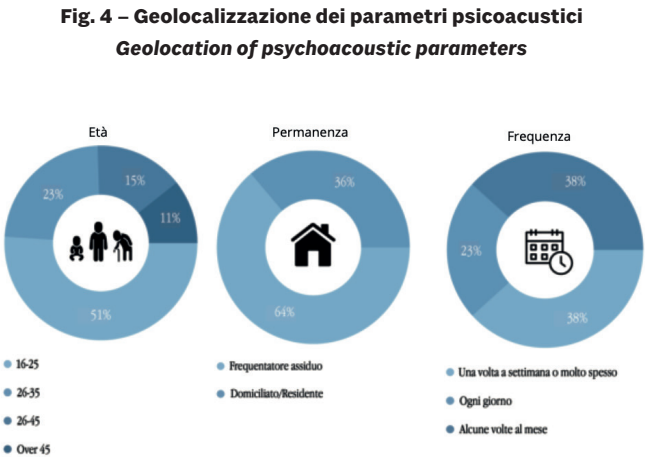
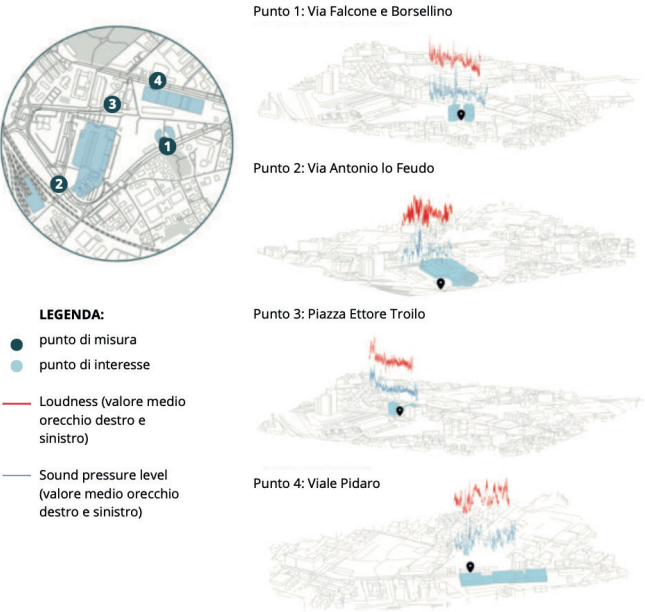


Fig. 5 – Distribuzione percentuale delle caratteristiche soggettive dei partecipanti al test
Percentage distribution of the subjective characteristics of the test participants

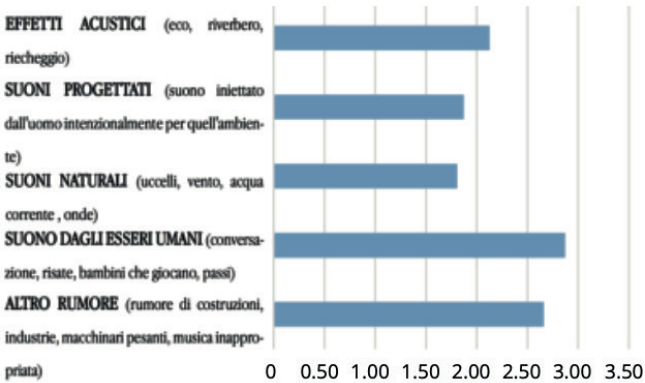


Fig. 6 – Differenziazione dei vari tipi di sorgente sonora percepita
Differentiation of the various types of perceived sound sources

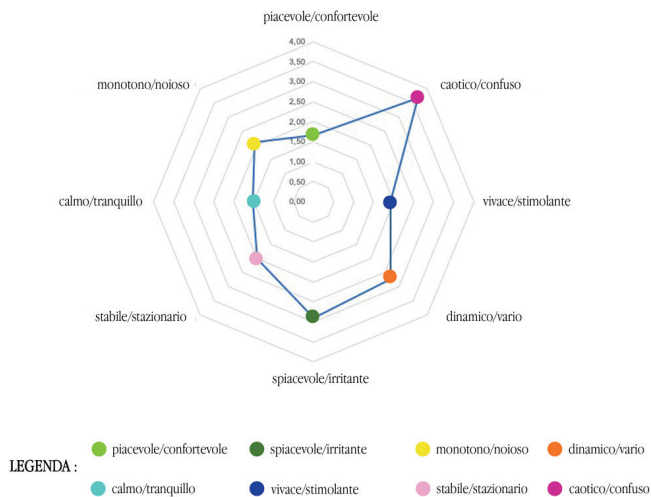


Fig. 7 – Qualità effettiva percepita del paesaggio sonoro
Perceived actual quality of the sound landscape

3.2 | Confronto tra qualità acustica oggettiva e percezione soggettiva

Per determinare l'influenza dei parametri acustici misurati sulla percezione soggettiva, abbiamo calcolato le correlazioni lineari tra i valori normalizzati di SPL, Loudness, Roughness e Fluctuation e le valutazioni di piacevolezza (Pleasant) e calma (Calm).

Dall'analisi emergono alcune tendenze significative (Fig. 8):

- SPL (Livello di Pressione Sonora) è l'unico parametro con un effetto statisticamente significativo ($p = 0.0403$), indicando una relazione importante tra SPL e percezione soggettiva. L'effetto è positivo, il che suggerisce che all'aumentare di SPL, la percezione soggettiva varia in modo significativo.
- Loudness e Sharpness non risultano statisticamente significativi ($p > 0.05$), suggerendo che il loro impatto diretto sulla percezione soggettiva non è fortemente determinante nei dati analizzati.
- Roughness e Fluctuation sono stati esclusi dal modello a causa di problemi di collinearità o dipendenza lineare con gli altri parametri, il che indica che non aggiungono informazioni uniche nel contesto del dataset disponibile.

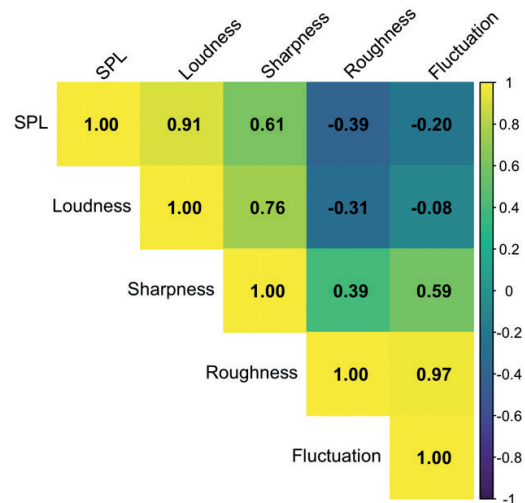


Fig. 8 – Correlazioni lineari, alcuni risultati degni di nota:
 $R^2 = 0.8623$; Adjusted $R^2 = 0.759$; F-statistic = 8.35 ($p = 0.03387$)

Linear correlations, some noteworthy results: $R^2 = 0.8623$; Adjusted $R^2 = 0.759$; F-statistic = 8.35 ($p = 0.03387$)

Ad integrazione dell'analisi delle correlazioni basata sui parametri psicoacustici, abbiamo esaminato la significatività statistica dei descrittori percentili del livello sonoro, particolarmente rilevanti nell'analisi del soundscape. La Fig. 9 presenta una rappresentazione grafica della distribuzione dei livelli percentili nei quattro punti di misurazione.

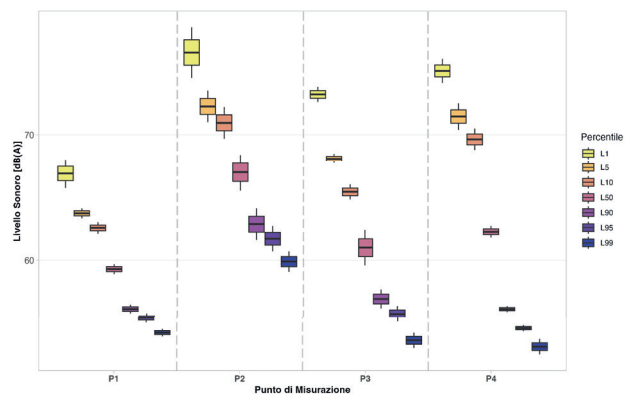


Fig. 9 – Box plot dei livelli percentili SPL nei quattro punti di misurazione

Box plot of the SPL percentile levels in the four measuring points

L'analisi di significatività dei descrittori percentili ha evidenziato:

- Livello mediano L50: i valori di L50 variano significativamente tra i punti di misurazione ($p < 0.01$), con il punto P2 (67.0 dBA) che si distingue nettamente dagli altri punti. La differenza tra P2 e P1 (59.3 dBA) è particolarmente marcata (7.7 dBA) e statisticamente significativa. Il livello L50, rappresentando il valore mediano, fornisce un'indicazione robusta del "clima acustico tipico" di ciascuna area, risultando complementare all'SPL medio nelle analisi di correlazione.
- Variabilità dinamica L10-L90: questo descrittore mostra differenze altamente significative tra i punti ($p < 0.005$),

con il punto P4 che presenta un valore (13.5 dBA) più che doppio rispetto a P1 (6.4 dBA). Tale differenza è particolarmente importante poiché valori elevati di L10-L90 sono associati ad ambienti sonori con maggiori fluttuazioni temporali, aspetto che non emerge dall'analisi dell'SPL medio. L'analisi ha rivelato correlazioni significative tra:

- L50 e Loudness ($r = 0.89, p < 0.01$), confermando la forte relazione tra livello sonoro mediano e percezione di intensità sonora;
- L10-L90 e Fluctuation Strength ($r = 0.76, p < 0.05$), evidenziando come la variabilità temporale del livello sonoro sia correlata alla percezione delle modulazioni sonore.

3.3 | Indice di qualità acustica

Questi risultati hanno guidato l'assegnazione dei pesi nell'SQI [28], in modo che i parametri con un'influenza maggiore sulla percezione del comfort acustico abbiano un impatto più significativo sulla valutazione complessiva.

Si è quindi definito un Indice di Qualità Acustica basato sulla combinazione ponderata dei parametri oggettivi, con pesi assegnati in base alla loro influenza sulla percezione del comfort acustico, come in Eq. (1):

$$SQI = (1 - SPL) \times 0.3 + (1 - Loudness) \times 0.3 + (1 - Roughness) \times 0.2 + (1 - Fluctuation) \times 0.2 \quad (1)$$

Dove un valore più alto indica una qualità acustica migliore. Per rappresentare graficamente il confronto tra qualità acustica e percezione soggettiva, abbiamo creato un grafico in Fig. 10 con punti blu per l'Indice di Qualità Acustica e punti rossi per le valutazioni soggettive (piacevolezza). I punti sono posizionati lungo l'asse orizzontale, che rappresenta gli indici normalizzati, mentre l'asse verticale indica i punti di misurazione.

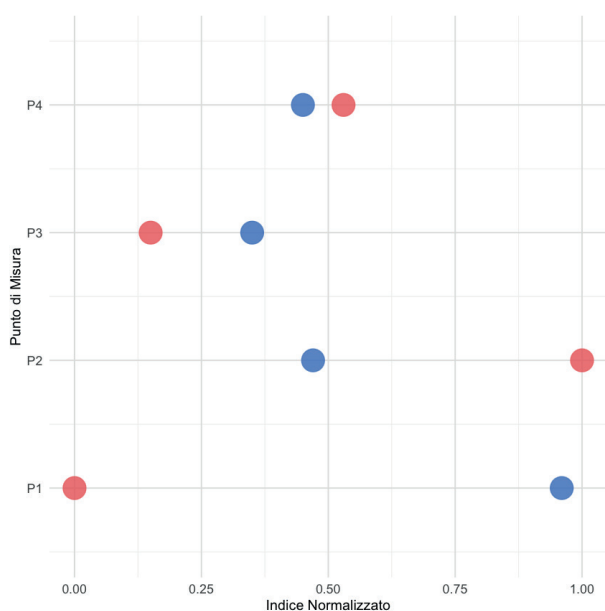


Fig. 10 – Qualità effettiva percepita del paesaggio sonoro
Perceived actual quality of the soundscape

3.4 | Risultati della mappatura delle aree di quiete

La caratterizzazione delle aree di quiete è stata condotta attraverso un approccio metodologico duale, combinando le misurazioni tradizionali mediante testa binaurale con il rilevamento partecipativo attraverso l'app Hush City.

Questa integrazione ha permesso di ottenere una comprensione più completa delle caratteristiche acustiche delle aree studiate.

Le app mobili sono sempre più sviluppate come strumenti partecipativi nei progetti di Citizen science dedicati al rumore ambientale. Tuttavia, sono meno comuni quelle destinate all'identificazione e alla valutazione delle aree silenziose. L'app gratuita di Citizen science Hush City [29], inventata dalla Dr. Arch. Antonella Radicchi nel 2015 e poi sviluppato presso l'Università Tecnica di Berlino nell'ambito dei progetti: Beyond the Noise: Open Source Soundscapes (2016-18, prima versione dell'app mobile Hush City) e Hush City Mobile Lab (2018-20, seconda versione dell'app mobile Hush City e prima versione dell'app basata sul web) lanciata nel 2017, permette agli utenti di creare una mappa ad accesso aperto delle aree tranquille, influenzando così piani e politiche per una vita più sana.

In Fig. 11 è riportato il workflow dell'app per il caso di studio in esame.

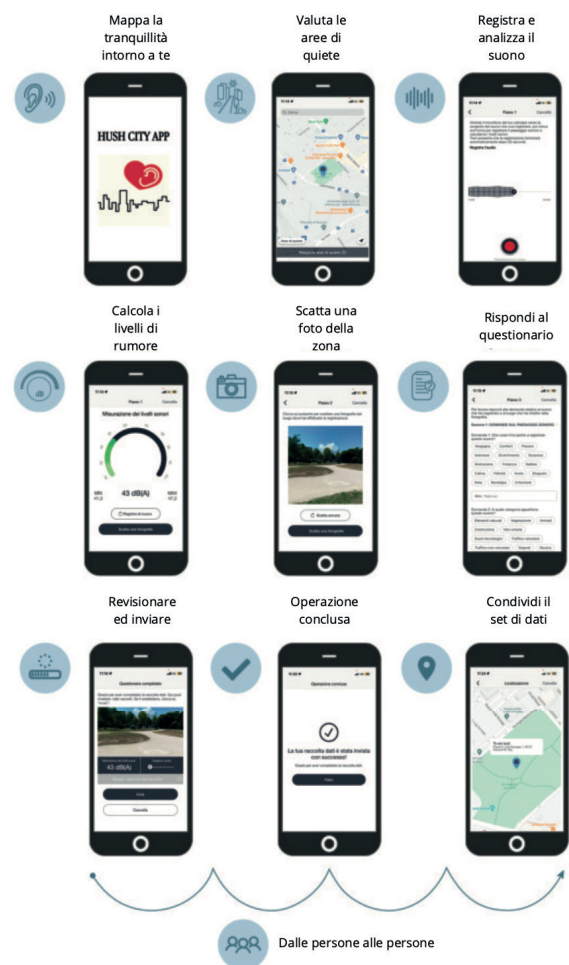


Fig. 11 – Workflow dell'app Hush city map
Workflow of the Hush city map app

Parallelamente è stato effettuato un soundwalk (Fig. 12), metodo che consiste nel camminare in un'area prestando particolare attenzione all'ambiente sonoro. Durante questa esperienza, ogni membro del gruppo ha individuato punti di valutazione all'interno del Parco ex Caserma Di Cocco.



Fig. 12 – Soundwalk e acquisizione binaurale in situ
Soundwalk and binaural in situ acquisition

Utilizzando l'app mobile, è stato possibile raccogliere dati sia qualitativi che quantitativi sulle aree tranquille attraverso un processo in quattro fasi sequenziali. Gli utenti hanno iniziato con una registrazione audio di 30 secondi, calcolando i livelli di pressione sonora, hanno scattato una foto della zona tranquilla e risposto a un questionario. Dopo aver completato queste fasi, i dati sono stati inviati e collegati in tempo reale a una mappa web ad accesso aperto. Il questionario, composto da 20 domande predefinite, esplora vari fattori che influenzano l'esperienza ambientale.

Una volta inviati tramite l'app mobile, i dati sono stati georeferenziati e contrassegnati con data e ora in tempo reale sulla mappa di Hush City.

La Fig. 13 mostra i risultati della mappatura effettuata mediante la mobile app.

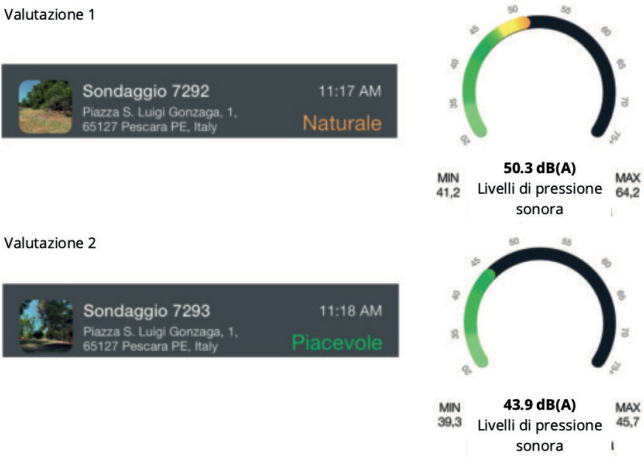


Fig. 13 – Risultati della Mappatura acustica con Hush city map
Noise mapping results with Hush city map

Le misurazioni binaurali nelle aree di quiete identificate mostrano valori di SPL intorno ai 45 dBA, con parametri psico-acustici che suggeriscono un ambiente sonoro relativamente stabile e piacevole.

Di seguito si riportano i valori tabellati (Tab. 3) relativi alle misurazioni effettuate in situ con la testa binaurale.

Tab. 3 – Risultati delle misure binaurali
(r=orecchio destro; l= orecchio sinistro)
Results of binaural measurements (r=right ear; l= left ear)

	Loud-ness (Phone)	Sharpness (Acum)	Roughness (Asper)	Fluctuation strenght (Vacil)
Right	72.91	1.22	0.41	0
left	72.74	1.31	0.46	0

3.5 | Benefici ambientali e sociali della riprogettazione

L'analisi del soundscape urbano ha evidenziato come la qualità sonora degli spazi urbani influenzi significativamente il benessere e l'utilizzo degli spazi pubblici. In particolare, le aree con elevati livelli di rumore sono risultate associate a una minore percezione di comfort acustico e benessere psicologico, mentre quelle caratterizzate da suoni naturali e livelli di rumore più contenuti sono state valutate più positivamente.

Sulla base di questi risultati e nell'ambito del progetto del nuovo campus Pindaro, concepito come un'infrastruttura sostenibile e multifunzionale volta a favorire un ambiente più verde e rilassante, sono state sviluppate proposte progettuali mirate.

Questo percorso, oltre a fungere da corridoio acustico e visivo, contribuisce a ridurre l'impatto del rumore e a migliorare la qualità acustica urbana. Il percorso inizia dall'università e

si snoda attraverso il tribunale, le aree di edilizia popolare, fino a giungere al Parco ex Caserma Di Cocco, punto di riferimento per la comunità. Questo collegamento facilita la mobilità e offre nuove opportunità di relax e interazione con la natura grazie alla passeggiata sonora e alle aree di quiete che non solo offrono un'esperienza estetica, ma contribuiscono anche al benessere psico-fisico dei visitatori, riducendo lo stress e migliorando l'umore.

In Fig. 14 si dimostra come l'integrazione consapevole degli aspetti acustici nella pianificazione urbana possa contribuire significativamente al miglioramento della qualità della vita nel contesto universitario.



Fig. 14 – Mappa del corridoio verde con indicazione dei punti di interesse e delle aree di quiete

Map of the greenway showing points of interest and quiet areas

I risultati della mappatura delle aree di quiete attraverso Hush City hanno evidenziato il potenziale di mitigazione acustica del verde urbano, supportando l'approccio progettuale del corridoio verde. L'integrazione di elementi naturali e la creazione di zone buffer tra aree trafficate e spazi di studio si allinea con le best practice internazionali per il miglioramento del comfort acustico in ambito universitario.

Questo percorso sonoro è inoltre arricchito da installazioni che integrano suoni naturali e artistici, offrendo un'esperienza di immersione totale nella natura. Gli utenti potranno godere di suoni rilassanti come il canto degli uccelli, il fruscio delle foglie e l'acqua che scorre, favorendo la meditazione e il benessere mentale. All'interno del parco sono state mappate specifiche aree di quiete, create per offrire agli studenti e ai cittadini luoghi dove poter rilassarsi, studiare o semplicemente riflettere. Queste aree sono dotate di panchine ergonomiche, ombreggiature naturali e installazioni artistiche che favoriscono il relax e la contemplazione.

I risultati della ricerca hanno chiaramente evidenziato come la riqualificazione urbana debba andare oltre gli aspetti estetici e funzionali per includere anche la gestione e l'ottimizzazione del paesaggio sonoro. L'integrazione del soundscape nei processi di riqualifica non solo migliora l'esperienza percettiva degli spazi urbani, ma può anche avere un impatto positivo sul benessere psicofisico dei cittadini. L'attenzione ai dettagli acustici è fondamentale per creare

ambienti più vivibili e accoglienti, dove il rumore non viene semplicemente ridotto, ma l'intero ambiente sonoro viene armonizzato e valorizzato. In particolare, la riqualificazione del corridoio verde rappresenta un esempio concreto di come la progettazione urbana possa integrare attivamente il paesaggio sonoro per migliorare la qualità della vita. Le ricerche future potrebbero approfondire l'impatto di specifici interventi sonori ed esplorare l'impiego di tecnologie avanzate per la mappatura e la gestione del soundscape urbano.

4 | Conclusioni

Nel corso di una ricerca approfondita sulla valutazione del paesaggio sonoro nella zona universitaria di Pescara, è stato attentamente esplorato l'ambiente acustico che circonda questa vivace area. La sinfonia di suoni, sia naturali che artificiali, che caratterizza questo contesto ha rivelato un quadro affascinante e complesso, capace di creare un'atmosfera unica e dinamica. Tuttavia, è emerso chiaramente che l'eccesso di rumore può avere un impatto significativo sulla salute e sul benessere delle persone. Un aspetto cruciale della ricerca è stata l'importanza attribuita ai test soggettivi, che hanno permesso di raccogliere preziose risposte dirette dai residenti e dagli utenti della zona universitaria. Queste valutazioni soggettive hanno fornito una prospettiva indispensabile sul modo in cui l'ambiente sonoro viene percepito da chi lo vive quotidianamente. Le risposte ottenute hanno rivelato una gamma di esperienze e percezioni, evidenziando come il rumore possa influire non solo sul benessere fisico, ma anche su quello psicologico. Questi feedback hanno messo in luce l'importanza di un approccio partecipativo nella gestione del paesaggio sonoro, coinvolgendo la comunità nella definizione delle priorità e delle soluzioni. Le valutazioni soggettive, unite a quelle oggettive, hanno sottolineato la necessità di adottare soluzioni innovative per migliorare la qualità del paesaggio sonoro urbano. Attraverso interventi di pianificazione urbana e l'implementazione di misure di mitigazione acustica, è possibile trasformare l'area in uno spazio più armonioso e accogliente per tutti.

In conclusione, questa ricerca non solo sottolinea l'importanza della tutela del paesaggio sonoro urbano, ma evidenzia anche il potenziale trasformativo che interventi mirati e innovativi possono avere nell'ottimizzazione dell'ambiente acustico. Invita a una maggiore consapevolezza e azione per creare comunità più attente al benessere di chi le abita creando un equilibrio armonioso tra i suoni della città, affinché diventino un'esperienza piacevole per l'udito e un conforto per l'anima.

Conclusions

During an in-depth research on soundscape evaluation in the university area of Pescara, the acoustic environment surrounding this vibrant area was carefully explored. The symphony of sounds, both

natural and artificial, that characterizes this context has revealed a fascinating and complex picture, capable of creating a unique and dynamic atmosphere. However, it has clearly emerged that excess noise can significantly impact people's health and well-being.

A crucial aspect of the research was the importance attributed to subjective tests, which allowed for collecting valuable direct responses from residents and users of the university area. These subjective evaluations provided an indispensable perspective on how the sound environment is perceived by those who experience it daily. The responses obtained revealed a range of experiences and perceptions, highlighting how noise can affect not only physical well-being, but also psychological well-being.

This feedback highlighted the importance of a participatory approach in soundscape management, involving the community in defining priorities and solutions. Subjective evaluations, combined with objective ones, emphasized the need to adopt innovative solutions to improve the quality of the urban soundscape. Through urban planning interventions and the implementation of acoustic mitigation measures, it is possible to transform the area into a more harmonious and welcoming space for everyone.

In conclusion, this research not only emphasizes the importance of protecting the urban soundscape but also highlights the transformative potential that targeted and innovative interventions can have in optimizing the acoustic environment. It calls for greater awareness and action to create communities more attentive to the well-being of their inhabitants, creating a harmonious balance between the sounds of the city, so that they become a pleasant experience for the ear and a comfort for the soul.

Bibliografia

- [1] A. Radicchi, P. Cevikayak Yelmi, A. Chung, P. Jordan, S. Stewart, A. Tsiligopoulos, L. McCunn, M. Grant, Sound and the healthy city, *Cities and Health* 5 (2021) 1–13. <https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1821980>.
- [2] A. Tsiligopoulos, Y.G. Matsinos, Approaching Quietness as an Urban Sustainability Opportunity, *Environments - MDPI* 9 (2022). <https://doi.org/10.3390/environments9020012>.
- [3] F. D'Alessandro, L. Evangelisti, C. Guattari, G. Grazieschi, F. Orsini, Influence of visual aspects and other features on the soundscape assessment of a university external area, *Building Acoustics* 25 (2018) 199–217. <https://doi.org/10.1177/1351010X18778759>.
- [4] J. Liu, J. Kang, H. Behm, T. Luo, Effects of landscape on soundscape perception: Soundwalks in city parks, *Landscape and Urban Planning* 123 (2014) 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.003>.
- [5] R.M. Rehan, The phonic identity of the city urban soundscape for sustainable spaces, *HBRC Journal* 12 (2016) 337–349. <https://doi.org/10.1016/j.hbrj.2014.12.005>.
- [6] H. Booi, F. van den Berg, Quiet areas and the need for quietness in Amsterdam, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 9 (2012) 1030–1050. <https://doi.org/10.3390/ijerph9041030>.
- [7] K. Vogiatzis, N. Rémy, Changing the urban sound environment in greece: a guide based on selected case studies of strategic noise maps (Snm) and noise action plans (nap) in medium and large urban areas, *Environments - MDPI* 5 (2018) 1–19. <https://doi.org/10.3390/environments5060064>.
- [8] J. Liu, Y. Wang, C. Zimmer, J. Kang, T. Yu, Factors associated with soundscape experiences in urban green spaces: A case study in Rostock, Germany, *Urban Forestry and Urban Greening* 37 (2019) 135–146. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.11.003>.
- [9] A. Gidlöf-Gunnarsson, E. Öhrström, Attractive “quiet” courtyards: A potential modifier of urban residents' responses to road traffic noise?, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7 (2010) 3359–3375. <https://doi.org/10.3390/ijerph7093359>.
- [10] Murray Schafer R., *The new soundscape*, 1969.
- [11] L. Cassina, L. Fredianelli, I. Menichini, C. Chiari, G. Licitra, Audio-visual preferences and tranquillity ratings in urban areas, *Environments - MDPI* 5 (2018) 1–17. <https://doi.org/10.3390/environments5010001>.
- [12] F. Aletta, T. Oberman, A. Mitchell, H. Tong, J. Kang, Assessing the changing urban sound environment during the COVID-19 lockdown period using short-term acoustic measurements, *Noise Mapping* 7 (2020) 123–134. <https://doi.org/10.1515/noise-2020-0011>.
- [13] M. Erfanian, A.J. Mitchell, J. Kang, F. Aletta, The Psychophysiological Implications of Soundscape: A Systematic Review of Empirical Literature and a Research Agenda, *IJERPH* 16 (2019) 3533. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193533>.
- [14] Adams M., Bruce, N., Davies, W., Cain, W., Jennings, P., Carlyle, P., Cusack, P., Hume, K., Plack, C., *SOUNDWALKING AS METHODOLOGY FOR UNDERSTANDING SOUNDSCAPES*, Acoustics Research Centre, University of Salford, Salford, UK 30 (2008) 131–35.
- [15] Legge quadro sull'inquinamento acustico, 1995.
- [16] DPCM14 novembre 1997-Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore., 1997.
- [17] G. Cerwén, F. Mossberg, Implementation of quiet areas in Sweden, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (2019). <https://doi.org/10.3390/ijerph16010134>.
- [18] Z. Allam, S.E. Bibri, D. Chabaud, C. Moreno, The ‘15-Minute City’ concept can shape a net-zero urban future, *Humanities and Social Sciences Communications* 9 (2022) 1–5.
- [19] S. Di Loreto, F. Serpilli, V. Lori, Soundscape Approach in the Seaport of Ancona: A Case Study, *Acoustics* 4 (2022) 492–516. <https://doi.org/10.3390/acoustics4020031>.
- [20] J.-Y. Hong, K.H. Chong, Designing Public Soundscapes through Social Architecture and Soundscape Approaches: Reflective Review of Architectural Design Studio, *Sustainability* 15 (2023). <https://doi.org/10.3390/su151612399>.
- [21] Y. Hasegawa, S.-K. Lau, C.K. Chau, Potential mutual efforts of landscape factors to improve residential soundscapes in compact urban cities, *Landscape and Urban Planning* 227 (2022) 104534. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104534>.
- [22] International standard ISO, Acoustics — Soundscape — Part 1: Definition and conceptual framework, International Organization for Standardization, 2014. www.iso.org/standard/52161.html.
- [23] International standard ISO, Acoustics — Soundscape — Part 2: Data collection and reporting requirements, International Organization for Standardization, 2018. www.iso.org/standard/75267.html.
- [24] M.S. Engel, A. Fiebig, C. Pfaffenbach, J. Fels, A Review of the Use of Psychoacoustic Indicators on Soundscape Studies, *Current Pollution Reports* 7 (2021) 359–378. <https://doi.org/10.1007/s40726-021-00197-1>.

- [25] G. Brambilla, V. Gallo, G. Zambon, The Soundscape Quality in Some Urban Parks in Milan, Italy, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 10 (2013) 2348–2369. <https://doi.org/10.3390/ijerph10062348>.
- [26] Q. Liang, S. Lin, L. Wang, F. Yang, Y. Yang, The Impact of Campus Soundscape on Enhancing Student Emotional Well-Being: A Case Study of Fuzhou University, *Buildings* 15 (2025). <https://doi.org/10.3390/buildings15010079>.
- [27] X. Lu, G. Li, X. Song, L. Zhou, G. Lv, Concept, Framework, and Data Model for Geographical Soundscapes, *ISPRS International Journal of Geo-Information* 14 (2025). <https://doi.org/10.3390/ijgi14010036>.
- [28] S. Di Loreto, F. Serpilli, V. Lori, Methods for product sound design: a correlation between annoyance and sound quality of noise emitted by household appliances, in: 2022. www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85147440744&partnerID=40&md5=130fcd14cd3d22efcd26b1c70485dcc1.
- [29] R.M. Alsina-Pagès, G.J. Ginovart-Panisello, M. Freixes, A. Radicchi, A soundwalk in the heart of poble nou superblock in barcelona: Preliminary study of the acoustic events, *Noise Mapping* 8 (2021) 207–216. <https://doi.org/10.1515/noise-2021-0016>.

