

ACUSTICA A SCUOLA

NON POSSIAMO PIÙ TRASCURARLA!

di Davide Foppiano,
ingegnere



Numerosi studi scientifici dimostrano che un'adeguata acustica interna alle aule scolastiche ha risvolti positivi su apprendimento e attività didattiche. E qualcosa si sta muovendo nella direzione giusta

Bistrattata per diverso tempo, l'acustica nelle scuole inizia finalmente a essere considerata per la sua reale importanza.

La recente norma UNI 11532-2: 2022, l'attuazione del PNNR e quanto indicato nel decreto CAM (Criteri Ambientali Minimi), prevedono l'applicazione della normativa acustica per l'edilizia scolastica sia in riferimento all'isolamento degli edifici dai rumori esterni che in riferimento al comfort acustico interno agli ambienti.

Gli effetti negativi di una cattiva acustica

Grazie a numerose ricerche e studi scientifici, è ormai noto che studiare in aule con un'acustica non adeguata crea sia negli studenti sia negli insegnanti un effetto di stress influenzando negativamente sul benessere e sull'apprendimento.

Il progetto "Bric Inail 2019 ID 14", ad esempio, ha preso in esame nove scuole in tre città differenti, acquisendo dati oggettivi dagli ambienti oggetto di studio, e ha condotto anche un'indagine su dati soggettivi basati sulla percezione umana. Ciò vuol dire che si è dato peso tanto alle caratteristiche acustiche delle aule scolastiche quanto alla semplice percezione umana.

Al centro della ricerca, il clima acustico e l'annoyance (il fastidio mentale) causato dal rumore a cui sono sottoposti gli alunni e i professori nelle scuole.

Un risultato comune a tutte le scuole è che le attività di didattica, spesso, si svolgono in aule che presentano proprietà acustiche non adeguate. Si parla in genere di rumore di fondo elevato che rende difficoltosa una normale attività didattica e una conversazione orale in genere.

Questo si traduce in una percezione di discomfort uditivo che inficia in maniera significativa sull'apprendimento e sul comportamento degli alunni in classe. E assume effetti negativi anche sulle azioni degli insegnanti per moderare le intemperanze dei ragazzi.

Da un punto di vista scientifico, è risaputo che **la presenza di rumore nelle scuole, così come negli ambienti di lavoro in genere, può provocare condizioni di stress e malessere e, nei casi più gravi, delle vere e proprie patologie dell'apparato uditivo.**

Spesso il personale docente è afflitto da problemi alle corde vocali in genere dovuto al tono di voce elevato che l'insegnante è costretto a tenere durante le lezioni per farsi sentire dagli alunni. E per sopperire a tale difficoltà, a volte, gli insegnanti sono costretti a dotarsi di apparecchi audio portatili di diffusione sonora.

Cosa dice la legge

Il quadro normativo di riferimento applicato all'edilizia scolastica ha origine negli anni '70 e a oggi ha avuto un significativo aggiornamento: prima con il D.P.C.M. 05/12/1997 in riferimento all'isolamento acustico dell'involucro costruttivo, poi, più significativo, con la norma UNI 11367 del 2010 *Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera*.

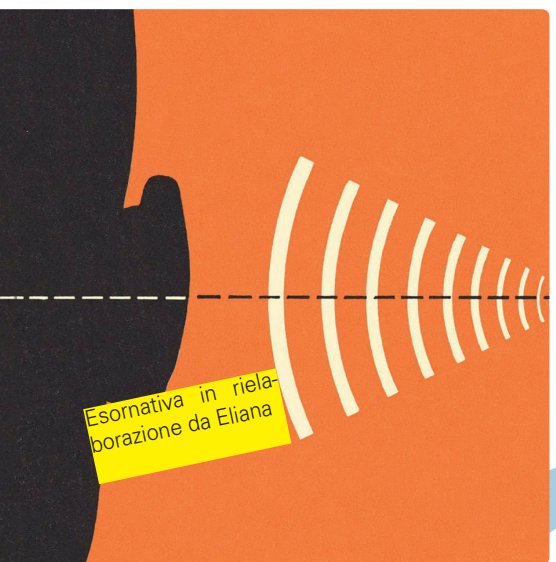
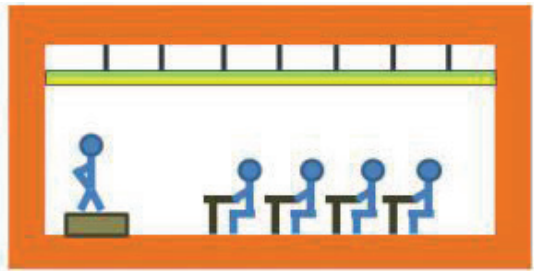
I recenti decreti "Cam" unitamente alla norma UNI 11532-2:2012 *Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione - Parte 2: Settore scolastico* – hanno completato un'applicazione d'insieme dell'acustica alle scuole.

La UNI 11532-2:2012 è da assumersi come fondamentale per la progettazione acustica di edifici e ambienti scolastici con particolare riferimento al comfort acustico interno.

Quanto previsto dal D.P.C.M. 05/12/1997 unitamente alla norma UNI 11532-2 hanno completato un quadro normativo rimasto a lungo incompleto.

Per quanto riguarda l'isolamento acustico dell'involucro costruttivo **manca tuttavia un inquadramento generale che metta in correlazione il contesto acustico della zona con l'edificio**, e quindi, le caratteristiche di isolamento acustico sono identiche sia che l'edificio si trovi in un contesto ambientalmente rumoroso sia che si trovi in un contesto silenzioso.





Comfort acustico indoor, principi teorici e parametri

Diversi sono i parametri acustici indicativi del comfort interno di un ambiente. La norma UNI 11532-2 assume come rappresentativi il tempo di riverberazione, lo Sti (Speech transmission index) e la chiarezza C_{50} .

Il tempo di riverberazione

Nella pratica corrente è il parametro maggiormente diffuso per la sua semplicità, dipende sia dalle caratteristiche geometriche dell'ambiente oggetto di studio sia dalla composizione dei materiali dello stesso.

Secondo la teoria di Sabine è infatti definito:

$$T_{00} = 0.16 \frac{V}{\sum a_i S_i}$$

Dove V è il volume dell'ambiente in metri cubi, S le superfici delimitanti l'ambiente e a_i i coefficienti di assorbimento acustico delle superfici che costituiscono l'ambiente. I valori ottimali del tempo di riverberazione medio fra 500 e 1.000 Hz sono ricavabili da espressioni teoriche o con metodo grafico, entrambi indicati sia dalla norma UNI 11367 e più dettagliatamente nella UNI 11532:2.

Ad esempio, per un ambiente adibito al parlato, il tempo di riverberazione ottimale dovrebbe essere pari a:

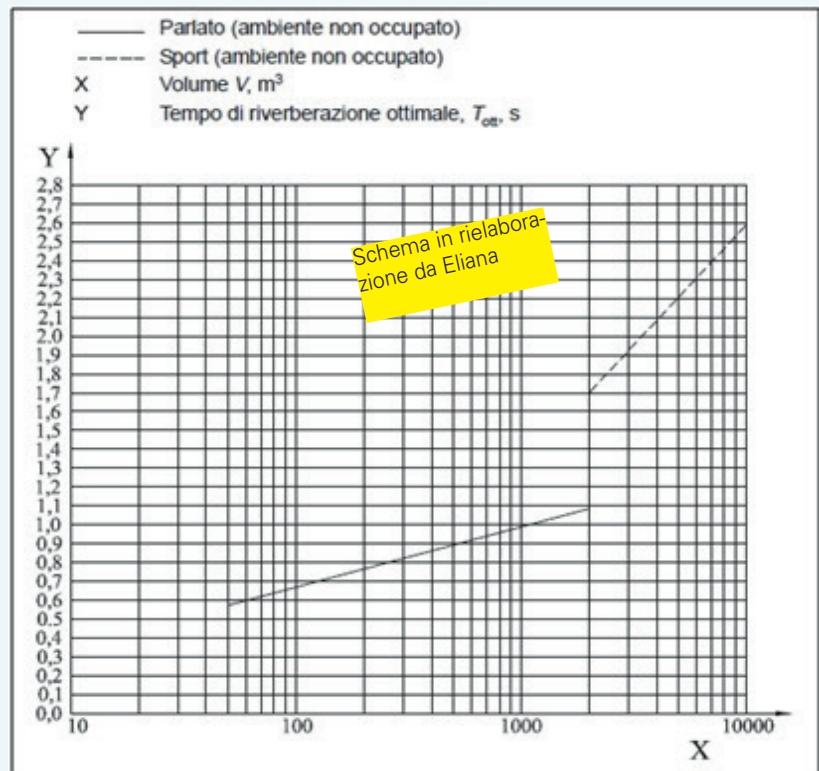
$$T_{ott} = 0,32 \lg (V) + 0,03 \text{ [s]} \quad (\text{ambiente non occupato adibito al parlato})$$

dove: V è il volume dell'ambiente, in metri cubi.

Nel diagramma della seguente Figura è rappresentato il tempo di riverberazione ottimale in funzione del volume V , in accordo con le formule indicate nella norma stessa.

Entrando nel grafico, con il volume dell'ambiente, si ottiene il tempo di riverberazione ottimale per ambienti destinati al parlato o alle attività sportive.

Fig. 1 Tempo di riverberazione ottimale in funzione del volume V



Nota x Autore verificare Dida Fig. 1 per favore

La norma UNI 11532:2 - 2022, effettua invece una valutazione di maggior dettaglio ovvero, in funzione della destinazione d'uso dell'ambiente, definisce diverse formule per il calcolo del tempo di riverberazione ottimale. È fondamentale quindi inquadrare l'attività cui l'ambiente è destinato secondo la suddivisione in categorie indicate nel prospetto 1 della norma e poi meglio dettagliate nei prospetti 2 e 3.

Categoria	Attività ambiente	Modalità di intervento
A1	Musica	Obiettivo raggiunto con progettazione integrata di geometrie, arredo, controllo del rumore residuo
A2	Parlato/conferenza	
A3	Lezione/comunicazione come parlato/conferenza (aule grandi) interazione insegnante-studente	
A4	Lezione / comunicazione, incluse aule speciali	
A5	Sport	
A6	Aree e spazi non destinati all'apprendimento e biblioteche	Obiettivo raggiunto con assorbimento acustico e il controllo del rumore residuo

Prospetto 1 Categorie degli ambienti in funzione all'attività

Categoria	Descrizione dell'utilizzo	Obiettivo qualitativo	Esempi
A1	Musica. Prevalentemente rappresentazioni musicali	Buona acustica per musica non amplificata; ammessa limitata comprensione del parlato	Aule per la musica con musica suonata e canto
A2	Parlato/conferenze. Presentazioni parlate dove si ha un oratore frontale	Elevato grado di intelligibilità del parlato	Aule didattiche, aule magne
A3	A3.1 Ambienti della categoria A2 per persone che hanno problemi di deficit uditivi o parlano una lingua diversa ovvero aule speciali	Elevato grado di intelligibilità del parlato anche per persone con deficit uditivi o non madrelingua oppure con differenze linguistiche	Aule didattiche, aule magne
	A3.2 Parlato. Comunicazione con la presenza contemporanea di più persone parlanti nell'aula	Elevato grado di intelligibilità del parlato anche con più oratori contemporaneamente	Aule didattiche, aule per colloqui, aule per seminari, aule per gruppi di studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aule insegnanti e similari
A4	Più persone parlanti nella stanza (come categoria A3.2) e destinate a persone con particolari necessità (aule speciali). Escluse aula speciale di volume superiore a 500 mc, oppure per utilizzo musicale	Elevato grado di intelligibilità del parlato anche con più oratori contemporaneamente e per persone con deficit uditivi o non madrelingua oppure con differenze linguistiche	Aule didattiche, aule per colloqui, aule per seminari, aule per gruppi di studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aule insegnanti e similari. Ambienti per le videoconferenze
A5	Sport: piscine e palestre e similari.	Comunicazione verbale possibile ma a distanze brevi	Palestre, piscine per utilizzo come ambienti sportivi in generale

Prospetto 2 Descrizione dettagliata di utilizzo per le categorie da A1 a A5

Per la categoria A.6 vi è un'ulteriore suddivisione in sottocategorie, come di seguito illustrato.

Categoria	Descrizione dell'utilizzo	Esempi
A6.1	Spazi senza permanenza	Vani scala
A6.2	Spazi con permanenza ridotta	Spogliatoi, palestre e similari
A6.3	Ambienti per permanenza a lungo termine e/o di collegamento	Ambienti espositivi con interattività oppure sorgente di rumore elevata (multimedia, arte visive e suoni, ecc) Spazi di studio, spazi/corridoi per attività didattiche alternative / ricreative, in scuole di ogni ordine e grado. Laboratorio, biblioteche
A6.4	Ambienti con necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente	Reception / area desk (bidelleria) con postazione di lavoro fissa. Laboratorio con postazione di lavoro fissa, mense in scuole di ogni ordine e grado. Area distribuzione nelle mense
A6.5	Ambienti con particolare necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente	Sale da pranzo. Aule e spogliatoi nelle scuole materne e nido.

Prospetto 3 Descrizione dettagliata di utilizzo per le sottocategorie A6

A seconda dello spazio / ambiente in questione, la Norma indica il principio di calcolo per il tempo di riverberazione che, ad eccezione della categoria A6.5, è funzione del volume interno dell'ambiente.

Definita quindi la destinazione dell'ambiente, è possibile, usando le formule indicate nella norma, definire il tempo di riverberazione ottimale dell'ambiente oggetto di studio.

Lo Sti (Speech transmission index)

Dopo il tempo di riverberazione, **il secondo parametro fondamentale per l'acustica interna di un ambiente è lo Sti** che permette di valutare quanto le persone presenti in un ambiente riescano a percepire correttamente il parlato dell'oratore.

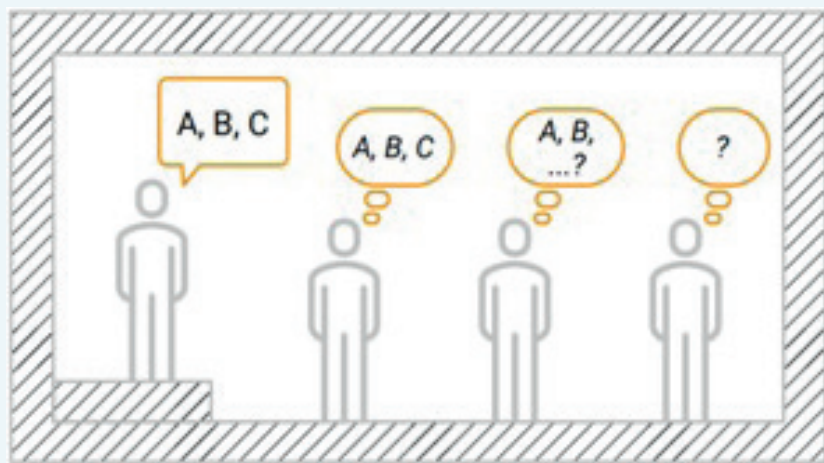
Si determina valutando se il segnale emesso dall'oratore è simile nelle postazioni di ascolto.

Più i due segnali sono simili, meglio è.

Oltre che dalle caratteristiche acustiche dell'ambiente e dalla posizione dell'ascoltatore, il parametro dipende anche dal livello di rumore presente nell'ambiente e dalle caratteristiche dell'eventuale impianto di diffusione sonora – se presente.

Lo Sti varia da 0 a 1, i valori più alti indicano prestazioni migliori.

Fig. 2 Schema rappresentativo dello Sti



Nella seguente tabella è riportata la relazione tra Sti e qualità del parlato (UNI 11532-1:2018 – Tabella 1.5)

Tab. 1

STI	Qualità del parlato (EN 60268-16)
$0.00 < STI < 0.30$	Pessimo
$0.30 < STI < 0.45$	Scarso
$0.45 < STI < 0.60$	Accettabile
$0.60 < STI < 0.75$	Buono
$0.70 < STI < 1.00$	Eccellente

La chiarezza C_{50}

È un parametro richiesto dalla norma UNI 11532-2 e permette di valutare la comprensione del parlato.

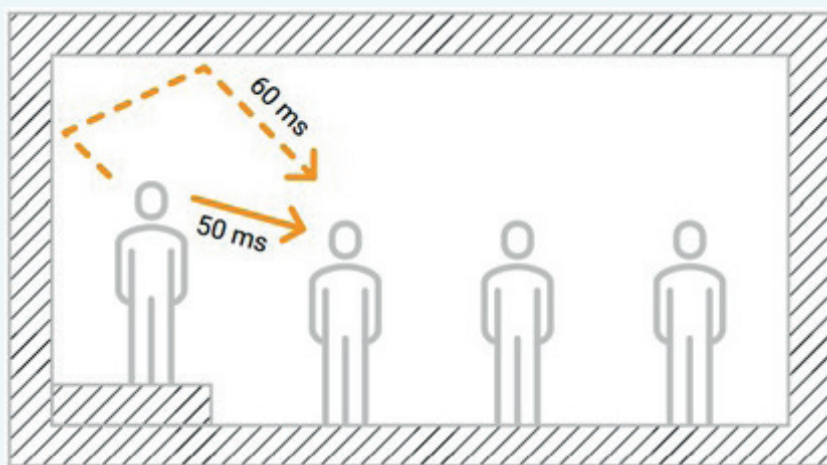
La chiarezza è definita come il rapporto tra l'energia sonora che giunge all'ascoltatore nei primi 50 millisecondi e quella da 50 millisecondi alla fine del decadimento del segnale.

Rappresenta il rapporto tra l'energia sonora che raggiunge direttamente l'ascoltatore e l'energia "riverberata dalla stanza" che potrebbe essere dannosa per la comprensione di una conversazione parlata.

Si misura in decibel e può avere valore positivo o negativo.

Il parametro dipende dalla posizione dell'ascoltatore e dalle caratteristiche dell'ambiente.

Fig. 3 Schema rappresentativo della chiarezza



La norma UNI 11532-2:2022 indica valori maggiori di zero per gli ambienti adibiti al parlato e maggiore di - 2 per ambiente adibiti ad attività sportive.

Tutto quanto riportato in Figura 3 è riferito al **comfort interno** degli spazi.

Di seguito invece si descrivono i parametri e i valori di riferimento per quanto riguarda l'isolamento acustico dell'**involucro costruttivo**, aspetto altrettanto importante.

L'isolamento acustico dell'involucro costruttivo

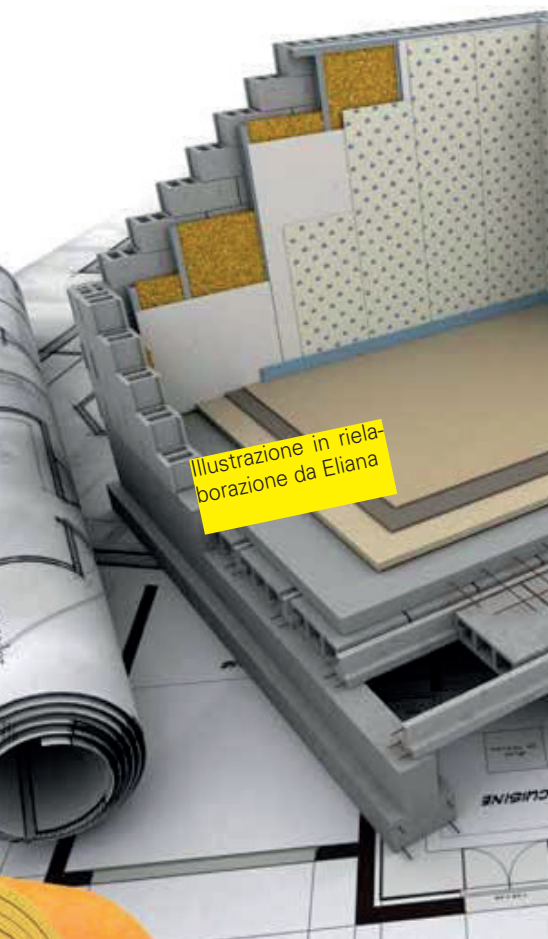
Il secondo aspetto recepito dal decreto Cam è l'applicazione della normativa di isolamento acustico all'involucro costruttivo dell'edificio a destinazione scolastica.

Nella realizzazione di un nuovo fabbricato o nel caso ristrutturazioni edilizie rilevanti occorre applicare, come nel caso energetico, interventi di isolamento acustico all'involucro costruttivo come ad esempio le pareti perimetrali, i solai e le pareti interne senza dimenticare gli impianti tecnici.

Le grandezze di maggiore interesse, espresse come indice di valutazione, che caratterizzano i **requisiti acustici passivi degli edifici**, definiti secondo le normative tecniche vigenti, sono:

- **Isolamento per via aerea tra ambienti:**
- **Isolamento di facciata**
- **Isolamento al rumore trasmesso per via solida**





- **Isolamento per via aerea tra ambienti:** indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (definito dalla norma EN ISO 140 – 5:1996)

$$R_w = L_1 - L_2 + 10 \log (S/A) \text{ (dB)}$$

- L_1 livello di pressione sonora medio nell'ambiente sorgente
- L_2 livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente
- S area dell'elemento divisorio
- A area equivalente di assorbimento acustico nell'ambiente ricevente

- **Isolamento di facciata:** indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione T

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \log (T/T_0) \text{ (dB)}$$

- $L_{1,2m}$ livello di pressione sonora esterno a 2 m dalla facciata
- L_2 livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente
- T tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente
- T_0 tempo di riverberazione di riferimento, pari a 0.5 s

- **Isolamento al rumore trasmesso per via solida:** indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione T

$$L_{n,w} = L_i + 10 \log T/T_0 \text{ (dB)}$$

- L_i livello medio di rumore misurato in più punti dell'ambiente ricevente quando nell'ambiente sovrastante è in funzione la macchina normalizzata di rumore di calpestio
- T tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente
- T_0 tempo di riverberazione di riferimento pari a 0,5 s

Il Decreto di riferimento per l'isolamento acustico rimane a oggi il D.P.C.M. 05/12/1997 *Determinazione dei requisiti acustici passivi*, che definisce le categorie soggette e i relativi parametri da conseguire a opera conclusa.

Nella Tabella A del decreto sono classificati gli edifici in funzione della loro destinazione d'uso mentre nella tabella B sono definiti i valori dei differenti parametri sopra descritti.

Tab. 2

Tabella A Classificazione degli ambienti abitativi (art. 2)

categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
categoria B: edifici adibiti a uffici e assimilabili;
categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni e attività assimilabili;
categoria D: edifici adibiti a ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

Tab. 3

Tabella B Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

Categorie di cui alla Tab. A	Parametri				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	35
4. B, F, G	50	42	55	35	35

Il più recente decreto "Cam" (Decreto 23/06/2022 – *Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi*) indica per le scuole l'applicazione dei parametri maggiormente restrittivi tra il D.P.C.M. 05/12/1997 e il livello classe II della norma UNI 11364, prospetto 1.

Dal confronto delle citate norme, si riassumono nella tabella i parametri di riferimento previsti per gli edifici scolastici, evidenziando in grassetto i parametri che devono essere applicati.

Tab. 4

Categorie di cui alla Tab. A	Parametri				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
3. E	50	48	58	35	35
Classe II	>53	>40	<58	28 (Lic)	33 (Lid)

I valori di isolamento acustico suggeriscono un'approfondita progettazione per l'ottenimento di valori non comuni a una progettazione "tradizionale". I valori richiesti dalla normativa sono particolarmente restrittivi, come quello relativo all'isolamento acustico di facciata, il cui valore di 48 dB comprende sia la componente opaca sia quella trasparente.

Come si desume, la presente norma UNI, ha un livello di approfondimento forse troppo elevato rispetto a tutta la normativa antecedente, al contrario, troppo lacunosa.

Nell'ambito di un progetto di riqualificazione o costruzione di un nuovo fabbricato a destinazione scolastica è fondamentale la figura professionale del progettista acustico.

Altrettanto importante la direzione lavori acustica al fine di garantire i valori di progetto che devono essere certificati con collaudo acustico finale, documento propedeutico per il rilascio dell'agibilità.

La norma UNI 11532-2 prevede inoltre un'ampia argomentazione sulla rumorosità degli impianti che si preferisce rimandare a un prossimo articolo.



L'importanza dei materiali acustici

In questo articolo vorrei soffermarmi maggiormente sull'aspetto del comfort acustico indoor rispetto all'isolamento acustico dell'involucro costruttivo.

Fondamentale per una corretta progettazione, è la conoscenza delle caratteristiche acustiche dei materiali.

Mentre sono ormai note le caratteristiche dei materiali acusticamente isolanti, a nostro avviso, è meno diffuso l'approfondimento delle caratteristiche di fonoassorbimento dei materiali.

Nel pensiero comune, un materiale viene dato come fonoassorbente senza però indagare approfonditamente sul grado di fonoassorbimento dello stesso. I materiali possono essere più o meno fonoassorbenti secondo una definita classificazione.

Nella mia attività professionale, è usuale imbattersi in casi dove, per migliorare l'acustica interna di uno spazio, si sono adottati materiali fonoassorbenti ottenendo a volte risultati deludenti.

Indagando con maggior dettaglio è ricorrente dedurre che i prodotti utilizzati, seppure fonoassorbenti, hanno una classe acustica inappropriata rispetto all'obiettivo di progetto.

È importante sapere che i materiali fonoassorbenti hanno una classificazione di fonoassorbimento definita secondo una norma UNI specifica.

Ormai datata ma sempre attuale, la UNI EN ISO 11654/1998 prevede la classificazione dei materiali secondo il loro grado di fonoassorbimento; in funzione del coefficiente di assorbimento acustico a_w sono previste 6 classi di fonoassorbimento dalla classe A a_w non classificato.

Materiali in classe A – ovvero quelli maggiormente fonoassorbenti - hanno un a_w medio compreso tra 0.90 e 1.00 mentre i materiali di classe E – poco fonoassorbenti - hanno un a_w medio compreso tra 0.15 e 0.25.

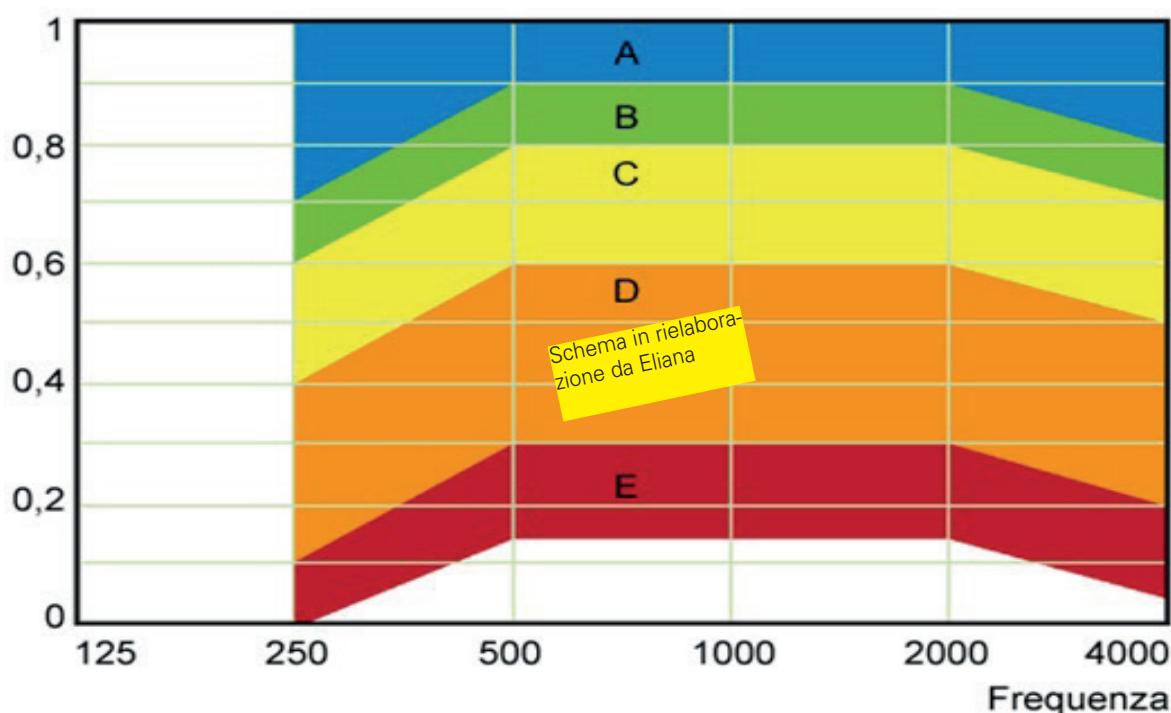
I materiali non classificati infine, hanno un a_w medio compreso tra 0.00 e 0.10.

Nella Figura 4 è riportata la classificazione acustica dei materiali in funzione del coefficiente di assorbimento acustico e della frequenza in bande d'ottava, nel range di frequenza da 250 a 4000 Hz.

Nota x Autore
verificare Dida per favore

Fig. 4 Classificazione acustica dei materiali in funzione del coefficiente di assorbimento acustico e della frequenza

Coefficiente di assorbimento



In un intervento di mitigazione acustico di uno spazio esistente o di nuova realizzazione, è fondamentale la scelta del materiale avente una classe di fonoassorbimento adeguata alle esigenze di progetto; non è implicito che l'applicazione del materiale maggiormente performante, ad esempio in classe A, comporti l'ottenimento del risultato progettuale.

Ad esempio, installare materiali troppo fonoassorbenti può comportare l'ottenimento di un eccessivo assorbimento acustico che, in termini pratici, si traduce ad avere un ambiente troppo "asciutto". Al contrario, l'installazione di un materiale poco fonoassorbente potrebbe comportare il non conferimento di un non adeguato comfort interno.

È una situazione comune quella di imbattersi in casi in cui l'installazione di un prodotto cosiddetto acustico non abbia conseguito l'ottenimento del risultato sperato; indagando, magari sul prodotto specifico, si accerta che il materiale è fonoassorbente ma di una classe acustica non corretta per il caso specifico.

Fondamentale, quindi, è il reperimento in fase progettuale dei certificati attestanti la classe acustica dei materiali per valutare l'idoneità del materiale al caso specifico.

Nel box seguente, è riportato a titolo esemplificativo il calcolo del tempo di riverberazione di un'aula scolastica dove è prevista la realizzazione di un controsoffitto acustico.

Esempi di comfort nell'aula didattica

Per estrema semplificazione, ecco il caso di un intervento di correzione acustica in un'aula dedicata alla didattica, così da mettere in evidenza come l'incidenza di materiali fonoassorbenti di classificazione differente possa conseguire un risultato finale non corretto.

Nell'ipotesi di un ambiente di dimensioni rettangolare 8x6 metri e altezza interna di 3 metri (superficie 48 mq e volume di 144 mc), con destinazione d'uso all'attività didattica (categoria A.2), la norma UNI 11532:2 indica un valore ottimale del tempo di riverberazione, per ambiente non occupato adibito al parlato, pari a:

$$T_{\text{ott}} = 0,37 \lg (V) - 0,14 [\text{s}] = 0,78 \text{ secondi}$$

Nel caso specifico occorre conferire all'ambiente anche le seguenti caratteristiche i seguenti parametri:

Sti maggiore a 0.55 - C_{50} maggiore a 2 dB.

Si ipotizza che le superfici delimitanti l'ambiente siano costituite da un pavimento in ceramica e pareti laterali e soffitto con finitura in intonaco liscio, oltre alla presenza di due serramenti su una parete laterale di 2 metri quadrati ciascuno.

Adottando i coefficienti di assorbimento acustico elencati al paragrafo C.2 della norma UNI 11532:2, si ottiene un tempo di riverberazione medio attuale, calcolato con la teoria di Sabine, prossimo a 2 secondi, elevato e non adeguato alla destinazione d'uso dell'aula.

Ipotizzando l'installazione, a un'altezza da terra di 2.70 metri, di un rivestimento acustico fonoassorbente a soffitto in classe di fonoassorbimento A (a_w 250/4000 Hz, 0.7,0.9,0.9,0.9,0.8) come ad esempio un controsoffitto, si prevede la riduzione del tempo di riverberazione che assume valore pari a 0.53 secondi.

Come volevasi dimostrare, la realizzazione di un controsoffitto in classe di assorbimento acustico A, comporterebbe per l'ambiente in oggetto un tempo di riverberazione troppo ridotto rendendo l'aula troppa assorbente.



Ripetendo il calcolo del tempo di riverberazione, ma applicando un rivestimento fonoassorbente di classe acustica C, (a_w pari a 0.5,0.7,0.7,0.7,0.6 nel range di frequenza da 250 a 4000 Hz) si ottiene un tempo di riverberazione pari a 0.72 secondi prossimo al valore ottimale e conforme alla destinazione d'uso dell'ambiente.

L'esempio vuole essere meramente rappresentativo sapendo che, come peraltro indicato nella norma UNI 11532:2, gli interventi di correzione acustica di un ambiente possono essere molteplici e non limitarsi alla sola realizzazione di un controsoffitto acustico. Oltre al calcolo del tempo di riverberazione, devono essere condotte anche le verifiche degli altri parametri quali St_i e chiarezza che potrebbero comportare ulteriori interventi.

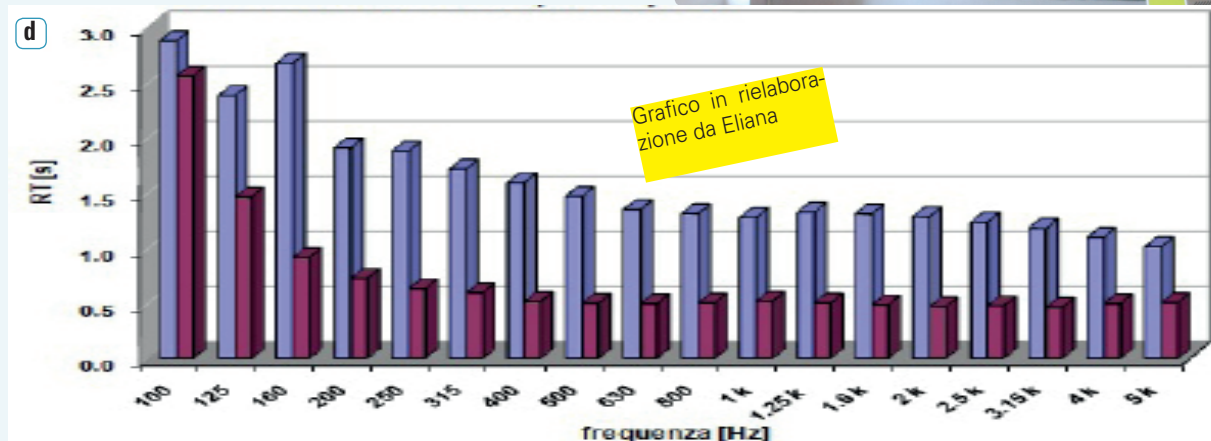
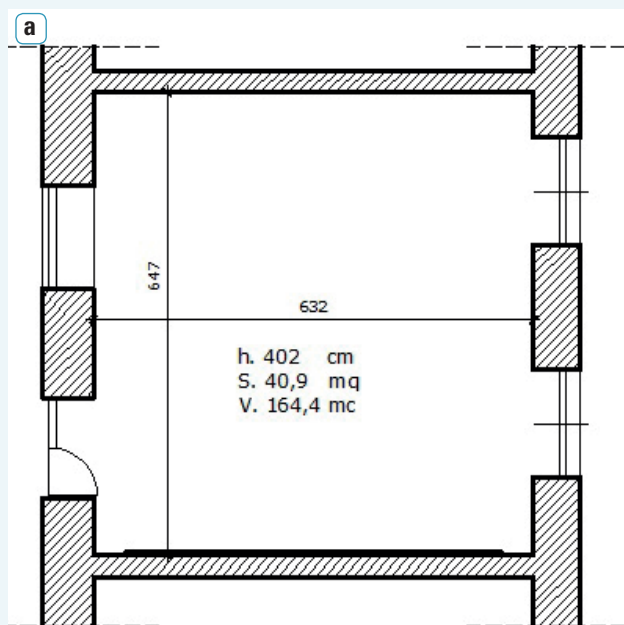
Si riporta di seguito il caso di correzione acustica realizzato nella scuola "Giano Grillo" di Genova. L'intervento ha previsto la realizzazione di un controsoffitto acustico e l'applicazione in aderenza alla parete a fondo aula di un pannello fonoassorbente per sopperire alla riflessione acustica del segnale sonoro nella parte terminale dell'aula.

L'attività ha consentito di rilevare i parametri acustici sia nella fase precedente alla realizzazione sia alla conclusione dei lavori. Il tempo di riverberazione medio per l'aula in oggetto era pari a 1.60 secondi contro un valore ottimale di 0.68 secondi. Gli interventi realizzati hanno consentito l'ottenimento di un tempo di riverberazione pari a 0.71 secondi, oltre al conseguimento di un'adeguata chiarezza (C_{50}) e St_i .



Nota x Autore
verificare Dida per favore

Fig. 5a Rilievo dell'aula
Fig. 5b Controsoffitto acustico
Fig. 5c Pannello fonoassorbente
Fig. 5d Grafico del confronto del valore T_r ante e post opera





Il ruolo del professionista collaudatore

Considerato l'aggiornamento del quadro normativo vigente, assume un'importanza rilevante la figura del progettista e del collaudatore acustico. Entrambe sono fondamentali per l'ottenimento dei risultati prescritti dalla normativa.

Il progettista acustico è oggi indispensabile per la scelta dei prodotti e delle soluzioni tecniche da attuarsi in fase esecutiva. E spesso interferisce nella progettazione termotecnica e strutturale. Perciò è indispensabile il coordinamento dei professionisti sin dalle prime fasi di progetto per evitare modifiche o varianti di progetto in corso di esecuzione dei lavori.

Il direttore dei lavori

Ancora più importante del professionista collaudatore è la direzione dei lavori in ambito acustico in quanto, per l'ottenimento del risultato, è fondamentale la corretta posa in opera delle soluzioni progettate. Errori di posa, spesso sottovalutati, assumono un peso rilevante nella fase di collaudo finale, soprattutto in riferimento all'isolamento acustico.

Ad esempio, può succedere che nell'isolare acusticamente un solaio, l'errore più diffuso è il taglio della fascia perimetrale isolante prima della posa della pavimentazione. Ciò potrebbe sembrare di importanza irrilevante ma, nel caso specifico, seppure il materiale anticalpestio sottostante al massetto sia stato correttamente posato, può comportare una notevole penalizzazione sul risultato acustico finale fino a 10 dB, inficiando magari sul collaudo acustico a fine lavori.

Per questo motivo è fondamentale la figura del direttore dei lavori, figura professionale spesso trascurata in fase di esecuzione o assunta da professionisti poco esperti del settore. Sono all'ordine del giorno cause civili in cui l'agibilità viene annullata per vizi di costruzione legati agli aspetti acustici.

Nota x Autore
fornire Dida per favore

Fig. 6a xxx

Fig. 6b xxx

