

RIFERIMENTI NORMATIVI

Leggi e norme tecniche per l'acustica in edilizia

a cura di
Giuseppina Emma Puglisi

2.1. LEGGI NAZIONALI

In ambito di acustica edilizia in Italia, i principali riferimenti normativi che guidano la progettazione e la realizzazione degli edifici sono la Legge Quadro n° 447 sull'inquinamento acustico del 26/10/1995 e il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5/12/1997, che attua la Legge Quadro nell'ambito della definizione dei requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici.

In ottica di aggiornamento dei contenuti e dell'applicabilità dei requisiti presenti nel suddetto DPCM, nel panorama legislativo italiano sono stati recentemente forniti dei contributi nello specifico ambito acustico per promuovere misure di *green economy* e di migliore gestione ambientale lungo il ciclo di vita edilizio e produttivo, tenuto conto della disponibilità di mercato. In particolare, sono stati emanati il "Collegato ambientale" per mezzo della Legge n. 221 del 28/12/2015 e il Decreto Ministeriale dell'11 ottobre 2017, pubblicato sulla G.U. del 6/11/2017, sui criteri ambientali minimi da attuare in caso di nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.

La Tabella 2.1 riporta i citati documenti legislativi vigenti a livello nazionale in ambito di acustica edilizia, che verranno approfonditi nei paragrafi a seguire.

Tabella 2.1 - Principali documenti legislativi nazionali in ambito di acustica edilizia.

Anno	Documento
1995	Legge n. 447 del 26/10/1995 - "Legge quadro sull'inquinamento acustico"
1997	D.P.C.M. del 5/12/1997 - "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"
2015	Legge n. 221 del 28/12/2015 - "Collegato ambientale", promozione di misure di <i>green economy</i>
2017	D.M. dell'11 ottobre 2017 - "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici"

2.1.1. LEGGE N. 447 DEL 26/10/1995

La Legge Quadro sull'inquinamento acustico, n. 447 del 26/10/1995, definisce i principi fondamentali riguardo la tutela dell'ambiente esterno e abitativo in tema di inquinamento acustico. Non ha lo scopo di fornire limiti o valori di riferimento, ma di individuare le tematiche riguardanti il controllo del rumore, i soggetti competenti che se ne possono occupare e il ruolo delle Regioni e delle Province autonome nella sua gestione. Il testo originale della legge è stato parzialmente modificato con il

decreto legislativo n. 42 del 17/2/2017. Sono molteplici i decreti emanati nel corso degli anni che attuano la Legge Quadro in funzione di tematiche specifiche. Dal punto di vista della tematica dell'acustica edilizia, il D.P.C.M. del 5/12/1997 sulla determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici, di cui si parla più approfonditamente al paragrafo 2.1.2, è il decreto cardine a livello nazionale.

2.1.2. D.P.C.M. DEL 5/12/1997

Le specifiche acustiche che gli edifici, i loro componenti architettonici e gli impianti tecnologici sono rappresentate dai requisiti acustici passivi degli edifici. Tali requisiti sono normati a livello nazionale dal D.P.C.M. 5/12/1997, che definisce i valori minimi o massimi (Tabella 2.2) da dover rispettare in 7 tipologie di ambienti abitativi, dalla categoria A alla categoria G. Il D.P.C.M. indica come grandezze di riferimento che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici:

- L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_w) di elementi di separazione tra due unità immobiliari distinte;
- L'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ($D_{2m,nT,w}$);
- L'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente ($L'_{n,w}$);
- Il livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo Slow relativo al rumore di impianti a funzionamento discontinuo quali ascensori, scarichi idraulici, servizi igienici e rubinetteria, in termini di (L_{ASmax});
- Il livello equivalente di pressione sonora ponderata A relativo al rumore di impianti a funzionamento continuo quali impianti di riscaldamento, condizionamento ed aerazione, in termini di (L_{Aeq}).

I livelli sonori L_{ASmax} e L_{Aeq} devono essere misurati negli ambienti diversi da quelli in cui il rumore si origina.

Le categorie in base alle quali vengono classificati gli ambienti abitativi sono:

- *Categoria A:* Residenza o assimilabili
- *Categoria B:* Uffici ed assimilabili
- *Categoria C:* Alberghi, pensioni ed attività assimilabili
- *Categoria D:* Ospedali, cliniche, case di cura ed assimilabili
- *Categoria E:* Attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
- *Categoria F:* Attività ricreative o di culto o assimilabili
- *Categoria G:* Attività commerciali o assimilabili

Tabella 2.2 - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici.

Categorie degli ambienti abitativi	Parametri				
	R'_w * [dB]	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	L_{ASmax} [dB]	L_{Aeq} [dB]
1. D	≥ 55	≥ 45	≤ 58	≤ 35	≤ 25
2. A, C	≥ 50	≥ 40	≤ 63	≤ 35	≤ 35
3. E	≥ 50	≥ 48	≤ 58	≤ 35	≤ 25
4. B, F, G	≥ 50	≥ 42	≤ 55	≤ 35	≤ 35

I limiti introdotti dal D.P.C.M. sono applicati ai seguenti casi:

- tutti gli edifici di nuova costruzione progettati e realizzati dopo la sua emanazione, ovvero per i quali l'iter di autorizzazione era in corso alla data di pubblicazione del decreto;
- le categorie di intervento subordinate al "Permesso di Costruire", comprese quindi le ristrutturazioni edilizie (a meno di vincoli di tutela culturale/ambientale);
- gli interventi subordinati a segnalazione certificata di inizio attività (SCIA) che comportino cambiamenti di destinazione d'uso e che modifichino dunque i requisiti da rispettare.

2.1.3. LEGGE N. 221 DEL 28/12/2015 IN TEMA DI GREEN ECONOMY

Con la Legge n. 221 del 28/12/2015, anche chiamata "collegato ambientale", è promossa una serie di misure operative in tema di *green economy*, con l'obiettivo di raggiungere uno sviluppo economico sostenibile basato su nuove tecnologie, fonti rinnovabili, efficienza energetica, ricerca e innovazione, tutela e promozione del patrimonio naturale e culturale.

Al capo V della Legge, in corrispondenza dell'articolo 23 si stabilisce che:

"Le amministrazioni pubbliche, nelle more dell'adozione da parte delle regioni di specifiche norme tecniche per la progettazione esecutiva degli interventi negli edifici scolastici, al fine di consentirne la piena fruibilità dal punto di vista acustico, prevedono, nelle gare d'appalto per l'incremento dell'efficienza energetica delle scuole e comunque per la loro ristrutturazione o costruzione, l'impiego di materiali e soluzioni progettuali idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici dalla norma UNI 11367:2010 e dalla norma UNI 11532:2014 [...]".

2.1.4. D.M. DELL'11 OTTOBRE 2017 IN TEMA DI CRITERI AMBIENTALI MINIMI (CAM) PER L'EDILIZIA PUBBLICA

Con l'emanazione dei Criteri Ambientali Minimi (CAM), per l'edilizia pubblica, che nascono con l'obiettivo di ridurre gli impatti ambientali e promuovere modelli di produzione e consumo più sostenibili, è stato compiuto un importante avanzamento in termini legislativi dal punto di vista dell'acustica edilizia. Dal punto di vista legislativo, l'applicabilità dei CAM è regolata dall'art. 18 della L. 221/2015 in tema di *green economy* e dall'art. 34 recante "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale" del D.lgs. n. 50/2016 "Codice degli appalti" (successivamente modificato dal D.lgs n. 56/2017), che obbligano di fatto tutte le stazioni appaltanti ad integrarli in fase progettuale ed esecutiva.

Richiamando le normative tecniche più recenti, il D.M. dell'11/10/2017 sull'edilizia (G.U. Serie Generale n. 259 del 6/11/2017, "Affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione

di edifici pubblici”) che introduce i CAM in ambito acustico fornisce indicazioni chiare sui requisiti acustici da garantire nel caso di nuova costruzione e ristrutturazione di edifici pubblici. Nello specifico, al paragrafo 2.3.5.6 sul “Comfort acustico” è indicato quanto segue:

“I valori dei requisiti acustici passivi dell’edificio devono corrispondere almeno a quelli della classe II ai sensi della norma UNI 11367. Gli ospedali, le case di cura e le scuole devono soddisfare il livello di «prestazione superiore» riportato nel prospetto A.1 dell’Appendice A della norma 11367. Devono essere altresì rispettati i valori caratterizzati come «prestazione buona» nel prospetto B.1 dell’appendice B alla norma UNI 11367. Gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella norma UNI 11532. I descrittori acustici da utilizzare sono: quelli definiti nella UNI 11367 per i requisiti acustici passivi delle unità immobiliari; almeno il tempo di riverberazione e lo STI per l’acustica interna agli ambienti di cui alla UNI 11532.

Verifica: i professionisti incaricati, ciascuno per le proprie competenze, devono dare evidenza del rispetto dei requisiti, sia in fase di progetto iniziale che in fase di verifica finale della conformità, consegnando rispettivamente un progetto acustico e una relazione di collaudo redatta tramite misure acustiche in opera, ai sensi delle norme UNI 11367, UNI 11444 e UNI 11532:2014 o norme equivalenti che attestino il raggiungimento della classe acustica qui richiesta. Qualora il progetto sia sottoposto ad una fase di verifica valida per la successiva certificazione dell’edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientale degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità al presente criterio può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal presente criterio.

In tali casi il progettista è esonerato dalla presentazione della ulteriore documentazione sopra indicata, ma è richiesta la presentazione degli elaborati e/o dei documenti previsti dallo specifico protocollo di certificazione di edilizia sostenibile perseguita, fermo restando l’esecuzione del collaudo.”

2.2. NORME TECNICHE

In Tabella 2.3 sono riportate le principali Norme Tecniche in ambito di acustica edilizia che vengono adottate per l’individuazione dei valori di riferimento, dei calcoli di progetto, delle verifiche a collaudo e delle misure in laboratorio. Nei paragrafi a seguire sono descritte alcune delle Norme Tecniche riportate in tabella 2.3. Le Norme Tecniche riguardanti il progetto e collaudo degli impianti negli edifici, ossia la UNI 12354-5, la UNI EN ISO 16032 e la UNI 8199, saranno richiamate al paragrafo 3.3.

Tabella 2.3 - Principali Norme Tecniche per i valori di riferimento, per il progetto, per il collaudo e per le misure in laboratorio.

Norme Tecniche per i valori di riferimento:	
UNI 11367 *	“Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera”
UNI 11444	“Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Linee guida per la selezione delle unità immobiliari in edifici con caratteristiche non seriali”
UNI 11532-1 **	“Acustica in edilizia - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione - Parte 1: Requisiti generali”
UNI 11532-2 **	“Acustica in edilizia - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione - Parte 2: Settore scolastico”
Norme Tecniche per il progetto:	
UNI EN 12354-1	“Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti”
UNI EN 12354-2	“Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico al calpestio tra ambienti”
UNI EN 12354-3	“Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall’esterno per via aerea”
UNI EN 12354-4	“Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Trasmissione del rumore interno all’esterno”
UNI EN 12354-5	“Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Parte 5: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici”

UNI EN 12354-6

“Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi”

UNI EN ISO 717-1 *

“Acustica – Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 1: Isolamento acustico per via aerea”

UNI EN ISO 717-2 *

“Acustica – Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio”

UNI EN ISO 16032

“Acustica – Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici – Metodo tecnico progettuale”

Norme Tecniche per il collaudo:**UNI EN ISO 3382-1**

“Acustica – Misurazione dei parametri acustici degli ambienti – Parte 1: Sale da spettacolo”

UNI EN ISO 3382-2

“Acustica – Misurazione dei parametri acustici degli ambienti – Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari”

UNI EN ISO 9921

“Ergonomia – Valutazione della comunicazione verbale”

UNI 8199

“Acustica in edilizia – Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari – Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all’interno degli ambienti serviti”

UNI EN ISO 16283-1

“Acustica – Misure in opera dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea”

UNI EN ISO 16283-2

“Acustica – Misure in opera dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio”

UNI EN ISO 16283-3

“Acustica – Misure in opera dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 3: Isolamento acustico di facciata”

Norme Tecniche per le misure in laboratorio:**UNI EN ISO 10140-2**

“Acustica - Misurazione in laboratorio dell’isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Misurazione dell’isolamento acustico per via aerea”

UNI EN ISO 10140-3

“Acustica - Misurazione in laboratorio dell’isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio - Parte 3: Misurazione dell’isolamento del rumore da calpestio”

* valida anche per il collaudo

** valida anche per il progetto e il collaudo

2.2.1. NORME TECNICHE PER I VALORI DI RIFERIMENTO
**UNI 11367, Acustica in edilizia –
Classificazione acustica delle unità immobiliari –
Procedura di valutazione e verifica in opera**

Tramite la classificazione delle unità immobiliari, la norma ha lo scopo di fornire agli utenti finali ed anche ai progettisti una indicazione chiara sulla qualità acustica degli edifici. La classificazione si basa su criteri oggettivi, cioè sulla misurazione e valutazione in opera dei requisiti acustici prestazionali degli edifici. Oltre ai criteri per l’identificazione delle classi acustiche delle unità immobiliari, l’appendice F della norma fornisce il metodo di valutazione dell’incertezza di misura.

L’applicabilità della classificazione acustica delle unità immobiliari è prevista per l’uso residenziale, direzionale ed uffici, ricettivo (alberghi, pensioni e simili), ricreativo, di culto, commerciale (Tabella 2.4). Non è possibile applicarla a scuole e ospedali, per cui però in appendice A la norma fornisce dei valori di riferimento (anche riportati in Tabella 2.5). In questo secondo caso, i valori di riferimento indicano i requisiti minimi o massimi richiesti per garantire per il comfort acustico raggiungendo prestazioni di base, che sono minime da rispettare, o prestazioni superiori, maggiormente restrittive. Per individuare la classe acustica delle unità immobiliari, la norma identifica i seguenti indici quali grandezze di valutazione delle prestazioni in opera degli elementi tecnici dell’edificio che delimitano e caratterizzano gli ambienti delle unità immobiliari:

- Descrittore dell’isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m;T,w}$ [dB];
- Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB]. Il requisito individuato da tale descrittore si applica alle partizioni orizzontali e verticali che separano ambienti abitativi di unità immobiliari distinte, ma anche ambienti abitativi di

- un'unica unità immobiliare da parti comuni;
- Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, $L'_{n,w}$ [dB], applicabile nel caso di rumore impattivo generato in unità immobiliari differenti;
- Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{ic} [dBA];
- Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} [dBA].

Per quanto riguarda la valutazione dei livelli sonori immessi da impianti a funzionamento sia continuo sia discontinuo, è da intendere che gli impianti siano installati al di fuori dell'unità immobiliare ad eccezione del caso di destinazioni d'uso ricettive per cui la valutazione è svolta anche per uguali unità immobiliari ma in riferimento ad impianti di camere contigue. L_{ic} e L_{id} vengono indicati come livelli sonori corretti poiché la procedura di valutazione prevede che si applichi una correzione al livello indotto dagli impianti a seguito della misura del rumore residuo.

Tabella 2.4 - UNI 11367: Valori di riferimento delle caratteristiche prestazionali degli elementi edilizi da utilizzare ai fini della classificazione acustica di unità immobiliari destinate ad uso residenziale, direzionale ed ufficio, ricettivo (alberghi, pensioni e simili), ricreativo, di culto, commerciale.

Indici di Valutazione	Classe			
	I	II	III	IV
a) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	≥ 43	≥ 40	≥ 37	≥ 32
b) Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB]	≥ 56	≥ 53	≥ 50	≥ 45
c) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, $L'_{n,w}$ [dB]	≤ 53	≤ 58	≤ 63	≤ 68
d) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{ic} [dBA]	≤ 25	≤ 28	≤ 32	≤ 37
e) Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} [dBA]	≤ 30	≤ 33	≤ 37	≤ 42

Tabella 2.5 - UNI 11367: Valori di riferimento dei requisiti acustici per ospedali, case di cura e scuole.

Parametri	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	≥ 38	≥ 43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB]	≥ 50	≥ 56
Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, $L'_{n,w}$ [dB]	≤ 63	≤ 53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo in ambienti diversi da quelli di installazione, L_{ic} [dBA]	≤ 32	≤ 28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo in ambienti diversi da quelli di installazione, L_{id} [dBA]	≤ 39	≤ 34
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	≥ 50	≥ 55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	≥ 45	≥ 50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità abitativa, $L'_{n,w}$ [dB]	≤ 63	≤ 53

L'appendice B alla norma specifica i criteri per la misurazione e la valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti accessori di uso comune o collettivo collegati all'unità immobiliare mediante accessi o aperture. In particolare è indicato che tale valutazione deve basarsi sulla valutazione dell'indice dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente abitativo ($D_{nT,w}$ in dB) previa misurazione in rispetto al metodo descritto dalla norma UNI EN ISO 16283-1. Per tale descrittore, i valori di riferimento indicati in norma 11367 sono riportati in Tabella 2.6, distinti in funzione del livello prestazionale raggiungibile.

Tabella 2.6 - UNI 11367: Requisiti per l'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi.

Livello prestazionale	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi, $D_{nT,w}$ [dB]	
	Ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Prestazione ottima	≥ 34	≥ 40
Prestazione buona	≥ 30	≥ 36
Prestazione di base	≥ 27	≥ 32
Prestazione modesta	≥ 23	≥ 28

UNI 11532-1, Acustica in edilizia - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione - Parte 1: Requisiti generali

La norma UNI 11532 descrive, per tutti i settori di applicazione, i descrittori più rappresentativi della qualità acustica interna di un ambiente, restituendone i valori di riferimento in funzione della destinazione d'uso specifica. Per ciascun descrittore fornisce indicazioni circa i metodi previsionali e le tecniche di valutazione in riferimento alla metodologia comune, ossia indicando le ulteriori norme tecniche cui fare riferimento dal punto di vista operativo. Ad oggi sono pubblicate la parte 1 e la parte 2 della norma: la prima è relativa ai requisiti generali e la seconda agli ambienti del settore scolastico.

La parte 1 della norma UNI 11532 indica i valori di riferimento, i metodi previsionali e il metodo di verifica da adottare per ciascuno dei seguenti descrittori per la caratterizzazione della qualità acustica di un ambiente confinato, in maniera distinta in base alla destinazione d'uso.

È applicabile alla fase preliminare di ricerca dei valori di riferimento e poi alle fasi operative di progetto e collaudo. I descrittori che introduce si riassumono come segue:

- Tempo di riverberazione (T , s);
- Indice di trasmissione del parlato (STI, -);
- Chiarezza del parlato (C_{50} in dB);
- Livello di rumore corretto indotto dagli impianti a funzionamento continuo immesso nel medesimo ambiente in cui si origina, $L_{ic,im}$;
- Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$;
- Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{nT,w}$; (vedere UNI 11367);
- Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w ;
- Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio negli edifici, L'_{nw} ;
- Livello di rumore corretto indotto dagli impianti a funzionamento continuo, L_{ic} ;
- Livello di rumore corretto indotto dagli impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} .

In merito ai parametri relativi alla rumorosità degli impianti (L_{ic} , L_{id}) e ai requisiti acustici passivi ($D_{2m,nT,w}$, $D_{nT,w}$, R'_w , L'_{nw}), la norma rimanda alla sopra descritta UNI 11367 per quanto riguarda la descrizione e i valori di riferimento.

UNI 11532-2, Acustica in edilizia - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione - Parte 2: Settore scolastico

La parte 2 della norma UNI 11532 nasce dalla necessità di introdurre gli standard per il raggiungimento di una ottima intelligibilità del parlato ed un'elevata concentrazione negli ambienti che sono volti all'apprendimento, che sono anche legati alla riduzione dello sforzo e del carico vocale degli insegnanti.

Si applica in caso di progetto e di rinnovo totale o parziale degli edifici scolastici, tenendo in considerazione sia la fase di verifica (condizione degli ambienti non occupati, con valori di riferimento da fornire in gara pubblica) sia la fase d'uso (condizione degli ambienti occupati).

Riguardo agli studenti e ai parametri principalmente legati al miglioramento delle loro prestazioni in ambiente scolastico, la norma si occupa di individuare valori di riferimento per una serie di categorie che sono maggiormente a rischio se esposte ad un ambiente acustico non controllato, tra le quali i portatori di deficit uditivi, di concentrazione, i soggetti non madre lingua. In Tabella 2.6 sono riportate le categorie di ambienti, gli obiettivi qualitativi e gli esempi che caratterizzano ciascuna di esse.

Tabella 2.6 - UNI 11532-2: Categorie degli ambienti in relazione all'attività.

Categoria		Attività svolta in ambiente	Modalità di intervento	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/conferenza 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 studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aula 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 m ³ , oppure per utilizzo musicale	Elevato grado di intelligibilità del parlato 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 studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aula insegnanti e similari. Ambienti per le videoconferenze
A5		Sport: piscine e palestre e similari	Comunicazione verbale possibile ma a distanze brevi	Palestre e piscine per utilizzo come ambienti sportivi in generale
A6	A6.1	Spazi senza permanenza	-	Vani scala
	A6.2	Spazi con permanenza ridotta	-	Spogliatoi palestre e similari
	A6.3	Ambienti per la permanenza a lungo termine e/o di collegamento	-	Ambienti espositivi con interattività oppure sorgente di rumore elevata (Multimedia, arte visive e suoni, ecc)
	A6.4	Ambienti con necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente	-	Spazi di studio, spazi/corridoi per attività didattiche alternative/ricreative, in scuole di ogni ordine e grado.
	A6.5	Ambienti con particolare necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente	-	Laboratorio, Biblioteche

Nel caso delle categorie dalla A1 alla A4, la differenza sostanziale risiede nel tipo di parlatore e ascoltatori presenti, ossia un singolo oratore e molteplici ascoltatori, mentre nel caso della categoria A6 sono contemporaneamente presenti molteplici oratori e ascoltatori tipicamente suddivisi in gruppi.

In merito al controllo della rumorosità all'interno degli ambienti scolastici, la norma consente di individuare limitazioni in termini di livelli di rumore per gli impianti installati all'interno e all'esterno dell'ambiente in esame ma pur sempre all'interno dell'edificio scolastico, e anche di livello di rumore complessivo che tiene conto del rumore proveniente dall'esterno. La Tabella 2.7 riporta i limiti superiori dei principali livelli generati da impianti a funzionamento continuo, ossia:

- Livello di rumore globale indotto dagli impianti a funzionamento continuo nel medesimo ambiente in cui il rumore si origina, $L_{ic,int}$, inteso come livello medio energetico spaziale ponderato A dei valori di $L_{pu,c}$ ottenuti nelle posizioni utente. Il riferimento alle curve Noise Criteria (NC, descritte dalla norma ANSI S12.2 richiamata al paragrafo 3.3) è in alternativa all'uso del descrittore $L_{ic,int}$;
- Livello di rumore corretto e normalizzato nella posizione utente indotto dagli impianti a funzionamento continuo, $L_{pu,c}$, inteso come livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A di rumore di impianto, in posizione specifica, normalizzato rispetto al tempo di riverberazione;
- Livello di rumore in ambiente, L_{amb} : livello di rumore complessivo in ambiente dovuto al rumore esterno ed interno, relativo ad una mattina infrasettimanale rappresentativa del clima acustico presente con gli impianti in funzione a regime normale.

Tabella 2.7 - UNI 11532-2: Valori di riferimento del rumore dovuto ad impianti a funzionamento continuo e del rumore in ambiente.

Destinazione d'uso	$L_{ic,int}$ [dBA]	NC	L_{amb} [dBA]
Aule e biblioteche ($V < 250 \text{ m}^3$)	≤ 34	≤ 25	≤ 38
Aule e biblioteche ($V \geq 250 \text{ m}^3$)	≤ 38	≤ 30	≤ 41
Ufficio singolo	≤ 35	≤ 25	≤ 38
Ambienti espositivi, spazi di studio	≤ 45	≤ 35	≤ 48
Palestre, piscine, uffici amministrativi, laboratori, aree aperte al pubblico, mense, corridoi, reception / area desk / bidelleria	≤ 45	≤ 35	≤ 48

La norma inoltre definisce i principali livelli generati da impianti a funzionamento discontinuo in ambiente da controllare, ossia:

- Livello di rumore massimo nella posizione utilizzatore per impianti a funzionamento discontinuo, $L_{pu,max}$, inteso come livello massimo ponderato A del rumore d'impianto in posizione utilizzatore, acquisito con costante di tempo "fast" (F), normalizzato rispetto al tempo di riverberazione;
- Livello di rumore nella posizione utente indotto dagli impianti a funzionamento discontinuo, $L_{id,int}$, inteso come livello massimo ponderato A del rumore d'impianto in posizione specifica, acquisito con costante di tempo "fast" (F), normalizzato rispetto al tempo di riverberazione;
- Livello di rumore massimo indotto dagli impianti e dai componenti d'impianto a funzionamento discontinuo nel medesimo ambiente in cui si origina, $L_{id,int}$, inteso come livello medio energetico spaziale ponderato A dei valori di $L_{pu,d}$ ottenuti nelle posizioni utente.

In Tabella 2.8 sono riportati i valori di riferimento per $L_{pu,max}$ e $L_{id,int}$.

Tabella 2.8 - UNI 11532-2: Valori di riferimento per $L_{pu,max}$ e $L_{id,int}$.

Tipologia di impianto	$L_{pu,max}$ [dBA]	$L_{id,int}$ [dBA]
Cappa di aspirazione fissa per portate fino a $250 \text{ m}^3/\text{ora}$	≤ 65	≤ 65

Per quanto riguarda i parametri acustici da controllare al fine di garantire ottima intelligibilità del parlato e produzione della voce, la norma identifica le modalità di intervento suggerite per il raggiungimento dei requisiti minimi, e in più stabilisce a livello previsionale le relazioni per l'ottenimento del tempo di riverberazione ottimale in funzione della categoria di ambiente e del suo volume (Tabella 2.9), considerato arredato e occupato.

È importante evidenziare come la norma distingua gli ambienti in base alle tipologie di ascoltatori: per le persone con problemi uditivi o disturbi legati alla concentrazione o attenzione, il tempo di riverberazione deve essere conforme alle Categorie A3.1 o A4. Nel caso di aule multifunzione (A2, A3 e A4), il tempo di riverberazione deve soddisfare i valori più restrittivi tra quelli per le categorie considerate.

Tabella 2.9 - UNI 11532-2: Tempo di riverberazione ottimale per categoria e volume di riferimento.

Categoria	Ambiente occupato all'80%	
	Tempo di riverberazione ottimale (s)	Range di volume di riferimento
A1	$T_{ott,A1} = (0,45 \log V + 0,07)$	$30 \text{ m}^3 \leq V \leq 1000 \text{ m}^3$
A2	$T_{ott,A2} = (0,37 \log V - 0,14)$	$50 \text{ m}^3 \leq V \leq 5000 \text{ m}^3$
A3	$T_{ott,A3} = (0,32 \log V - 0,17)$	$30 \text{ m}^3 \leq V \leq 5000 \text{ m}^3$
A4	$T_{ott,A4} = (0,26 \log V - 0,14)$	$30 \text{ m}^3 \leq V \leq 500 \text{ m}^3$
Categoria	Ambiente non occupato	
A5	$T_{ott,A5} = (0,75 \log V - 1,00)$ $T_{ott,A5} = 2,00$	$200 \text{ m}^3 \leq V \leq 10000 \text{ m}^3$ $V \geq 10000 \text{ m}^3$

Per le categorie dalla A1 alla A4, la norma indica che il tempo di riverberazione possa variare rispetto all'ottimale entro un dato intervallo di conformità per ciascuna banda di ottava da 63 Hz a 8000 Hz. A 63 Hz il tempo di riverberazione può variare da -50% a +70%, a 125 può variare da -35% a +45%, da 250 Hz a 2000 Hz può variare del ±20%, a 4000 Hz può variare da -35% a +20%, a 8000 Hz può variare da -50% a +20%.

Per la categoria A6, relativa ad aree e spazi non destinati all'apprendimento e biblioteche, sono forniti valori specifici del rapporto tra area di assorbimento equivalente (A in m²) e del volume dell'ambiente (V in m³), come indicato in Tabella 2.10. Questi rapporti sono da applicare per singola ottava nell'intervallo da 250 Hz a 2000 Hz, senza considerare l'assorbimento acustico dato dalle persone.

Tabella 2.10 - UNI 11532-2: Valori di riferimento del rapporto tra area di assorbimento equivalente e volume per la categoria A6.

Categoria specifica	Per altezza dell'ambiente h ≤ 2,5 m (rapporto A/V in m²/m³)	Per altezza dell'ambiente h > 2,5 m (rapporto A/V in m²/m³)
A6.1	Nessuna richiesta	
A6.2	$A/V \geq 0,15$	$A/V \geq [4,80 + 4,69 \log (h/1m)]_{-1}$
A6.3	$A/V \geq 0,20$	$A/V \geq [3,13 + 4,69 \log (h/1m)]_{-1}$
A6.4	$A/V \geq 0,25$	$A/V \geq [2,13 + 4,69 \log (h/1m)]_{-1}$
A6.5	$A/V \geq 0,30$	$A/V \geq [1,47 + 4,69 \log (h/1m)]_{-1}$

Il metodo di verifica per il tempo di riverberazione è rappresentato dalle indicazioni fornite alla norma ISO 3382-2, introdotta al paragrafo 2.2.3, per la condizione di ambienti non occupati (T_{inocc} in s). Pertanto, è necessario eseguire un passaggio di calcolo per ricavare la funzione di trasferimento che include l'assorbimento standard per le persone (A_{pers} in m²) e in funzione del tempo di riverberazione per l'ambiente occupato (T_{occ} in s) e del volume (V in m³), che consiste nella formula seguente:

$$T_{inocc} = \frac{T_{occ}}{1 - T_{occ} \frac{\Delta A_{pers}}{0,16V}} \quad [s] \quad (2.1)$$

La chiarezza del parlato (C_{50} in dB) può essere applicata alle categorie A1, A2, A3 ed A4 in alternativa allo Speech Transmission Index (STI) esclusivamente per ambienti di dimensioni inferiori ai 250 m³.

Per ambienti di volume ≥ 250 m³ si applica esclusivamente lo STI. Si misura e calcola per un numero di posizioni in ambiente pari ad almeno 2 posizioni se il volume è ≤ 250 m³ e ad almeno 4 se è superiore a 250 m³. La media aritmetica spaziale poi, calcolata nel range di frequenza da 500 Hz a 2000 Hz, può essere confrontata con il limite di riferimento imposto per il caso di assenza di impianto di amplificazione, che equivale a $C_{50} \geq 2$ dB, previa correzione con l'incertezza di misura.

Dal punto di vista previsionale, la formula 2.2 permette di ricavare i valori puntuali ottimali di C_{50} , considerando ambienti sia occupati sia non occupati in funzione del tempo di riverberazione (T in s), del volume dell'ambiente (V in m³) e della distanza tra sorgente e ricevitore (r in m):

$$C_{50}(r) = 10 \log \frac{100}{r^2} + \left(\frac{31200T}{V} \right) \left(1 - e^{-\frac{0,691}{T}} \right) e^{-\frac{0,04r}{T}} \quad [dB] \quad (2.2)$$

Il metodo di verifica per la C_{50} è rappresentato dalle indicazioni fornite alla norma ISO 3382-1, introdotta al paragrafo 2.2.3.

Lo *STI* (Speech Transmission Index), ovvero indice di trasmissione del parlato, esprime la qualità della trasmissione del parlato in termini di intelligibilità, relativa ad un percorso acustico o elettro-acustico tra un parlatore ed un ascoltatore.

Tramite questo indice, l'intelligibilità può essere prevista per diversi tipi di parole e frasi.

Il metodo di misura, descritto nella norma EN 60268-16, può essere diretto o indiretto. Il metodo diretto richiede l'emissione in sequenza di 98 segnali di test, ciascuno ottenuto da un rumore rosa filtrato nelle 7 bande di frequenza d'ottava (f) da 125 Hz a 8 kHz, modulato sinusoidalmente in intensità, con indice di modulazione pari a 1, secondo 14 frequenze di modulazione (F), ai valori di frequenza, ad intervalli di un terzo d'ottava, di 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5 Hz. Con una media di 10 s per segnale di test, una misura completa richiede approssimativamente 15 minuti. Il metodo di misura indiretto è applicabile esclusivamente al caso di sistemi di trasmissione lineari e tempo invarianti. Sinteticamente, questa procedura prevede la misurazione della risposta all'impulso del canale di trasmissione, in assenza di rumore e, separatamente, del rapporto segnale/rumore nella posizione dell'ascoltatore. Laddove la misura dello *STI* con i due metodi descritti sia impraticabile, ossia in molte situazioni, è possibile applicare la metodologia di misura *STIPA* (Speech Transmission Index for Public Address systems).

La norma EN 60268-16 indica la possibilità di misurare lo *STIPA* nella maggior parte delle applicazioni pratiche, in presenza o assenza di sistemi di allarme vocale e di sistemi di amplificazione sonora. Il procedimento per la misura dello *STIPA* è un metodo diretto, semplificato rispetto a quello dello *STI*, pertanto l'esito della misura può essere oggetto di distorsioni acustiche non lineari generate dal sistema di comunicazione. Il metodo *STIPA* è validato esclusivamente con la voce maschile e la sua misurazione dura approssimativamente da 15 a 20 s.

La 11532-2 introduce la possibilità di prevedere lo *STI* come unico valore di media spaziale (almeno 2 posizioni se il volume dell'ambiente è $\leq 250 \text{ m}^3$ e almeno 4 se è superiore a 250 m^3), in ambiente sempre arredato ed occupato, da calcolare nel caso di assenza o presenza di impianto di amplificazione in ambiente, come indicato in Tabella 2.11.

I valori misurati prima di essere confrontati con i valori di riferimento, devono essere corretti con l'incertezza di misura.

Tabella 2.11 - UNI 11532-2: Valori di riferimento del rapporto tra area di assorbimento equivalente e volume per la categoria A6.

Condizione	Volume dell'ambiente < 250 m ³	Volume dell'ambiente ≥ 250 m ³
Assenza di impianto di amplificazione in ambiente o con impianto spento	≥ 0,55 con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 60 dB(A)	≥ 0,50 con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 70 dB(A)
Presenza di impianto di amplificazione attivo	≥ 0,60 con segnale di emissione come in normali condizioni d'uso dell'impianto di amplificazione	

2.2.2. NORME TECNICHE PER IL PROGETTO DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

Le norme cui riferire la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici constano essenzialmente delle parti dalla 1 alla 6 della UNI EN 12354, le quali definiscono le metodologie di calcolo specifiche per bande di ottava, terzi di ottava e a singolo indice. Completa la serie di norme vigenti ai fini di progetto il pacchetto delle UNI EN ISO 717, per la previsione dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio.

UNI EN ISO 717, Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio

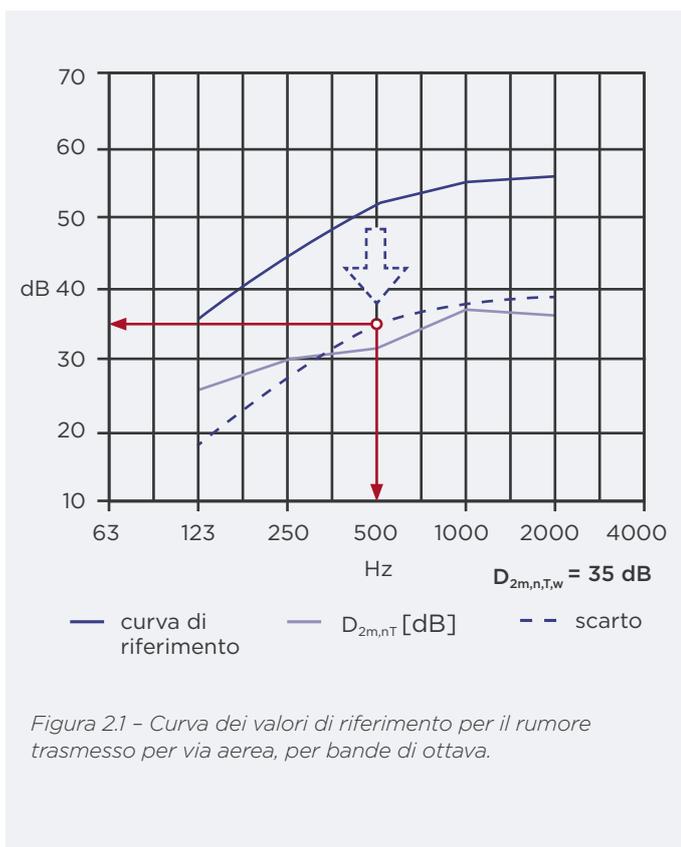
La norma 717 consta di due parti. La parte 1 (Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea) si occupa della determinazione degli indici di valutazione delle grandezze relative all'isolamento acustico per via aerea in edifici e di elementi di edificio, a partire da diversi spettri di livello di rumore generati da sorgenti sia interne all'edificio sia di traffico esterno all'edificio stesso. In particolare, tali grandezze sono stabilite sulla base delle misurazioni effettuate per bande di terzo di ottava o di ottava in conformità alle UNI EN ISO 10140-2 e alla UNI EN ISO 16283-1. La parte 2 (Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio) definisce gli indici di valutazione delle grandezze per l'isolamento del rumore di calpestio in edifici e dei solai, prescrive le regole di determinazione di detti valori in base ai risultati delle misurazioni effettuate per bande di ottava e terzo di ottava in conformità alle UNI EN ISO 10140-3 e UNI EN ISO 16283-2, esclusivamente per le misurazioni in opera.

Questa parte della norma permette inoltre di individuare gli indici di valutazione per l'attenuazione del livello di rumore di calpestio dei rivestimenti di pavimentazioni e dei pavimenti antivibranti sulla base dei risultati di misurazioni effettuate in conformità alla UNI EN ISO 10140-3.

Per la determinazione dell'indice di valutazione nel caso di rumore per via aerea, facendo riferimento alla UNI EN ISO 717-1, esso si ricava in ottave o in terzi di ottava con la procedura riportata di seguito, e come da esempio per il caso delle bande di ottava in Figura 2.1. Riguarda i termini $R, R', D_{nT}, D_{2m,nT}$ (che si denotano con il pedice w).

Procedura di calcolo in bande di ottava

- Avvicinare la curva di riferimento alla curva sperimentale, a passi di 1 dB, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli sarà più grande possibile, e comunque non maggiore di 10 dB;
- Leggere il valore dell'indice considerato sulla curva di riferimento, a 500 Hz.



Procedura di calcolo in bande di terzi di ottava

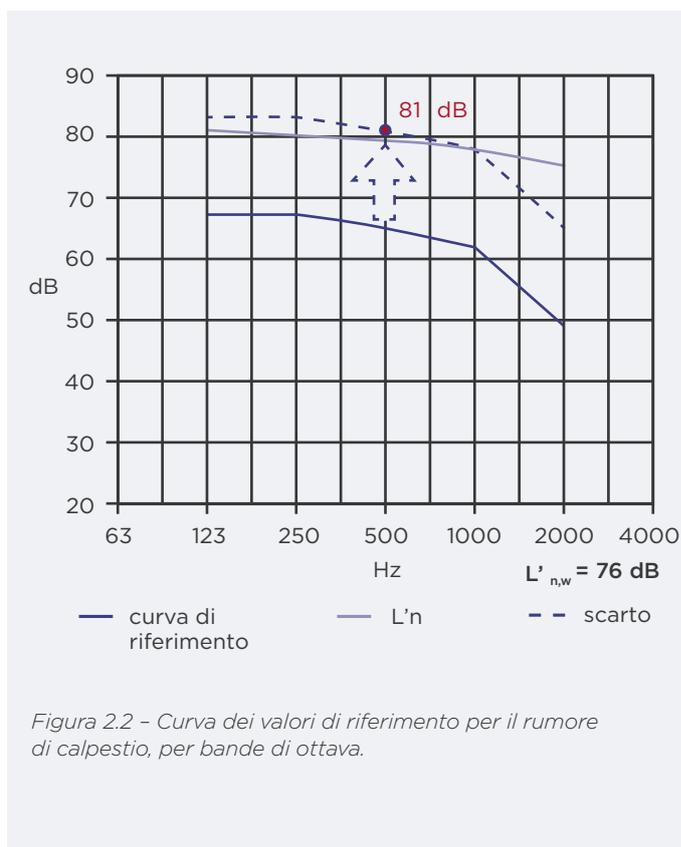
- Avvicinare la curva di riferimento alla curva sperimentale, a passi di 1 dB, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli sarà più grande possibile, e comunque non maggiore di 32 dB;
- Leggere il valore dell'indice considerato sulla curva di riferimento, a 500 Hz.

È da sottolineare che uno "scarto sfavorevole" si produce quando i risultati sperimentali sono minori dei valori di riferimento.

Analogamente a quanto descritto per l'indice di valutazione dell'isolamento per via aerea, per la determinazione dell'indice di valutazione nel caso di rumore per via strutturale, facendo riferimento alla UNI EN ISO 717-2, esso si ottiene con la procedura riportata di seguito, e poi come da esempio in Figura 2.2, e riguarda i termini L_n, L'_n e L'_{nT} (che si denotano con il pedice w).

Procedura di calcolo in bande di ottava

- Avvicinare la curva di riferimento alla curva sperimentale, a passi di 1 dB, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli sarà più grande possibile, e comunque non maggiore di 10 dB;
- Leggere il valore dell'indice considerato sulla curva di riferimento, a 500 Hz, ridotto di 5 dB.



Procedura di calcolo in bande di terzi di ottava

- Avvicinare la curva di riferimento alla curva sperimentale, a passi di 1 dB, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli sarà più grande possibile, e comunque non maggiore di 32 dB;
- Leggere il valore dell'indice considerato sulla curva di riferimento, a 500 Hz.

Come indicato nel caso del rumore trasmesso per via aerea, è da sottolineare che uno “scarto sfavorevole” si produce quando i risultati sperimentali sono maggiori dei valori di riferimento.

2.2.3. NORME PER IL COLLAUDO

Ogni edificio realizzato e in cui è possibile avviare le attività per cui è stato destinato, progettato e realizzato, necessita di una fase di collaudo al fine di valutare il raggiungimento delle prestazioni in opera. Le principali normative tecniche relative al collaudo acustico fanno riferimento alla verifica delle prestazioni inerenti alla caratterizzazione acustica degli ambienti di piccole e grandi dimensioni, alla garanzia di corretta comunicazione verbale e all'intelligibilità del parlato.

UNI EN ISO 9921, Ergonomia - Valutazione della comunicazione verbale

La norma tecnica internazionale UNI EN ISO 9921 ha l'obiettivo di fornire indicazioni riguardo il processo di comunicazione verbale. Rientrano tra gli ambiti trattati dalla norma anche quelli relativi alla verifica dell'intelligibilità dei messaggi di allarme e pericolo, ovvero dei messaggi verbali prodotti in ambienti di lavoro, sale conferenza, luoghi pubblici.

Uno degli aspetti più rilevanti della norma UNI EN ISO 9921 è che essa fornisce la definizione dello sforzo vocale e ne indica i relativi livelli di pressione sonora classificandoli su una scala di intensità crescente (Tabella 2.12). Da norma, lo sforzo vocale è definito come il livello di pressione sonora equivalente ponderato A che si misura ad 1 m di distanza dalla bocca del parlatore.

Tabella 2.12 - UNI EN ISO 9921: Sforzo vocale di un parlatore di sesso maschile e relativi livelli di pressione sonora equivalenti ponderati A misurati ad 1 m di distanza dalla bocca ($L_{S,A,1m}$ in dB).

Sforzo vocale	$L_{S,A,1m}$ [dB]
Molto forte	78
Forte	72
Elevato	66
Normale	60
Rilassato	54

Lo sforzo vocale di un parlatore è intrinsecamente legato al rumore presente nell'ambiente in cui viene prodotto il messaggio verbale, come ben noto per il fenomeno fisico definito “effetto Lombard”. Sperimentalmente è stata ricavata una relazione tra le due grandezze, come riportato in Figura 2.3.

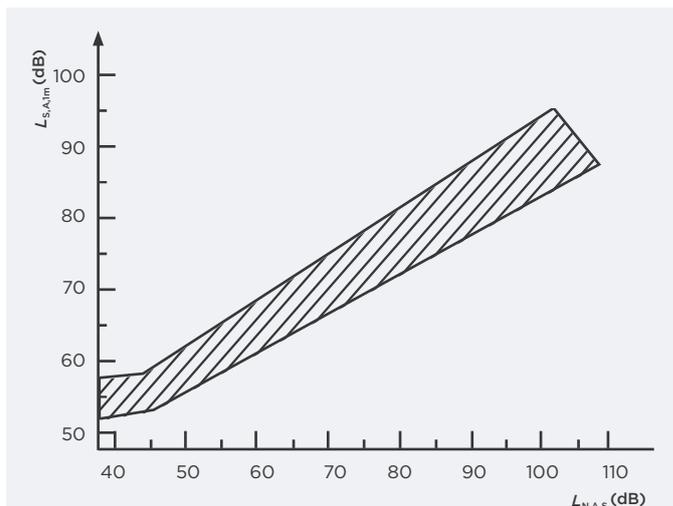


Figura 2.3 - Relazione tra sforzo vocale del parlatore (livello di pressione sonora equivalente ponderato A ad 1 m di distanza dalla bocca $L_{S,A,1m}$ in dB) e rumore ambientale misurato nella posizione del parlatore ($L_{N,A,S}$ in dB).

L'intelligibilità della parola, di cui si occupa la norma, può essere determinata tramite metodi oggettivi che si riferiscono allo Speech Interference Level (*SIL*), allo Speech Intelligibility Index (*SII*) e allo Speech Transmission Index (*STI*). In particolare, il *SII* e lo *STI* quantificano l'effetto combinato dell'interferenza tra rumore di fondo in ambiente e riverberazione sulla riduzione dell'intelligibilità del parlato. Il metodo *SIL* si applica ai casi di comunicazione tra parlatore ed ascoltatore in cui non sono presenti sistemi di amplificazione della voce, e in ambienti in cui è presente una certa componente di rumore e una scarsa riverberazione. Il *SIL* si può ottenere dalla relazione espressa in formula 2.3:

$$SIL = L_{S,A,L} - L_{SIL} \quad [dB] \quad (2.3)$$

in cui $L_{S,A,L}$ in dB(A), rappresenta il livello continuo equivalente ponderato A del parlato misurato alla posizione dell'ascoltatore, e L_{SIL} in dB, rappresenta il livello di interferenza sul parlato del rumore misurato alla posizione dell'ascoltatore, ottenuto come media aritmetica dei livelli di pressione sonora del rumore di fondo nelle quattro bande di ottava con frequenza di centro banda 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz. La norma permette di classificare la qualità della comunicazione verbale in relazione all'indice SIL, come indicato nella Tabella 2.13.

Tabella 2.13 - UNI EN ISO 9921: Classificazione della qualità della comunicazione verbale in relazione all'indice SIL.

Classe di qualità della comunicazione verbale	Calore dell'indice SIL [dB]
Pessima	< 3
Scadente	3 - 10
Discreta	10 - 15
Buona	15 - 21
Eccellente	> 21

Il metodo *STI* si applica ai casi di comunicazione tra parlatore ed ascoltatore in cui possono o no essere presenti sistemi di amplificazione della voce. Il metodo di misura dello *STI* prevede due metodologie possibili, ossia il metodo diretto e il metodo indiretto che sono descritti nella norma EN 60268-16. La presente norma permette di classificare la qualità della comunicazione verbale in relazione all'indice *STI*, come indicato nella Tabella 2.14.

Tabella 2.14 - UNI EN ISO 9921: Classificazione della qualità della comunicazione verbale in relazione all'indice *STI*.

Classe di qualità della comunicazione verbale	Valore dell'indice <i>STI</i> (-)
Pessima	< 0,30
Scadente	0,30 - 0,45
Discreta	0,45 - 0,60
Buona	0,60 - 0,75
Eccellente	> 0,75

UNI EN ISO 3382, Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti

La norma tecnica internazionale UNI EN ISO 3382 fornisce, attraverso le sue parti, le specifiche operative per la caratterizzazione acustica in opera di ambienti con diverse destinazioni d'uso. La Parte 1 fornisce le indicazioni relative alle sale da spettacolo, mentre la Parte 2 è inerente alla misurazione del tempo di riverberazione negli ambienti ordinari.

Il contributo più rilevante dato da questa norma consiste nell'introduzione della metodologia di misurazione per ricavare il tempo di riverberazione. Fondamentalmente vengono introdotti due metodi, ossia il metodo del rumore interrotto e quello della risposta all'impulso. Per entrambe le metodologie, la norma fornisce la procedura di valutazione dell'incertezza di misura.

La risposta all'impulso rappresenta l'andamento della pressione sonora nel tempo, a seguito dell'emissione di un segnale impulsivo di durata molto breve, idealmente nulla, da parte di una sorgente sonora (ad esempio una pistola, un palloncino, un clappatore). In alternativa all'emissione di un segnale impulsivo, la risposta all'impulso può essere ottenuta dall'emissione di segnali pseudo casuali come le sequenze di massima lunghezza (MLS) o le *sweep*, ossia segnali sinusoidali che generano una "spazzolata in frequenza" dalle frequenze basse a quelle alte.

A partire dalla misurazione della risposta all'impulso viene ricostruita la curva di decadimento che sarebbe stata prodotta se fosse stata utilizzata una sorgente a funzionamento continuo. A tal scopo, misurato il segnale, viene effettuata l'integrazione all'indietro della risposta all'impulso quadrata.

L'appendice A della Parte 1 della norma definisce i principali parametri che si possono estrarre dalle risposte all'impulso misurate per ricavare il tempo di riverberazione e che sono utili per la caratterizzazione acustica delle sale da spettacolo. Tra questi sono introdotti il Sound Strength (G in dB), l'Early Decay Time (EDT in s), la definizione del parlato (D_{50} in dB), la chiarezza del parlato (C_{50} in dB), (vedi anche paragrafo 1.1.1 e 2.2.1) l'energia tardiva laterale (L_l in dB).