

Requisiti acustici secondo DPCM 05/12/97 e confronto con classificazione acustica secondo UNI 11367: il caso studio di un edificio terziario

Stefano Bergero^{a*} | Alessandro Cavalletti^b | Anna Chiari^a

^a DAD – Dipartimento di Architettura e Design, Scuola Politecnica, Università di Genova, Stradone S. Agostino, 37, 16123 Genova

^b Cavalletti Srl, Genova

* Corresponding author: stefano.bergero@unige.it

Ricevuto: 3/2/2026

Accettato: 29/4/2026

DOI: 10.3280/ria2026oa21986

ISSN: 2385-2615

Viene presentato il caso studio di un edificio interamente adibito ad uffici (7 piani e oltre 12000 m² di superficie utile), dove l'unico requisito acustico passivo applicabile secondo il D.P.C.M. 05/12/97 è l'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$. L'edificio presenta un'ampia tipologia di elementi di facciata in riferimento a dimensioni e geometrie degli ambienti, fattori di forma e serramenti installati. Tramite misure in sito sono stati determinati i valori di $D_{2m,nT,w}$ per alcuni locali scelti come significativi per la verifica dei requisiti minimi secondo il D.P.C.M. 05/12/97. La buona corrispondenza tra i valori misurati e quelli calcolati secondo la norma UNI EN ISO 12354-3 mostra sia l'assenza di errori macroscopici di misurazione sia la solidità del metodo previsionale, che è stato quindi utilizzato per verificare preliminarmente l'efficacia di alcuni interventi di isolamento acustico. Il caso studio presentato permette ulteriori considerazioni operative circa l'applicabilità della norma UNI 11367 sulla classificazione acustica delle unità immobiliari. Il modello previsionale mostra che è possibile, anche per un edificio di interesse storico, ottenere il rispetto dei requisiti minimi e raggiungere la classe acustica massima, a patto di intervenire sulle chiusure tecniche, serramenti e cassonetti.

Parole chiave: requisiti acustici passivi, classificazione acustica, prestazioni acustiche in opera, edificio terziario

Acoustic requirements according to DPCM 05/12/97 and comparison with the acoustic classification according to UNI 11367: the case study of a tertiary building

The paper illustrates the case study of a tertiary building, entirely used as offices (7 floors and over 12000 m² of surface), where the façade acoustic insulation $D_{2m,nT,w}$ is the only mandatory requirement basing on D.P.C.M. 05/12/97. The façade varies along the building as its components largely differ one from the other in terms of shapes, sizes of the inner environments, shape factors and type of windows. The minimum acoustic requirements according to D.P.C.M. 05/12/97 have been evaluated from onsite measurements, referred to some representative rooms. The good accordance between the measured values and the expected results according to UNI EN ISO 12354-3 standard shows both the reliability of the theoretical model and the absence of macroscopic mistakes in the measurement stage. The model was then used to preliminary verify the effectiveness of several acoustic insulation interventions. The presented case study allows further operational considerations about the applicability of the acoustic classification of real estate unit based on the UNI 11367 standard. The predictive model shows that the accomplishment of both the minimum requirements and the maximum acoustic class is possible, even for a building of historical interest, provided that technical closures, windows, and shutters are involved in the acoustic refurbishment.

Keywords: minimum acoustic requirements, acoustic classification, acoustic onsite performance, tertiary building

1 | Introduzione: requisiti acustici e classificazione acustica

Nel panorama attuale dell'acustica in ambito edilizio si possono delineare due approcci in materia di prestazioni acustiche.

Normativo-prescrittivo: è inquadrato dal D.P.C.M. 05/12/97 [1], nonché dalle successive circolari e chiarimenti emanati da diversi Ministeri ed Enti. Secondo tale

approccio i requisiti acustici rappresentano dei valori limite che devono essere rispettati “per ridurre l'esposizione umana al rumore”. Il Decreto riporta cinque parametri, tre dei quali sono riferiti all'involucro (R'_w , $D_{2m,nT,w}$ e $L'_{n,w}$) e due agli impianti ($L_{AS,max}$ e $L_{A,eq}$) i cui valori limite da rispettare sono riportati in Tab. 1 in funzione della destinazione d'uso dell'edificio (Tab. 2).

Tab. 1 – Requisiti acustici e valori limite secondo D.P.C.M. 05/12/97
Minimum acoustic requirements according to D.P.C.M. 05/12/97

Cat.	R'_w [dB]	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	$L_{AS,max}$ [dB(A)]	$L_{A,eq}$ [dB(A)]
D	≥ 55	≥ 45	≤ 58	≤ 35	≤ 25
A, C	≥ 50	≥ 40	≤ 63	≤ 35	≤ 35
E	≥ 50	≥ 48	≤ 58	≤ 35	≤ 25
B, F, G	≥ 50	≥ 42	≤ 55	≤ 35	≤ 35

Tab. 2 – Categorie secondo D.P.C.M. 05/12/97
Categories according to D.P.C.M. 05/12/97

Cat.	Destinazione d'uso
A	Edifici adibiti a residenza o assimilabili
B	Edifici adibiti ad uffici e assimilabili
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed assimilabili
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili
G	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili

Prestazionale-non cogente: consiste nella classificazione acustica delle unità immobiliari secondo la norma UNI 11367 [2]. Tale documento rappresenta un riferimento di buona pratica che, a differenza dei requisiti acustici passivi, non è richiamato in provvedimenti legislativi cogenti a livello nazionale, rimanendo pertanto di libera applicazione; l'unica eccezione in tal senso è rappresentata dal D.M. 24/11/25 [3] riguardante i Criteri Ambientali Minimi per le gare d'appalto degli edifici pubblici.

A differenza del D.P.C.M. 05/12/97, la classificazione acustica secondo UNI 11367 non introduce dei requisiti minimi, ma una valutazione delle prestazioni acustiche dei componenti edilizi articolata in quattro classi, da I a IV, come riportato in Tab. 3, più una NC (non classificabile) per prestazioni peggiori della classe IV. I parametri di classificazione riferiti all'involucro sono analoghi a quelli del D.P.C.M. (R'_w , $D_{2m,nT,w}$ e $L'_{n,w}$), mentre quelli riferiti agli impianti (L_{ic} e L_{id}) sono differenti, anche se strettamente correlati a quelli richiesti dal D.P.C.M. stesso. Non sono inoltre presenti nette distinzioni in funzione della destinazione d'uso dell'unità immobiliare, anche se sono presenti dei requisiti aggiuntivi per alcune categorie, quali ricettiva, ospedaliera e scolastica.

Tab. 3 – Classificazione acustica secondo UNI 11367: parametri e valori limite
Acoustic classification according to UNI 11367: parameters and limits

Classe	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	R'_w [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	L_{ic} [dB(A)]	L_{id} [dB(A)]
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

Si riporta in Tab. 4 il confronto tra i parametri adottati nel D.P.C.M. 05/12/97 e nella norma UNI 11367.

Tab. 4 – Confronto tra i parametri per la classificazione acustica secondo UNI 11367 ed i requisiti minimi secondo D.P.C.M. 05/12/97

Comparison among the parameters involved in the acoustic classification according to UNI 11367 and the minimum requirements according to D.P.C.M. 05/12/97

Descrittore	UNI 11367	D.P.C.M. 05/12/97
Isolamento acustico di facciata	$D_{2m,nT,w}$	$D_{2m,nT,w}$
Isolamento acustico ai rumori aerei di partizioni	R'_w $D_{nT,w}$	R'_w
Livello di rumore da calpestio	$L'_{n,w}$	$L'_{n,w}$
Livello sonoro da impianti a funzionamento continuo	L_{ic}	$L_{A,eq}$
Livello sonoro da impianti a funzionamento discontinuo	L_{id}	$L_{AS,max}$

Pertanto, appare chiaro che i due approcci risultano tra loro paralleli e non direttamente correlabili: i requisiti acustici passivi individuano delle prestazioni minime cogenti da garantire in occasione di specifici interventi di ristrutturazione che vengono attuati sull'edificio in funzione della sua destinazione d'uso; tuttavia, il rispetto dei valori limite previsti dal D.P.C.M. 05/12/97 non è univocamente correlato né al livello di comfort all'interno dell'edificio, né alla classe acustica raggiungibile secondo UNI 11367.

Lo scopo del presente lavoro consiste nell'evidenziare analogie, differenze e compatibilità dei due approcci per un caso studio reale di un edificio esistente che presenta destinazione d'uso uffici ed è soggetto parzialmente a vincolo architettonico. Nel presente studio, si evidenzieranno:

- la prestazione acustica dell'edificio nello stato attuale ed il confronto con i limiti cogenti;
- la compatibilità degli interventi di adeguamento con i vincoli che insistono sul sito;
- il confronto delle misurazioni effettuate con i risultati ottenuti con metodi previsionali secondo la norma UNI EN ISO 12354-3 [4];
- l'usabilità o meno delle misure effettuate per la verifica dei requisiti acustici ai fini della classificazione acustica, unitamente ad una analisi critica dei risultati forniti dai due approcci.

2 | Il caso studio – la sede storica di INPS - Genova

2.1 | Breve storia

L'edificio storico dell'INPS di Genova (Fig. 1), situato in Piazza della Vittoria, fu progettato dall'architetto Marcello Piacentini negli anni trenta insieme all'intera piazza. Il palazzo nacque come "il primo esempio di centro rappresentativo e burocratico di Genova" [5] e si articola su 7 piani fuori terra, di cui uno aperto

al pubblico (piano terreno) e l'ultimo sottotetto, per un totale di circa 12000 m² di superficie utile. Volumetricamente si presenta come un cubo di dimensioni in pianta circa 41 × 49 m e altezza circa 32 m, con un porticato su due lati e una corte interna di circa 10 × 17 m, coperta al piano terra da una struttura vetrata.

L'edificio è soggetto a vincoli architettonici al piano terreno, mentre i piani soprastanti hanno subito nel corso degli anni interventi di riparazione conservativa, comunque limitati e rispettosi del progetto architettonico della struttura. Ai piani superiori, gli uffici e gli spazi sono stati creati tramite pareti attrezzate.

L'edificio presenta un'ampia tipologia di elementi di facciata, in funzione delle diverse dimensioni degli ambienti (volumi e superfici delle facciate), del diverso fattore di forma della facciata (presenza di sporgenze, balconcini e terrazzi), degli infissi installati, differenti per tipologia (finestre e portefinestre) e per dimensione, nonché della presenza o meno dei cassonetti degli avvolgibili. La facciata, rifinita con lastre di marmo, si articola con diverse tipologie di infissi (organizzate per piano) e con terrazzamenti (quinto piano) o balconcini aggettanti (terzo piano).

Oltre alle peculiarità legate alle dimensioni e alla variabilità della facciata, il caso studio è un interessante caso applicativo dove si confrontano i requisiti acustici applicati agli edifici esistenti con i limiti introdotti dalle normative architettoniche per la tutela del patrimonio storico.



a)



b)

Fig. 1 – Sede storica dell'INPS: prospetti nord e ovest (a), prospetti sud e est (b)

Historical location of INPS: north and west facades (a), south and east facades (b)

2.2 | Requisiti acustici applicabili

Nonostante la massiccia volumetria, l'intero edificio consiste ai fini acustici di un'unica unità immobiliare, in quanto interamente adibito ad uffici afferenti a un unico Ente. Ne consegue che in nessuno dei due approcci (i.e., D.P.C.M. 05/12/97 e UNI 11367) si configurano elementi divisori interni (sia orizzontali sia verticali) o impianti (a funzionamento continuo e discontinuo) per i quali trovino applicazione gli specifici indici. L'unico parametro applicabile è l'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$.

Pertanto, nel capitolo successivo si riportano i risultati delle misurazioni riferiti solo a 10 locali, scelti a campione e distribuiti tra il primo e il quinto piano, ritenuti maggiormente significativi e dove sono presenti infissi più recenti rispetto a quelli originali conservati al piano terra; i locali sottoposti a misurazione dell'isolamento acustico di facciata sono rappresentati in Fig. 2. Nello specifico non vengono considerati nel presente lavoro gli ambienti al piano terra in quanto le volumetrie in rapporto alle ampie finestrazioni (soggette a vincolo che ne impedisce la sostituzione) determinano già requisiti acustici molto limitati.



Fig. 2 – Ambienti scelti per le verifiche: prospetto sud (a) ed est (b)

Rooms chosen for the measurements: South (a) and East (b) facades

3 | Misure in opera e confronti con i calcoli previsionali

3.1 | Misurazioni in sito

Per la misurazione dell'isolamento acustico di facciata dei differenti locali sono state usate come sorgenti di rumore in alternativa il traffico stradale (metodo globale) o l'altoparlante (metodo

globale) come da norma UNI EN ISO 16283-3 [6]. Per gli ambienti rivolti verso est e affacciati su Via Brigata Bisagno è stato utilizzato il traffico stradale; una foto della posizione del microfono durante la misura è riportata in Fig. 3. Tale asse viario, essendo ad alta frequentazione e dotato di impianto semaforico, risulta essere una sorgente di rumore che, oltre a permettere l'impiego di tempi di misura accettabili (circa 20 secondi) nel rispetto delle condizioni previste dalla UNI EN ISO 16283-3 (la durata della misurazione deve contenere almeno 50 passaggi di veicoli), garantisce un'evidente ripetibilità del livello stesso, almeno nei periodi temporali di massimo traffico (tra le 16.00 e le 19.00, nei giorni feriali). Per gli ambienti esposti a sud è stato utilizzato un altoparlante collocato sul ballatoio, posto in corrispondenza del terzo piano (Fig. 4), che unisce l'edificio oggetto di studio a quello adiacente; l'altoparlante è stato collocato in modo tale che la distanza minima dal centro della facciata sottoposta ad indagine sia pari a 7 m e l'angolo di incidenza del suono sia pari a $45 \pm 5^\circ$.



Fig. 3 – Sorgente di rumore traffico stradale: posizione del microfono in esterno a 2 m dalla facciata
Traffic noise source: microphone position outside 2 m from the façade



Fig. 4 – Sorgente di rumore altoparlante
Directional speaker noise source

Per tenere comunque conto delle possibili fluttuazioni del rumore da traffico, le misure del livello equivalente di pressione sonora sono state effettuate contemporaneamente su entrambi i lati della facciata (interno ed esterno) con fonometro bicanale.

Prima e dopo ogni ciclo di misura è stata anche eseguita la calibrazione della strumentazione, registrando in tutti i casi differenze inferiori a 0.5 dB, come prescritto dal D.M. 16/03/1998 [7].

Tutte le misure sono state eseguite con i sistemi oscuranti aperti e in condizioni meteo favorevoli, ovvero in assenza di vento e/o pioggia; prima di ogni misurazione si è inoltre proceduto alla verifica del corretto funzionamento del sistema di apertura/chiusura di tutti gli infissi e dell'assenza di evidenti anomalie nell'installazione degli infissi stessi e dei cassonetti degli avvolgibili.

Per ciascun elemento di facciata, sono state misurate le seguenti grandezze in bande di terzi d'ottava nel campo di frequenze compreso tra 100 Hz e 3150 Hz, utilizzando le procedure previste dalla UNI EN ISO 16283-3:

- $L_{1,2m}$ = livello di rumore all'esterno della facciata a 2 m di distanza da essa;
- $L_{2,sb}$ = livello di rumore medio energetico all'interno dell'ambiente ricevente, utilizzando 5 differenti postazioni microfoniche;
- $L_{2,b}$ = livello di rumore di fondo. Si conserva il termine impropriamente utilizzato nel corpo normativo. Operativamente, ci si riferisce non alla definizione statistica tipica dell'ambito giuridico, ma al rumore residuo all'interno dell'ambiente ricevente, in assenza di funzionamento della sorgente (solo nel caso di misurazione con altoparlante); tale misura è utile ai fini di determinare il livello L_2 nell'ambiente ricevente, correggendo il livello $L_{2,sb}$;
- T_2 = tempo di riverberazione medio dell'ambiente ricevente, utilizzando 6 misurazioni di decadimento per ciascuna banda di frequenza, con almeno una posizione di altoparlante e tre posizioni di microfono con due letture in ciascun caso.

3.2 | Determinazione dell'isolamento acustico di facciata a partire dai valori misurati

Sulla base dei valori misurati, l'isolamento acustico di facciata D_{2m} e quello normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT}$ sono stati determinati, per ciascuna banda di frequenza, con le seguenti relazioni:

$$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2 \quad (1)$$

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log \frac{T_2}{T_0} \quad (2)$$

con $T_0 = 0.5$ s, tempo di riverberazione di riferimento.

Per la stanza d'angolo (n. 349 in Fig. 2) è stata utilizzata la sorgente sonora traffico stradale e adottata la procedura di calcolo prevista al punto 10.4.2 della UNI EN ISO 16283-3 nel caso di diverse posizioni microfoniche:

- sono stati misurati valori dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,i}$ per ciascuno dei due affacci,
- sono stati mediati energeticamente i valori misurati mediante la seguente relazione ($n = 2$):

$$D_{2m} = -10 \log \left(\frac{\sum_{i=1}^n 10^{-D_{2m,i}/10}}{n} \right) \quad (3)$$

- sono stati normalizzati i risultati rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente.

Il valore dell'indice di valutazione $D_{2m,nT,w}$ è stato quindi determinato mediante la procedura riportata nella UNI EN ISO 717-1 [8]. I risultati sono riportati in Tab. 5; nessuna facciata soddisfa il valore minimo di 42 dB stabilito dal D.P.C.M. 05/12/97 per gli uffici (categoria B, Tab. 1 e Tab. 2).

**Tab. 5 – Isolamento acustico di facciata misurato per le stanze
oggetto di verifica: nessuna facciata rispetta il valore minimo
di 42 dB stabilito dal D.P.C.M. 05/12/97**

**Measured acoustic facade insulation index: no facade meets
the minimum value of 42 dB established by D.P.C.M. 05/12/97**

Piano	Stanza	Volume [m ³]	Area [m ²]	Esp.	Sorgente	$D_{2m,nT,w}$ [dB]
1	127	57.43	9.60	Est	Traffico	38
2	249	62.22	10.28	Est	Traffico	36
2	267	88.45	14.74	Sud	Altop.	34
3	345	83.99	16.45	Est	Traffico	37
3	347	67.36	12.42	Est	Traffico	36
3	349	148.54	51.37	Est+Sud	Traffico	35
3	361	53.06	9.29	Sud	Altop.	37
4	449	84.51	14.91	Est	Traffico	37
5	537	57.91	13.32	Est	Traffico	39
5	543	33.31	8.32	Est	Traffico	36

3.3 | Calcolo di previsione e confronto

I risultati delle misurazioni evidenziano una criticità sostanzialmente diffusa, che interessa l'edificio nella sua totalità. Appare utile confrontare i risultati ottenuti sperimentalmente con quelli previsionali secondo l'approccio della UNI EN ISO 12354-3 [4] e della UNI 11175 [9]. Tale confronto permette di escludere eventuali errori grossolani di misura. Inoltre, una volta calibrato il modello sulla base delle misure in sito, questo può essere utilizzato per valutare previsionamente l'efficacia degli scenari di miglioramento delle prestazioni acustiche.

Nello specifico, l'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT,w}$ viene calcolato con la seguente relazione:

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \log \left(\frac{0.16 V}{T_0 S_{tot}} \right) \quad (4)$$

dove:

- R'_w = indice di valutazione del potere fonoisolante apparente della facciata [dB];

- ΔL_{fs} = correzione che quantifica l'influenza di eventuali elementi schermanti, determinato secondo il prospetto C1 della UNI EN ISO 12354-3 [dB];
- V = volume del locale considerato [m³];
- $T_0 = 0.5$ s, tempo di riverberazione di riferimento;
- S_{tot} = superficie di facciata vista dall'interno [m²].

A sua volta, l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente della facciata R'_w è espresso come:

$$R'_w = -10 \log \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{-\frac{R_{w,i}}{10}} + \frac{A_0}{S_{tot}} \sum_{j=1}^m 10^{-\frac{D_{n,e,w,j}}{10}} \right) - K \quad (5)$$

dove:

- $R_{w,i}$ = indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento i-esimo costituente la facciata [dB]; nel caso in esame, dentro tale termine rientreranno gli elementi opachi di facciata e le eventuali porte e/o finestre presenti;
- S_i = superficie dell'elemento i-esimo di facciata visto dall'interno del locale [m²];
- $D_{n,e,w,j}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato del piccolo elemento j-esimo [dB]; nel caso in esame, il parametro si riferisce ai cassonetti, ove presenti;
- $A_0 = 10$ m², unità di assorbimento acustico di riferimento;
- K = correzione relativa al contributo della trasmissione laterale, assunto pari a 2 dB per tutti i casi considerati; tale valore è cautelativo e rappresentativo di una trasmissione laterale in presenza di elementi rigidi.

Più nel dettaglio, per i tre principali componenti (muro opaco, finestre e portefinestre), R_w è stato calcolato come segue.

Per il muro opaco è stata considerata la stratigrafia tipica costruttiva dell'epoca (mattoncino forato doppio UNI, intercapedine, mattone pieno, spessore totale 50 cm, massa superficiale $m' = 606.1$ kg/m²); l'indice R_w viene determinato tramite la legge della massa:

$$R_w = 20 \log (m') \quad (6)$$

Si ottiene $R_w = 55.7$ dB. Tale valore viene ulteriormente abbattuto cautelativamente di 2 dB, come riportato nella versione 2005 della UNI 11175.

Per le finestre e per le portefinestre i valori di potere fonoisolante degli infissi riportati nei certificati di prova ($R_{w,cert}$) sono stati trasformati in valori di calcolo (R_{wR}) applicando gli opportuni coefficienti cautelativi, come riportato nella versione 2005 della UNI 11175:

$$R_{wR} = R_{w,cert} + K_p + K_{DS} \quad (7)$$

dove:

- K_p = coefficiente che considera la tipologia del serramento, pari a -2 dB per le finestre e -5 dB per le portefinestre;
- K_{DS} = coefficiente che considera i serramenti aventi doppio telaio mobile e senza montante centrale, pari a -2 dB sia per finestre che per portefinestre.

Tab. 6 – Parametri geometrici e acustici dei serramenti
Geometric and acoustic parameters of doors and windows

Stanza (piano)	Infisso (q.tà)	Area [m ²]	$R_{w, \text{cert}}$ [dB]	R_{wR} [dB]
127 (1)	Finestra (1)	4.24	41	37
249 (2)	Finestra (1)	3.74	41	37
267 (2)	Porta (2)	5.31	40	33
345 (3)	Porta (1)	8.56	40	33
347 (3)	Porta (1)	8.56	40	33
349 (3)	Porta (3)	12.04	40	33
361 (3)	Porta (1)	5.30	40	33
449 (4)	Finestra (1)	3.61	41	37
537 (5)	Finestra (1)	4.99	40	36
543 (5)	Finestra (1)	4.99	40	36

Tab. 6 riassume le principali caratteristiche geometriche e acustiche dei serramenti presenti nelle stanze considerate.

Infine, per quanto riguarda l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato del piccolo elemento (cassonetti), il valore desunto dai certificati di prova ($D_{n,e,w,lab}$) è stato trasformato in valore di calcolo ($D_{n,e,w,situ}$) applicando la formula D.2 dell'Appendice D della UNI EN ISO 12354-3 [4], rapportando l'effettiva lunghezza dell'elemento in opera (L_{situ}) a quella standard considerata nella prova ($L_{lab} = 0.7$ m):

$$D_{n,e,w,situ} = D_{n,e,w,lab} - 10 \log \left(\frac{L_{situ}}{L_{lab}} \right) \quad (8)$$

Per il caso di studio in esame, i valori certificati dei cassonetti sono pari a 48 dB, mentre il valore di calcolo è stato considerato pari a 43 dB per tutti i cassonetti, essendo le lunghezze in opera pari a circa 2 m, senza significative variazioni tra un elemento e l'altro.

In Tab. 7 è riportato il confronto sull'indice $D_{2m,nT,w}$ tra i risultati previsionali e quelli derivanti dalle misure in opera. Nelle stanze 249 e 449 la differenza supera i 2 dB ed è presumibilmente correlabile a criticità nella posa o tenuta dei serramenti. Negli altri casi la differenza rientra nella tolleranza di 2 dB mostrando quindi l'assenza di errori macroscopici nelle misure, nonché la solidità del metodo di calcolo previsionale proposto dalla UNI EN ISO 12354-3.

Tab. 7 – Confronto sull'indice $D_{2m,nT,w}$ tra valori calcolati e misurati
Comparison on the $D_{2m,nT,w}$ index between calculated and measured values

Stanza (piano)	Sorg.	$D_{2m,nT,w}$ mis [dB]	$D_{2m,nT,w}$ calc [dB]	Diff
127 (1)	Traffico	38	39.5	-1.5
249 (2)	Traffico	36	40.1	-4.1
267 (2)	Altop.	34	34.7	-0.7
345 (3)	Traffico	37	36.6	0.4
347 (3)	Traffico	36	35.7	0.3
349 (3)	Traffico	35	36.6	-1.6
361 (3)	Altop.	37	35.5	1.5
449 (4)	Traffico	37	40.5	-3.5
537 (5)	Traffico	39	40.3	-1.3
543 (5)	Traffico	36	38.0	-2.0

I risultati delle misure sono arrotondati all'intero secondo la UNI EN ISO 717-1, mentre quelli calcolati sono arrotondati alla prima cifra decimale perché derivati dal metodo previsionale che fornisce direttamente gli indici di valutazione.

4 | Individuazione degli interventi migliorativi

Il modello numerico, validato con i dati ottenuti dalle misure, permette di comprendere il possibile margine di miglioramento degli intervenienti sui vari componenti presenti. Si illustrano di seguito quattro possibili scenari.

Incremento del potere fonoisolante del solo muro opaco: si assume il caso limite in cui venga applicato un rivestimento tale da incrementare di 20 dB il valore dell'indice del potere fonoisolante, ottenendo pertanto $R_{w,muro} = 75$ dB. Le caratteristiche degli altri elementi (serramenti e cassonetti) restano inalterate. Quanto assunto rappresenta un caso limite estremo, ottenibile solo con specifiche soluzioni di isolamento acustico che comporterebbero elevati costi e problematiche di compatibilità con l'edificio attuale ed i suoi confini. Basti pensare ai vincoli architettonici che interessano l'edificio o all'invasività e costo di un intervento che preveda l'aggiunta di un pacchetto isolante acustico in facciata (se ammesso dai vincoli) con il successivo ripristino delle lastre lapidee di finitura.

I risultati sono riportati in Tab. 8. Si osserva un incremento trascurabile dell'indice $D_{2m,nT,w}$, per nulla in grado di rispettare il valore limite di 42 dB previsto dal D.P.C.M. 05/12/97.

Tab. 8 – Isolamento acustico di facciata in seguito a intervento di isolamento acustico del muro opaco
Acoustic facade insulation after the acoustic refurbishment of the opaque wall

Stanza (piano)	$D_{2m,nT,w}$ pre [dB]	$D_{2m,nT,w}$ post [dB]	$D_{2m,nT,w}$ lim [dB]	Verifica
127 (1)	39.5	39.5	42	Negativa
249 (2)	40.1	40.2	42	Negativa
267 (2)	34.7	35.6	42	Negativa
345 (3)	36.6	36.7	42	Negativa
347 (3)	35.7	35.7	42	Negativa
349 (3)	36.6	37.0	42	Negativa
361 (3)	35.5	35.5	42	Negativa
449 (4)	40.5	40.6	42	Negativa
537 (5)	40.3	40.4	42	Negativa
543 (5)	38.0	38.0	42	Negativa

Incremento del potere fonoisolante dei soli cassonetti: si assume il caso limite in cui venga applicato un sistema tale da raggiungere $D_{n,e,w,lab} = 55$ dB. Le caratteristiche degli altri elementi (serramenti e muro opaco) restano inalterate. Trattasi volutamente di caso limite: prestazioni simili sono disponibili per alcuni prodotti sul mercato, ma sono ben superiori ai prodotti standard comunemente commercializzati.

I risultati sono riportati in Tab. 9. Rispetto al caso precedente, è possibile osservare che, seppur ancora inidonei, i valori raggiunti sono migliori rispetto a quelli ottenuti intervenendo in maniera invasiva sull'involucro opaco. Solo una delle stanze rispetterebbe il limite previsto dal D.P.C.M. 05/12/97.

Tab. 9 – Isolamento acustico di facciata in seguito a intervento di isolamento acustico dei cassonetti
Acoustic facade insulation after the acoustic refurbishment of the rolling shutter box

Stanza (piano)	$D_{2m,nT,w}$ pre [dB]	$D_{2m,nT,w}$ post [dB]	$D_{2m,nT,w}$ lim [dB]	Verifica
127 (1)	39.5	41.0	42	Negativa
249 (2)	40.1	41.8	42	Negativa
267 (2)	34.7	35.9	42	Negativa
345 (3)	36.6	37.0	42	Negativa
347 (3)	35.7	36.1	42	Negativa
349 (3)	36.6	37.1	42	Negativa
361 (3)	35.5	36.1	42	Negativa
449 (4)	40.5	42.2	42	Positiva
537 (5)	40.3	41.5	42	Negativa
543 (5)	38.0	39.1	42	Negativa

Incremento del potere fonoisolante del muro opaco e dei cassonetti: si considerano gli interventi riportati nei due casi precedenti, lasciando inalterate le prestazioni dei serramenti.

I risultati sono riportati in Tab. 10. Non sono apprezzabili significativi miglioramenti rispetto al caso di incremento del potere fonoisolante dei soli cassonetti.

Tab. 10 – Isolamento acustico di facciata in seguito a intervento di isolamento acustico dei cassonetti e del muro opaco
Acoustic facade insulation after the acoustic refurbishment of both the rolling shutter box and the opaque wall

Stanza (piano)	$D_{2m,nT,w}$ pre [dB]	$D_{2m,nT,w}$ post [dB]	$D_{2m,nT,w}$ lim [dB]	Verifica
127 (1)	39.5	41.1	42	Negativa
249 (2)	40.1	41.9	42	Negativa
267 (2)	34.7	35.9	42	Negativa
345 (3)	36.6	37.1	42	Negativa
347 (3)	35.7	36.1	42	Negativa
349 (3)	36.6	37.2	42	Negativa
361 (3)	35.5	36.1	42	Negativa
449 (4)	40.5	42.4	42	Positiva
537 (5)	40.3	41.6	42	Negativa
543 (5)	38.0	39.2	42	Negativa

Incremento del potere fonoisolante dei soli serramenti: si assume che le finestre e le portefinestre presentino un valore dichiarato $R_{w,cert} = 50$ dB. Si lasciano inalterate le prestazioni dei cassonetti e del muro. Tale assunzione ha carattere di caso limite rappresentando la prestazione di 50 dB un valore difficilmente raggiungibile, con elevatissimi costi.

I risultati sono riportati in Tab. 11. Si ottengono valori allineati con il minimo prescritto dalla normativa.

Tab. 11 – Isolamento acustico di facciata in seguito a intervento di isolamento acustico di finestre e porte.
Acoustic facade insulation after the acoustic refurbishment of both windows and doors

Stanza (piano)	$D_{2m,nT,w}$ pre [dB]	$D_{2m,nT,w}$ post [dB]	$D_{2m,nT,w}$ lim [dB]	Verifica
127 (1)	39.5	42.8	42	Positiva
249 (2)	40.1	43.3	42	Positiva
267 (2)	34.7	43.1	42	Positiva
345 (3)	36.6	43.7	42	Positiva
347 (3)	35.7	42.8	42	Positiva
349 (3)	36.6	45.0	42	Positiva
361 (3)	35.5	42.0	42	Positiva
449 (4)	40.5	43.5	42	Positiva
537 (5)	40.3	44.7	42	Positiva
543 (5)	38.0	42.4	42	Positiva

5 | Considerazioni preliminari sulla classificazione acustica secondo UNI 11367

Quanto di seguito illustrato è riferito ai locali precedentemente usati per la valutazione del requisito acustico $D_{2m,nT,w}$ ai fini del rispetto del D.P.C.M. 05/12/97, unitamente alle seguenti ipotesi semplificative.

- Sono state utilizzate le misure precedentemente effettuate, anche se la maggior parte delle stesse è stata ottenuta sfruttando il traffico come sorgente di prova. La versione 2023 della UNI 11367 [2], tuttora in vigore, non permette più l'utilizzo del traffico come sorgente di prova.
- La condizione di posa dei serramenti è stata considerata uniforme per tutto l'edificio e priva di specifiche criticità.
- La stratigrafia e i materiali della facciata sono stati ipotizzati omogenei per tutto l'edificio.

Il fatto di considerare unicamente alcuni ambienti, seppur rappresentativi degli elementi tecnici di tutto l'edificio, permette solo alcune considerazioni preliminari sulla classe acustica dell'edificio. Infatti, l'approccio contenuto nella UNI 11367 richiede, per giungere correttamente alla classe acustica, la misurazione di tutti gli elementi tecnici misurabili o, in alternativa, un loro campionamento, previa suddivisione in gruppi omogenei.

Per l'edificio in esame, la tecnica del campionamento (Appendici G e H della UNI 11367) richiede di suddividere le 154 stanze presenti tra il primo e il quinto piano in gruppi omogenei secondo una tolleranza del 20% riferita ad aree, volumi, dimensioni della facciata e degli infissi presenti. Applicando tali requisiti ai rilievi geometrici disponibili, si ottengono 26 gruppi omogenei (con una media di 3-5 elementi a gruppo) e 24 elementi da valutare singolarmente. Anche assumendo il numero minimo di misure previsto dalla norma (3 per ciascun gruppo omogeneo), sono necessarie 102 misure a fronte delle

154 stanze presenti, senza apprezzabili riduzioni rispetto alla misurazione di tutti gli elementi.

Tale risultato offre un'importante considerazione sul piano economico, nel caso in cui la classificazione acustica diventasse cogente. In termini orari, assumendo una durata di 30 min a misura, si arriva a circa 50 ore nette di sola acquisizione strumentale, senza considerare pause, maltempo, calibrature, riposizionamento dei microfoni e delle sorgenti (gli ultimi piani sono a circa 20 m di altezza) o scarico e rielaborazione dei dati. Considerando una giornata lavorativa di 8 ore, ciò significa almeno 7 giorni lavorativi per la sola campagna di misure. Tale numero è ampiamente sottostimato se si tratta di edifici in utilizzo (come nel caso in esame), per cui le misure possono essere effettuate solo in specifiche fasce orarie. Considerando la necessità di almeno due persone, il tariffario Euro Acustici [10] prevede un importo di 120 €/h, determinando un costo minimo per le sole misure pari a circa 12.000 €. A tale importo vanno poi aggiunti i costi di rielaborazione delle misure, redazione del report e nolo di strumentazione e relativi presidi, ove necessario. Tralasciando l'approccio orario, il medesimo tariffario prevede l'importo di 1.200 €/elemento per il collaudo dell'isolamento acustico di facciata, determinando un costo complessivo di oltre 120.000 €.

Tali considerazioni supportano l'ipotesi di considerare solo i 10 locali scelti come rappresentativi per effettuare le considerazioni preliminari di seguito riportate sull'applicazione della UNI 11367.

Inoltre, si osserva che la UNI 11367 determina il valore complessivo risultante dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w,r}$ mediante la seguente formula:

$$D_{2m,nT,w,r} = -10 \log \left(\frac{\sum_{i=1}^n 10^{-D_{2m,nT,w,i}/10}}{n} \right) \quad (9)$$

essendo n il numero degli elementi tecnici coinvolti nella media energetica.

L'Eq. (9) non considera il peso dell'area dei singoli elementi: pertanto, per raggiungere un'elevata prestazione acustica globale, è necessario garantire un corretto livello di isolamento di tutte le facciate, indipendentemente dalla loro estensione.

Infine, le tipologie di chiusure presenti nei 10 ambienti sono rappresentative degli altri non misurati, sia in termini geometrico-costruttivi (ad es. serramenti, rapporto tra superfici vetrate e opache), sia di ambiente ricevente, per cui è verosimile che eventuali misure determinino valori analoghi a quelli già riportati.

Alle misure condotte è stata quindi applicata l'incertezza di campionamento U_m così determinata:

$$U_m = s_m k \quad (10)$$

dove:

- s_m = scarto tipo di riproducibilità del risultato, assunto pari a 0.9 dB come previsto dalla UNI 11367 per l'isolamento acustico di facciata;
- k = fattore di copertura; tale valore è tabellato nella UNI 11367 in funzione dell'approccio condotto: tecnica del campionamento o misurazione di tutti gli elementi.

Nel primo caso (campionamento), k è funzione del numero di misure effettuate e del livello di fiducia scelto dal richiedente la classificazione (70%, 75% o 80%) ed è compreso tra un minimo di 0.53 ed un massimo di 1.06. Assumere il valore minimo (livello di fiducia 70%) significa raggiungere valori finali tendenzialmente migliori, ma meno affidabili. Al contrario, il valore massimo (livello di fiducia 80%) determina un valore finale peggiore, ma con un più alto livello di affidabilità. L'incertezza estesa viene sommata algebricamente all'indice ottenuto dalle misurazioni, arrotondando alla cifra intera.

Nel secondo caso (misura di tutti gli elementi) k assume un valore unitario e pertanto $U_m = s_m = 0.9$.

In Tab. 12 è riportato il valore di misura dell'indice $D_{2m,nT,w}$ delle differenti stanze nello stato attuale e, tra parentesi, il relativo valore utile, che tiene conto dell'incertezza estesa di 0.9 dB, arrotondato alla cifra intera.

Applicando l'Eq. (9) si ottiene il valore medio energetico dell'indice, pari a 35.3 dB, e da Tab. 3 la conseguente classe acustica IV dell'edificio. Trattasi ovviamente di una classificazione acustica parziale in quanto basata solo sulle stanze sottoposte a misura.

Tab. 12 – Classificazione acustica dell'edificio nello stato attuale. Tra parentesi i valori utili, ottenuti considerando l'incertezza estesa
Acoustic classification of the building in the current state.
In brackets the useful values accounting for expanded uncertainty

Stanza (piano)	$D_{2m,nT,w}$ attuale [dB]	Classe acustica attuale*
127 (1)	38 (37)	
249 (2)	36 (35)	
267 (2)	34 (33)	
345 (3)	37 (36)	
347 (3)	36 (35)	35.3 dB
349 (3)	35 (34)	Classe IV
361 (3)	37 (36)	
449 (4)	37 (36)	
537 (5)	39 (38)	
543 (5)	36 (35)	

* Parziale, riferita solo agli ambienti misurati

La classe acustica così ottenuta non è necessariamente quella vera per il caso studio, ma è fortemente probabile. Infatti, applicando l'Eq. (9) e ipotizzando che tutti gli altri 144 elementi non misurati presentino un isolamento acustico di facciata pari a quello massimo misurato (39 dB), si otterrebbe un valore medio energetico pari a 37.8 dB, rendendo di fatto probabile che la classe acustica dell'edificio sia compresa tra la IV e la III. Non si ritiene verosimile che vengano conseguite prestazioni acustiche maggiori per gli altri elementi tecnici alla luce delle misure condotte e del relativo confronto con i valori previsionali precedentemente illustrato.

In analogia a quanto esposto al par. 4 per la verifica dei requisiti acustici passivi, si analizzano in via preliminare gli effetti dei diversi possibili interventi di miglioramento sulla classe acustica dell'edificio.

Per ragioni di brevità si illustrano le seguenti soluzioni: solo muro opaco, solo chiusure tecniche (serramenti e cassonetti) e muro opaco più serramenti.

Incremento del potere fonoisolante del solo muro opaco: si assume il caso limite in cui venga applicato un rivestimento tale da incrementare l'indice attuale di 20 dB, ottenendo pertanto $R_{w,muro} = 75$ dB. Le prestazioni di tutti gli altri componenti sono invariate. Tab. 13 mostra che, con molta probabilità, l'intervento determinerebbe un valore medio energetico dell'isolamento di facciata sempre ricadente in classe IV, con bassa probabilità di riuscire a raggiungere la III.

Tab. 13 – Classificazione acustica dell'edificio nello stato attuale e con incremento del potere fonoisolante del muro opaco. Tra parentesi i valori utili, ottenuti considerando l'incertezza estesa. Acoustic classification of the building in the current state and after the acoustic insulation of the opaque walls. In brackets the values of the index accounting for expanded uncertainty

Stanza (piano)	$D_{2m,nT,w}$ attuale [dB]	Classe acustica attuale*	$D_{2m,nT,w}$ prog [dB]	Classe acustica prog*
127 (1)	38 (37)		39.5 (39)	
249 (2)	36 (35)		40.2 (39)	
267 (2)	34 (33)		35.6 (35)	
345 (3)	37 (36)		36.7 (36)	
347 (3)	36 (35)	35.3 dB	35.7 (35)	36.8 dB
349 (3)	35 (34)	Classe IV	37.0 (36)	Classe IV
361 (3)	37 (36)		35.5 (35)	
449 (4)	37 (36)		40.6 (40)	
537 (5)	39 (38)		40.4 (39)	
543 (5)	36 (35)		38.0 (37)	

* Parziale, riferita solo agli ambienti misurati

Sostituzione serramenti e cassonetti: si prevedono finestre e portefinestre aventi $R_{w,cert} = 50$ dB e cassonetti caratterizzati da $D_{n,e,w,lab} = 52$ dB. Le prestazioni del muro opaco sono invariate. I risultati (Tab. 14) mostrano che l'intervento potenzialmente potrebbe permettere il raggiungimento della classe massima, se la sua efficacia fosse analoga su tutti gli elementi tecnici dell'edificio.

Tab. 14 – Classificazione acustica dell'edificio nello stato attuale e con sostituzione di serramenti e cassonetti. Tra parentesi i valori utili, ottenuti considerando l'incertezza estesa. Acoustic classification of the building in the current state and after the acoustic refurbishment of windows, doors and roller-shutter boxes. In brackets the useful values accounting for expanded uncertainty

Stanza (piano)	$D_{2m,nT,w}$ attuale [dB]	Classe acustica attuale*	$D_{2m,nT,w}$ prog [dB]	Classe acustica prog*
127 (1)	38 (37)		45.9 (45)	
249 (2)	36 (35)		46.4 (46)	
267 (2)	34 (33)		44.6 (44)	
345 (3)	37 (36)		45.4 (45)	

Tab. 14 – segue/continues

Stanza (piano)	$D_{2m,nT,w}$ attuale [dB]	Classe acustica attuale*	$D_{2m,nT,w}$ prog [dB]	Classe acustica prog*
347 (3)	36 (35)	35.3 dB	44.5 (44)	44.9 dB
349 (3)	35 (34)	Classe IV	46.0 (45)	Classe I
361 (3)	37 (36)		43.9 (43)	
449 (4)	37 (36)		46.4 (46)	
537 (5)	39 (38)		47.5 (47)	
543 (5)	36 (35)		45.4 (45)	

* Parziale, riferita solo agli ambienti misurati

Sostituzione serramenti ed incremento del potere fonoisolante acustico del muro opaco: si prevede $R_{w,cert} = 50$ dB per finestre e portefinestre e $R_{w,muro} = 75$ dB per il muro opaco. Le prestazioni dei cassonetti sono invariate. I risultati (Tab. 15) mostrano che l'intervento permette molto probabilmente il raggiungimento della classe acustica II; meno probabile che lo stesso permetta di raggiungere la classe I. Per la classe massima è necessario sostituire anche i cassonetti, come visto in Tab. 14. Come evidenziato in precedenza, le prestazioni ipotizzate per il serramento e per il muro rappresentano un valore difficilmente raggiungibile, con costi elevatissimi.

Tab. 15 – Classificazione acustica dell'edificio nello stato attuale e con sostituzione serramenti e incremento del potere fonoisolante del muro. Tra parentesi i valori utili, ottenuti considerando l'incertezza estesa. Acoustic classification of the building in the current state and after the acoustic refurbishment of windows and opaque walls. In brackets the useful values accounting for expanded uncertainty

Stanza (piano)	$D_{2m,nT,w}$ attuale [dB]	Classe acustica attuale*	$D_{2m,nT,w}$ prog [dB]	Classe acustica prog*
127 (1)	38 (37)		43.2 (42)	
249 (2)	36 (35)		43.7 (43)	
267 (2)	34 (33)		43.3 (42)	
345 (3)	37 (36)		44.0 (43)	
347 (3)	36 (35)	35.3 dB	43.0 (42)	42.6 dB
349 (3)	35 (34)	Classe IV	45.5 (45)	Classe II
361 (3)	37 (36)		41.8 (41)	
449 (4)	37 (36)		44.1 (43)	
537 (5)	39 (38)		45.1 (44)	
543 (5)	36 (35)		42.7 (42)	

* Parziale, riferita solo agli ambienti misurati

I requisiti acustici passivi rappresentano un livello minimo normativo che nulla implica in termini di classificazione acustica. Tuttavia, il rispetto dei requisiti minimi (obbligatori) può anche determinare una classe acustica massima o comunque molto performante (i.e. classe II) per specifiche categorie d'uso (Tab. 16). In particolare, in casi di edifici analoghi a quello in esame, dove l'unico requisito applicabile è l'isolamento acustico di facciata, interventi di incremento del potere fonoisolante

nel rispetto del D.P.C.M. 05/12/97 determinano il raggiungimento di classi acustiche elevate (anche la massima), in funzione della destinazione d'uso dell'immobile.

Tab. 16 – Classificazione acustica secondo UNI 11367 e requisiti minimi secondo D.P.C.M. 05/12/97

Acoustic classification according to UNI 11367 e minimum acoustic requirements according to D.P.C.M. 05/12/97

Categoria	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Classe acustica UNI 11367
D	45	I
A, C	40	II/III
E	48	I
B, F, G	42	II

6 | Conclusioni

Si presenta il caso studio di un edificio terziario interamente adibito ad uffici le cui prestazioni acustiche vengono analizzate al fine di verificare il rispetto dei requisiti acustici passivi secondo D.P.C.M. 05/12/97. Sulla base delle misure acquisite, vengono inoltre effettuate alcune considerazioni preliminari sulla classe acustica raggiungibile dall'edificio secondo la norma UNI 11367.

L'unico indice applicabile è l'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$ in quanto l'edificio è interamente destinato ad uffici ed afferisce ad un unico Ente. Un'ulteriore peculiarità del caso studio è rappresentata dal valore storico artistico dell'edificio (risalente agli anni '30 del Novecento), nonché dal relativo vincolo architettonico che impedisce la sostituzione degli infissi al piano terra. Per tale motivo, i risultati sono riferiti a 10 stanze collocate tra il primo e il quinto piano ritenute rappresentative dell'edificio. Si possono trarre le seguenti conclusioni.

Requisiti acustici passivi secondo D.P.C.M. 05/12/97: nessuno dei valori misurati in sito permette di rispettare il valore minimo di 42 dB. I risultati del modello previsionale secondo UNI EN ISO 12354-3 sono in sostanziale accordo con i valori misurati, dimostrando l'assenza di errori macroscopici nelle misure e la sostanziale correttezza dei dati di ingresso utilizzati. Il modello previsionale rappresenta quindi un utile strumento per simulare l'efficacia dei possibili interventi di incremento del potere fonoisolante. Nello specifico, solo la sostituzione dei serramenti con altri aventi $R_{w,min} = 50$ dB permetterebbe di rispettare i minimi per tutte le stanze, anche se tale valore è molto difficilmente raggiungibile e richiede costi elevatissimi. Altri significativi interventi sull'involucro opaco e/o sui cassonetti risulterebbero nettamente più invasivi senza peraltro garantire pari efficacia ed il rispetto dei requisiti.

Classificazione acustica secondo UNI 11367: le considerazioni preliminari, basate sui dati misurati negli ambienti ritenuti rappresentativi, sono suffragate sia dal modello previsionale, sia dalla rappresentatività dei componenti tecnici e degli ambienti rispetto agli altri presenti nell'edificio. Il tema evidenzia la criticità del costo che emergerebbe nel caso in cui la UNI 11367 assumesse natura cogente. Nel caso in esame, sia che

si proceda con la misura di tutti gli elementi (154 misure), sia che si proceda con la tecnica del campionamento secondo Appendici G e H (102 misure), si stimano impegni orari minimi attorno alle 50 ore per le sole misure e costi di oltre 100'000 €.

Pertanto, sulla base dei dati disponibili, nello stato attuale, l'edificio si colloca verosimilmente in classe IV, vicino al limite della classe III. I calcoli previsionali preliminarmente condotti mostrano che la sostituzione dei serramenti ($R_{w,min} = 50$ dB), unitamente ai cassonetti ($D_{n,e,w,min} = 52$ dB), dovrebbe permettere il raggiungimento della classe massima dell'edificio. Al contrario, il solo isolamento acustico dei muri non comporta significativi cambiamenti prestazionali, lasciando praticamente invariata la classe acustica. Tale aspetto è ben noto in campo acustico, essendo la prestazione di una parete composta fortemente influenzata dal potere fonoisolante degli elementi meno performanti. Tuttavia, è necessario e utile ribadirlo in contesto di edifici monumentali e/o vincolati in quanto potrebbe non essere possibile agire sugli elementi acusticamente più deboli, rendendo di fatto impossibile raggiungere i minimi richiesti. Infine, il caso di isolamento acustico dei muri e la sostituzione delle finestre, mostra come verosimilmente la classe raggiungibile possa essere la II, con valori prossimi al limite della classe I nel caso di finestre altamente performanti.

In via generale è possibile osservare che è assolutamente ragionevole che un edificio, avente ormai quasi 100 anni di vita e soggetto a differenti ristrutturazioni parziali nel tempo, non sia allineato ai requisiti minimi previsti dal D.P.C.M. 05/12/97. Dal punto di vista della classificazione acustica, è interessante osservare che, nonostante il decadimento delle prestazioni acustiche legato all'invecchiamento dei materiali e dei componenti, allo stato attuale, l'edificio potrebbe ricadere nelle classi IV o III e che il suo miglioramento fino alla classe massima è preliminarmente possibile, agendo sulle chiusure tecniche (serramenti e cassonetti).

Per il caso in esame gli elementi trasparenti unitamente ai loro accessori (cassonetti) giocano un ruolo cruciale che permetterebbe anche il rispetto dei minimi normativi previsti dal D.P.C.M. Inoltre, i calcoli previsionali sopra illustrati mostrano che tutti i possibili interventi, formulati senza tenere conto dei serramenti, non risulterebbero idonei al rispetto del decreto. Eventuali vincoli che ne vietino la sostituzione renderebbero di fatto irraggiungibili sia i limiti normativi sia la classe acustica massima.

Conclusions

The case study presents a tertiary building entirely dedicated to offices. Its acoustic performance is analysed to verify the compliance with passive acoustic requirements according to the D.P.C.M. of 05/12/97. Some preliminary considerations are also made about the achievable acoustic class according to the UNI 11367 standard.

In both cases, the only applicable index is the façade sound insulation $D_{2m,nT,w}$, as the building constitutes a unique unit: indeed, it is entirely dedicated to offices with a single Property (i.e., a public institution). The historical and artistic value of the building (dating back to

the 1930s) is a further peculiarity, as well as the related architectural constraint that prevents the replacement of ground-floor windows. Hence the results refer to 10 rooms located between the first and fifth floors, considered representative of the building. The following conclusions can be drawn.

Passive acoustic requirements according to D.P.C.M. 05/12/97: none of the measured values meet the minimum requirement of 42 dB. The agreement between the measured values and the results of the predictive model according to UNI EN ISO 12354-3 demonstrates the absence of macroscopic measurement errors and the substantial correctness of input data. The predictive model also represents a useful tool to simulate the effectiveness of different, possible acoustic efficiency interventions. Specifically, the only replacement of windows with $R_{w,min} = 50$ dB would comply with the minimum values for all the considered rooms, even if the value can be hardly reached and only by means of very expensive windows. Other significant interventions on the opaque envelope and/or on the roller shutter boxes would be significantly more invasive, expensive and they would not guarantee similar effectiveness and compliance with the requirements.

Acoustic classification according to UNI 11367: the considerations are based on the data measured in the considered environments. The withdrawn conclusions can be preliminary extended and generalised to the entire building thanks to both the predictive model and the representativeness of the investigated technical components and environments compared to the others present in the building. The provided example highlights the dramatic economic impact of similar measurements in case UNI 11367 became mandatory. The application of the UNI 11367 approaches leads either to the measurement of all the elements (154 measurements) or to 102 measurements adopting the sampling technique (Appendices G and H). Anyway, both approaches require a similar amount of measurements, with a minimum hourly commitment of about 50 hours and costs over 100.000 €.

Therefore, based on the available data, the building in the current state is likely to belong to class IV, close to the limit of class III. Preliminary calculations show that replacing the windows and doors ($R_{w,min} = 50$ dB), together with the shutter boxes ($D_{n,e,w,min} = 52$ dB), should allow the building to reach the maximum class. On the other hand, the intervention only on the walls does not lead to significant improvements, leaving the acoustic class unchanged. This aspect is well known in the acoustic field, as the performance of a composite wall is strongly influenced by the sound reduction index of the less efficient elements. However, it is necessary and useful to reiterate it in the context of monumental and/or listed buildings, as it may not be possible to act on the acoustically weaker elements, making it virtually impossible to achieve the required minimums. Finally, the interventions on both walls and windows should likely lead to II class, with values near the limit of class I in the case of high-performance windows.

Moreover, the poor, current acoustic performances, not aligned with the minimum requirements (D.P.C.M. 05/12/97), are absolutely reasonable for a nearly 100 years old building, even considering the various partial renovations over time. From the point of view of acoustic classification, the building in its current state could fall into class IV or III, despite the aging of materials and components. Moreover, the work shows that its acoustic refurbishment up to the maximum class is preliminarily possible, by acting on the technical closures (windows and shutters).

In this case, the transparent elements, along with their accessories (boxes), play a crucial role, allowing also compliance with the minimum regulatory requirements. Furthermore, the forecast calculations illustrated above show that all possible interventions, which avoid windows and doors replacement, would not meet the mandatory limits set by the Decree. Any restriction prohibiting their replacement would effectively make both the regulatory limits and the maximum acoustic class unattainable.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Ing. Enrica Cattaneo, responsabile tecnico INPS Liguria, per la disponibilità e il supporto organizzativo nella campagna di misura.

Bibliografia

- [1] D.P.C.M. 05/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici". <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1997/12/22/97A10190/sg> (accessed January 29, 2026)
- [2] UNI 11367:2023 "Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera". <https://store.uni.com/uni-11367-2023> (accessed January 29, 2026)
- [3] D.M. 24/11/2025 "Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e affidamento di lavori per interventi edilizi". <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2025/12/03/25A06516/SG> (accessed January 29, 2026)
- [4] UNI EN ISO 12354-3:2017 "Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Parte 3: Isolamento acustico dal rumore proveniente dall'esterno". <https://store.uni.com/uni-en-iso-12354-3-2017> (accessed January 29, 2026)
- [5] E. Poleggi, P. Cevini, "Genova", collana "Le città nella storia d'Italia", Laterza, 1981
- [6] UNI EN ISO 16283-3:2016 "Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 3: Isolamento acustico di facciata". <https://store.uni.com/uni-en-iso-16283-3-2016> (accessed January 29, 2026)
- [7] D.M. 16/03/1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico". <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1998/04/01/098A2679/sg> (accessed January 29, 2026)
- [8] UNI EN ISO 717-1:2021 "Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea". <https://store.uni.com/uni-en-iso-717-1-2021> (accessed January 29, 2026)
- [9] UNI 11175:2024 "Acustica in edilizia - Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Applicazione delle norme tecniche alla tipologia costruttiva nazionale - Parte 1: metodo di calcolo semplificato basato su grandezze a numero unico". <https://store.uni.com/uni-11175-1-2024> (accessed January 29, 2026)
- [10] Tariffario Euro Acustic <https://www.euroacustici.org/wp-content/uploads/2018/10/Tariffario.pdf> (accessed January 29, 2026)