

Effetti non uditivi dell'esposizione al rumore e controllo del rischio di infortuni correlati: obiettivi del progetto BRiC Inail 2024 ID-7

Arianna Astolfi^{a*} | Francesco Asdrubali^b | Sergio Luzzi^c | Nicola Mucci^d |
Pietro Nataletti^e | Federica Piras^f | Federico Rossi^g | Simone Secchi^h

^a DENERG Politecnico di Torino,
Corso Duca degli Abruzzi, 24, 10129 Torino (TO)

^b SUSI Università per Stranieri,
Piazza Braccio Fortebraccio, 4,
06123 Perugia (PG)

^c Vie en.ro.se. Ingegneria,
Viale Belfiore, 36, 50144 Firenze (FI)

^d DMSC Università di Firenze,
Largo Giovanni Alessandro Brambilla, 3,
50134 Firenze (FI)

^e DIMEILA Inail,
Via del Santuario Regina degli Apostoli, 33,
00145 Roma (RM)

^f Fondazione Santa Lucia IRCCS,
Via Ardeatina, 306/354, 00179 Roma (RM)

^g CIRIAF Università di Perugia,
Via Goffredo Duranti, 67, 06125 Perugia (PG)

^h DIDA Università di Firenze,
Via della Mattonaia, 8, 50121 Firenze (FI)

* Autore di riferimento:
arianna.astolfi@polito.it

Ricevuto: 25/2/2026

Accettato: 25/3/2026

DOI: 10.3280/ria2026oa22998

ISSNe: 2385-2615

L'articolo presenta gli obiettivi e le metodologie di indagine di una ricerca finanziata da INAIL nell'ambito dei progetti di ricerca in collaborazione (BRiC) relativa agli effetti extrauditivi del rumore negli ambienti scolastici, universitari ed ospedalieri.

Molte ricerche mettono in evidenza gli effetti non uditivi del rumore sugli individui ma il quadro regolamentare e le conoscenze ad oggi disponibili per limitare questi effetti negli ambienti non residenziali sono tuttora scarsi. La ricerca intende colmare questa lacuna con il coinvolgimento di cinque unità di ricerca da quattro atenei italiani e da un istituto di ricovero e cura a carattere scientifico e con la partecipazione di diverse scuole, università e strutture sanitarie distribuite sul territorio nazionale.

Parole chiave: effetti extrauditivi, scuole, università, ospedali, sforzo fonatorio, comfort acustico

Non-auditory effects of noise exposure and control of related accident risks: objectives of the BRiC Inail 2024 ID-7 project

The paper presents the objectives and research methodologies of a study funded by the Italian Institute for Insurance against Accidents at Work (INAIL) as part of collaborative research projects (BRiC) on the extra-auditory effects of noise in schools, universities and hospitals.

Many studies highlight the non-auditory effects of noise on individuals, but the regulatory framework and knowledge currently available to limit these effects in non-residential environments are still scarce. The research aims to fill this gap with the involvement of five research units from four Italian universities and a scientific hospital and treatment institute, and with the participation of various schools, universities and healthcare facilities throughout the country.

Keywords: extra-auditory effects, schools, universities, hospitals, vocal effort, acoustic comfort

1 | Introduzione

Gli effetti non uditivi del rumore sono considerati un rischio emergente nei luoghi di lavoro e non solo. Numerosi studi hanno già dato evidenza alla correlazione tra esposizione al rumore e effetti cardiovascolari, disturbi metabolici e disfunzioni cognitive, oltre che affaticamento, stress, insonnia: studi recenti riportano l'aumento del rischio di demenza e relazione tra esposizione al rumore e ritiro sociale.

I danni alla salute, le malattie professionali e gli incidenti indotti che ne derivano sono una questione rilevante di ricerca applicata per acustici e igienisti del lavoro. Su questa tematica INAIL ha finanziato il progetto di ricerca interuniversitario BRiC (Bando di Ricerca in Collaborazione) 2024 ID 07 che coinvolge nella collaborazione con il dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale dell'INAIL, vari dipartimenti di quattro atenei italiani. Dopo il kick off meeting di presentazione del progetto, svoltosi a Roma il 6 febbraio 2025, le fasi di attua-

zione hanno preso avvio il 1° aprile 2025 e si svilupperanno nell'arco di 24 mesi.

Obiettivo del progetto di ricerca è la messa a punto di linee guida INAIL per il miglioramento della qualità acustica degli spazi scolastici, universitari e ospedalieri con azioni e interventi volti a ridurre i livelli di rischio sul personale e l'elaborazione di un data base di dati acustici rilevati nelle varie tipologie di ambienti. Il data base sarà uno strumento dinamico implementabile in continuo con nuovi dati raccolti dai partner del progetto o da altri tecnici interessati a contribuire alla ricerca.

L'auspicio è che le linee guida e gli altri materiali prodotti nell'ambito della ricerca possano da un lato diventare un documento operativo per chi vorrà valutare il rischio da esposizione in modo completo senza trascurarne gli effetti non uditivi e dall'altro la base scientifica per una necessaria modifica del D.Lgs. 81/2008 che integri il capo II del Titolo VIII menzionando anche questi aspetti valutativi del rischio rumore.

2 | I partner della ricerca

Nel progetto di ricerca, che vede la partecipazione di cinque unità operative che afferiscono ai Dipartimenti di Energia del Politecnico di Torino (capofila), di Scienze Umane e Sociali Internazionali dell'Università per Stranieri di Perugia, di Architettura e di Medicina Sperimentale e Clinica dell'Università di Firenze, nonché al Centro Interuniversitario sugli Agenti Fisici dell'Università di Perugia e all'Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico della Fondazione Santa Lucia di Roma, saranno sviluppati studi approfonditi ed innovativi sugli effetti non uditivi dell'esposizione al rumore in scuole, università e ospedali e si valuterà il rischio di incidenti e infortuni correlati.

3 | Obiettivi e metodi

L'obiettivo generale del progetto è approfondire e completare quanto già scaturito dall'attività di ricerca svolta dal precedente BRiC INAIL 2019 ID 14, conclusosi nel 2023, relativo al solo contesto scolastico, estendendo l'ambito di indagine ad altri ambienti lavorativi in cui la qualità acustica è fondamentale, come le aule universitarie e gli ambienti ospedalieri.

Nel precedente progetto BRiC sono state considerate le tipologie di scenari tipiche delle scuole primarie e secondarie (aula, laboratorio, auditorium, palestra, area comune, refettorio e spazio esterno) e si è proceduto a definire e implementare un protocollo di indagine, utilizzabile anche in future ricerche. Questo ha permesso di misurare e calcolare in modo omogeneo e confrontabile i parametri acustici più appropriati per valutare le caratteristiche acustiche delle diverse tipologie di ambienti scolastici, vuoti e occupati, e i livelli di sforzo vocale degli insegnanti [1, 2].

I valori dei parametri misurati e calcolati sono stati correlati con le valutazioni soggettive della qualità degli spazi, effettuate attraverso la somministrazione dei questionari a studenti e insegnanti, con domande incentrate sulla percezione del comfort acustico e sull'indicazione delle sorgenti considerate più fastidiose e sullo sforzo vocale necessario per lo svolgimento dell'attività didattica.

In Tab. 1 è rappresentata in forma schematica la struttura dei dati raccolti nel BRiC INAIL 2019 ID 14 che saranno utilizzati e integrati nel nuovo progetto. Si completerà lo studio negli ambienti scolastici (dove si supereranno le limitazioni all'epoca legate alla pandemia) e si studieranno ex novo gli ambienti universitari e ospedalieri.

Nel nuovo progetto di ricerca lo studio delle patologie non uditive fisiologiche, psicologiche e comportamentali insieme ai risultati delle molte indagini in programma porterà a una catalogazione delle patologie stesse e degli infortuni indotti, producendo uno specifico database delle correlazioni che andrà a integrare le raccolte di dati già in possesso di INAIL.

Tab. 1 – Tipologie di ambienti e di analisi effettuate nel BRiC INAIL 2019 ID 14. D = docenti; S = studenti

Types of environments and analyses carried out in the BRiC INAIL 2019 ID 14. D = teachers; S = students

	scenario	Mis. amb. non occ.	Mis. amb. occ.	Mis. paes. sonoro	sforzo vocale	Questionari
scuola dell'infanzia	S1 aula	o	o		D	D
	S2 lab.	o	o			D
	S3 aula magna poliv.	o	o			D
	S4 pal.	o	o		D	D
	S5 spazio com.	o	o			
	S6 refett.	o	o			
	S7 spazio est.	o		o		D
scuola primaria	S1 aula	o	o		D	S + D
	S2 lab.	o	o			S + D
	S3 aula magna poliv.	o	o			S + V
	S4 pal.	o	o		D	S + D
	S5 spazio com.	o	o			S
	S6 refett.	o	o			S
	S7 spazio esterno	o		o		S + D
scuola secondaria	S1 aula	o	o		D	S + D
	S2 lab.	o	o			S + D
	S3 aula magna poliv.	o	o			S + D
	S4 pal.	o	o		D	S + D
	S5 spazio com.	o	o			S
	S6 refett.	o	o			S
	S7 spazio esterno	o		o		S + D

In estrema sintesi gli ambiti di ricerca si possono così elencare:

1. Aspetti forensi di danno e di responsabilità derivanti da fattispecie e casistiche non uditive in ambito civile, penale e di diritto del lavoro.
2. Completamento dell'analisi post-pandemia negli edifici scolastici considerando l'esposizione al rumore e gli effetti su comportamento degli allievi e reazioni dei docenti.
3. Applicazione e adattamento del protocollo d'indagine definito per gli spazi didattici agli edifici universitari che presentano caratteristiche e dimensioni differenti.
4. Definizione delle problematiche di rumore e degli effetti non uditivi negli ambienti ospedalieri dove è crescente l'interesse per la qualità acustica e per il comfort come elemento di cura e di performance delle equipe mediche [3].

5. Aspetti clinici ed epidemiologici intesi anche come controllo del rischio di infortuni correlati alla rumorosità degli ambienti.
6. Esposizione lavorativa al rumore e declino cognitivo allo scopo di integrare le scarse evidenze sperimentali sull'eventuale effetto di mediazione/moderazione dell'esposizione nel corso della vita lavorativa sulla relazione tra età, riserva neuronale e funzionamento cognitivo [4].

In Tab. 2 sono descritti gli obiettivi e le tipologie di ambienti analizzati nell'ambito del BRiC 2024.

Tab. 2 – Obiettivi e ambienti che saranno analizzati nel BRiC INAIL 2024 ID 07

Objectives and environments to be analysed in BRiC INAIL 2024 ID 07

Obiettivo	Descrizione
Obiettivo specifico 1 Aspetti forensi	Definizione degli aspetti di danno e di responsabilità derivanti da problematiche di rumore che generano effetti extra-uditivi.
Obiettivo specifico 2 Ambienti scolastici	Revisione e implementazione del protocollo di indagine definito nel Progetto BRIC INAIL 2019 ID 14. Applicazione del protocollo a ulteriori casi studio.
Obiettivo specifico 3 Ambienti universitari	Implementazione di un protocollo di indagine agli atenei e analisi di casi studio.
Obiettivo specifico 4 Ambienti ospedalieri	Implementazione di un protocollo di indagine agli ambienti ospedalieri e analisi di casi studio.
Obiettivo specifico 5 Indagine su disturbi vocali	Indagine sui disturbi della voce riconosciuti come conseguenza di lavoro caratterizzato da sforzi vocali prolungati in ambienti spesso non acusticamente adeguati (indagine svolte negli ambienti scolastici e universitari).
Obiettivo specifico 6 Esposizione lavorativa al rumore e declino cognitivo	Studio di evidenze che associano il rumore a cardiopatia ischemica, ictus, disturbi metabolici e disfunzioni cognitive, sostenendo che esso possa aumentare il rischio di demenza.
Obiettivo specifico 7 Database degli ambienti scolastici	Creazione di database di dati nazionali oggettivi e soggettivi relativi all'acustica negli ambienti scolastici.
Obiettivo specifico 8 Database di pazienti con sviluppo di declino cognitivo e demenza	Creazione di un database contenente dati sperimentali da studi nazionali ed internazionali sulla relazione tra esposizione lavorativa cronica al rumore e rischio di sviluppare declino cognitivo e demenza.

L'analisi sugli aspetti forensi sarà coordinata in questo nuovo BRiC dal Politecnico di Torino per gli scenari di contenzioso e dal Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica dell'Università di Firenze per la valutazione dei danni biologici e l'iter medico legale.

L'analisi sugli ambienti scolastici, che comprenderà il completamento delle analisi effettuate nel precedente BRiC sarà coordinata dal Centro Interuniversitario CIRIAF – Università degli Studi di Perugia per l'ampliamento del campione di scuole analizzate e la definizione delle linee guida e dall'Università per Stranieri di Perugia per le valutazioni sugli allievi DSA e le misure di soundscape.

Nel nuovo BRiC il campione di edifici scolastici analizzati sarà ampliato includendo, oltre alle scuole dell'infanzia, primarie e secondarie già considerate, una scuola localizzata in prossimità di infrastrutture di trasporto stradale, una scuola ospitata in edificio storico e una scuola di nuova realizzazione progettata secondo i Criteri Ambientali Minimi (CAM). In ciascun edificio scolastico saranno individuati, ove presenti, differenti scenari funzionali rappresentativi delle attività svolte (aula didattica, laboratorio, aula magna, palestra, spazio comune, refettorio, spazio esterno). Per ciascuno scenario saranno effettuate misure dei principali indicatori acustici, comprendenti, a titolo esemplificativo, il clima acustico esterno, l'isolamento acustico di facciata, i livelli di rumore ambientale, la rumorosità proveniente dagli ambienti adiacenti, il rumore degli impianti, il tempo di riverberazione e i Room Criteria. Le misure saranno condotte sia in ambienti non occupati sia in ambienti occupati e saranno integrate da valutazioni dello sforzo vocale dei docenti durante l'attività didattica. Verranno anche svolte misure in ambienti non occupati nei quali saranno installate superfici fonoassorbenti per verificare la sensibilità dell'ambiente alle variazioni di assorbimento complessivo e quindi alla presenza in aula di numerosità diverse di studenti.

Parallelamente, agli studenti delle scuole primarie, secondarie di primo e secondo grado e ai docenti di tutte le scuole coinvolte saranno somministrati questionari finalizzati alla raccolta di valutazioni soggettive relative agli aspetti acustici, psicologici e al benessere ambientale complessivo, includendo anche la percezione e il livello di soddisfazione rispetto alle condizioni termo-igrometriche, alla qualità dell'aria e ad altri fattori ambientali indoor.

L'analisi sugli edifici universitari sarà coordinata dall'Università per Stranieri di Perugia, che adatterà i questionari del precedente progetto BRIC per renderli adeguati a studenti universitari, anche internazionali e con DSA. Le aule universitarie oggetto di misurazioni acustiche saranno perlopiù localizzate in edifici storici, con dimensioni e materiali rappresentativi di molta edilizia universitaria. Saranno misurati gli stessi indicatori acustici delle aule scolastiche; anche in questo caso le misure saranno condotte sia in ambienti non occupati sia in ambienti occupati e saranno integrate da valutazioni dello sforzo vocale dei docenti durante l'attività didattica.

L'analisi sugli edifici ospedalieri sarà coordinata dal Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze che individuerà i layout ricorrenti e le aree acusticamente significative negli ospedali, la definizione del protocollo di indagine e delle linee guida. Per completare queste analisi sono stati individuati numerosi ambienti campione nell'ospedale Cisanello dell'Azienda Ospedaliera Universitaria di Pisa, e negli Istituti di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico Don Gnocchi di Firenze e Santa Lucia di Roma. Le indagini comprenderanno sia misure ambientali su medio e lungo periodo in vari ambienti, che misure di parametri acustici e biologici su diversi operatori sanitari che somministrazione di questionari ed interviste agli stessi operatori.

L'analisi sui disturbi vocali degli insegnanti di scuole di vario ordine sarà coordinata dal Centro interuniversitario CIRIAF

che amplierà il campione di docenti e studenti rispetto al precedente BRIC, valuterà l'influenza su altri domini ed effettuerà la valutazione clinica dei soggetti indagati.

L'analisi sull'esposizione lavorativa al rumore e sul declino cognitivo, con conseguente creazione di un database di dati nazionali ed internazionali, sarà coordinata dalla fondazione Santa Lucia – IRCCS e comprenderà il reclutamento di soggetti con invecchiamento fisiologico e pazienti affetti da declino cognitivo e demenza lieve, la raccolta dati anamnestici e di esposizione al rumore, un esame dell'acuità uditiva, l'inquadramento diagnostico attraverso una valutazione cognitiva e funzionale, ed una risonanza magnetica ad alto campo per la quantificazione di aspetti formali dell'encefalo. L'analisi statistica e l'elaborazione di un report descrittivo permetteranno una valutazione preliminare del rischio di sviluppare declino cognitivo/demenza a seguito dell'esposizione cronica al rumore in ambiente lavorativo e dell'eventuale effetto di mediazione della perdita di sensibilità uditiva nella relazione oggetto di studio.

La definizione del database di dati nazionali oggettivi e soggettivi relativi all'acustica negli ambienti scolastici sarà coordinata dal Politecnico di Torino che effettuerà anche un'analisi statistica dei dati raccolti con conseguente valutazione del rischio per insegnanti e studenti.

La creazione di un database di dati sperimentali (derivati dallo studio effettuato e dalla letteratura internazionale) sugli effetti diretti ed indiretti dell'esposizione al rumore in ambiente lavorativo sulla funzionalità cognitiva e cerebrale sarà coordinata dall'IRCCS Fondazione Santa Lucia. I dati aggregati esprimeranno la dimensione dell'effetto permettendo una preliminare quantificazione dell'impatto dell'esposizione lavorativa al rumore sulle capacità funzionali e sulla struttura/funzione cerebrale.

4 | Conclusioni e prospettive

La ricerca, al termine dei due anni previsti dal progetto, consentirà di mettere a punto le linee guida INAIL per il miglioramento della qualità acustica degli spazi scolastici, universitari e ospedalieri con azioni e interventi volti a ridurre i livelli di rischio sul personale e di elaborare un data base di dati acustici riferiti a varie tipologie di ambienti continuamente aggiornabili e disponibili sul web.

Relativamente agli aspetti forensi si prevede di inserire nel volume delle linee guida un capitolo che costituisca un riferimento per la definizione e la quantificazione in ambito forense dell'entità del danno non uditivo da esposizione al rumore.

Relativamente agli effetti del rumore negli edifici scolastici e universitari verrà elaborata una banca dati di misure acustiche ambientali e di sforzo vocale con la correlazione con i livelli di rumorosità ed i parametri acustico-architettonici delle aule e verrà elaborato un capitolo delle linee guida per la progettazione di interventi di correzione acustica e per gli interventi di miglioramento organizzativo e comportamentale che possono ridurre l'esposizione al rumore.

In merito agli ambienti ospedalieri verrà elaborato un capitolo delle linee guida per la valutazione e il controllo della rumorosità interna degli ambienti ospedalieri. La ricerca consentirà anche di fornire contributi importanti in sede di normazione nazionale (UNI) per la stesura della norma UNI 11532-4 sulle caratteristiche acustiche interne ed i relativi valori limite degli ambienti ospedalieri.

Relativamente agli aspetti clinici ed epidemiologici si prevede l'elaborazione di un metodo di valutazione e gestione degli effetti extra-uditivi derivanti dal rumore e di accertamento dei possibili danni alla salute.

Infine, in merito allo studio dell'esposizione lavorativa al rumore ed alla sua relazione con il declino cognitivo, si prevede la creazione di una banca dati relativa alla relazione tra l'esposizione al rumore e la funzionalità cognitiva e cerebrale, con l'elaborazione di un capitolo specifico nelle linee guida.

Conclusions and expectations

At the end of the two years planned for the project, the research will produce the INAIL guidelines for improving the acoustic quality of school, university and hospital spaces with actions and interventions aimed at reducing risk levels for staff and developing a database of acoustic data relating to various types of environments that can be continuously updated and made available on the web.

About forensic aspects, a chapter of the guidelines will be produced that will be a reference for the definition and quantification in the forensic field of the extent of non-auditory damage caused by exposure to noise.

With regard to the effects of noise in school and university buildings, a database of environmental acoustic measurements and vocal effort will be developed, correlating noise levels and the acoustic-architectural parameters of classrooms, and a chapter of the guidelines will be developed for the design of acoustic correction measures and for organizational and behavioral improvements that can reduce noise exposure.

Regarding hospital environments, a chapter of the guidelines for the assessment and control of internal noise in hospital environments will be developed. The research will also provide important contributions to the upcoming national standard UNI 11532-4 standard on internal acoustic characteristics.

With regard to clinical and epidemiological aspects, a method will be developed for assessing and managing the extra-auditory effects of noise and for determining possible damage to health.

Finally, regarding the study of occupational exposure to noise and its relationship with cognitive decline, a database on noise exposure will be created, with the development of a specific chapter in the guidelines.

Ringraziamenti

Si ringrazia primariamente il dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale di INAIL per il finanziamento della ricerca e per il contributo allo sviluppo della ricerca stessa.

Si ringraziano inoltre tutte le scuole, le università e gli ospedali che partecipano alla ricerca rendendo possibile lo svolgimento delle indagini sugli ambienti e sugli operatori.

Si ringraziano infine tutte le aziende sponsor del progetto per la fornitura di materiali, strumentazione e know-how per il migliore esito delle sperimentazioni.

Bibliografia

- [1] Cotana F. et al., Extra-Auditory Effects from Noise Exposure in Schools: Results of Nine Italian Case Studies, *Acoustics*, 2023, 5(1), pp. 216–24, DOI: 10.3390/acoustics5010013
- [2] Asdrubali F. et al, Un'applicazione di design acustico all'interno di ambienti scolastici, *Rivista Italiana di Acustica*, v. 49, n. 2, 2025, DOI: 10.3280/ria2-2025oa18517
- [3] Secchi S., Setola N., Marzi L., Amodeo V., Analysis of the Acoustic Comfort in Hospital: The Case of Maternity Rooms, (2022) *Buildings*, 12 (8), DOI: 10.3390/buildings12081117
- [4] Livingston, Gill et al. "Dementia prevention, intervention, and care: 2024 report of the Lancet standing Commission" *The Lancet*, Volume 404, Issue 10452, 572-628